

PENGELOLAAN AIR



Dr. Ir. Hj. ELFARISNA, M.Si



FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA

2013

PENGELOLAAN AIR

Oleh : Dr.Ir.Hj.Elfarisna, M.Si

Cetakan : Pertama September 2013

Penerbit : Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. K. H. Ahmad Dahlan Cireundeu Ciputat Jakarta Selatan 15419

Telpon/Fax : 021 – 7430689

Email : pertanian.umj@gmail.com

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

ISBN 978-602-14374-0-7

Email : elfa.risna@yahoo.com

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat rahmatNya dapat menyelesaikan penulisan buku ini. Salawat dan Salam juga dihaturkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW. Buku ini merupakan salah satu materi bahan kuliah Pengelolaan Air mahasiswa Fakultas Pertanian. Mudah-mudahan buku ini dapat merupakan sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga buku ini dapat diterbitkan. Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna, untuk itu tanggapan, kritik, dan saran yang akan digunakan sebagai masukan untuk menyempurnakan buku ini sangat diharapkan. Atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Jakarta,

September 2013

Dr.Ir.Hj.Elfarisna, M.Si

Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulu menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman? (Al-Anbiya' : 30)

Kupersembahkan untuk :

Yang mulia Ibunda Hj. Yulhanis, Ayahanda H. Nasrullah, Kakanda : Hj. Noherlia, SPd.I dan Zulfa Hendri, SE, Adinda : Hj. Elfirisni, Elfida Rita, Fahmi Italina, Febri Hendra dan Pris Noviardí,

dan Suami tercinta Yudi Prayitno, SE (Almarhum).

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
1. PENDAHULUAN.....	1
2. PENGELOLAAN AIR.....	2
3. UNSUR-UNSUR HIDROMETEOROLOGI.....	10
4. HIDROLIKA.....	22
5. KUALITAS AIR.....	43
6. KEBUTUHAN AIR TANAMAN.....	57
7. IRIGASI.....	67
8. DRAINASE.....	89
9. PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR.....	100

BAB I. PENDAHULUAN

Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air merupakan unsur non-hayati yang sangat vital di samping oksigen dan energi. Air di bumi berada dalam keadaan yang sangat tertib tatanannya. Air merupakan salah satu penentu kelangsungan seluruh perikehidupan termasuk kehidupan manusia. Air sebagai sumber kehidupan masyarakat secara alami keberadaannya bersifat dinamis mengalir ke tempat yang lebih rendah tanpa mengenal batas wilayah administrasi. Keberadaan air mengikuti siklus hidrologis yang erat hubungannya dengan kondisi cuaca pada suatu daerah sehingga menyebabkan ketersediaan air tidak merata dalam setiap waktu dan setiap wilayah.

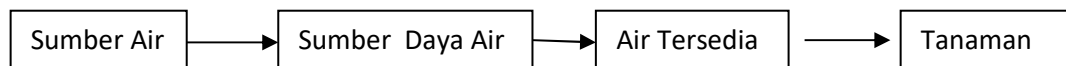
Di Indonesia penggunaan air terutama adalah untuk pengairan (pertanian) 1,8 km²/orang/hari (91,4 %), keperluan rumah tangga dan perdagangan 0,16 km²/orang/hari (8,1 %), sedang untuk industri masih sangat sedikit 0,01 km²/orang/hari (0,5 %).

Sektor sumber daya air dan Irigasi menghadapi masalah-masalah investasi jangka panjang dan pengelolaan/manajemen semakin kompleks dan menantang. Tanpa penanganan yang efektif, hal-hal tersebut akan menjadi kendala yang semakin menghambat pengembangan perekonomian dan tercapainya ketahanan pangan nasional. Masalah-masalah tersebut ditimbulkan oleh dampak merugikan dari pertumbuhan penduduk, urbanisasi dan industrialisasi.

Sekitar 80 % dari produksi padi dalam negeri berasal dari sawah beririgasi, program ketahanan pangan tidak dapat dijamin keberhasilannya karena masih banyaknya masalah-masalah yang menghambat kinerja dan berkelanjutannya jaringan irigasi publik.

BAB II. PENGELOLAAN AIR

Dalam bidang pertanian, fokus dari pengelolaan air adalah pemanfaatan air oleh tanaman. Tanaman tidak dapat memanfaatkan air secara langsung. Juga air dapat dimanfaatkan tanaman hanya jika air tersebut dalam keadaan tersedia. Oleh karena itu maka sumber air harus diubah menjadi air tersedia supaya dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Tahapan-tahapannya tercantum dalam skema berikut :

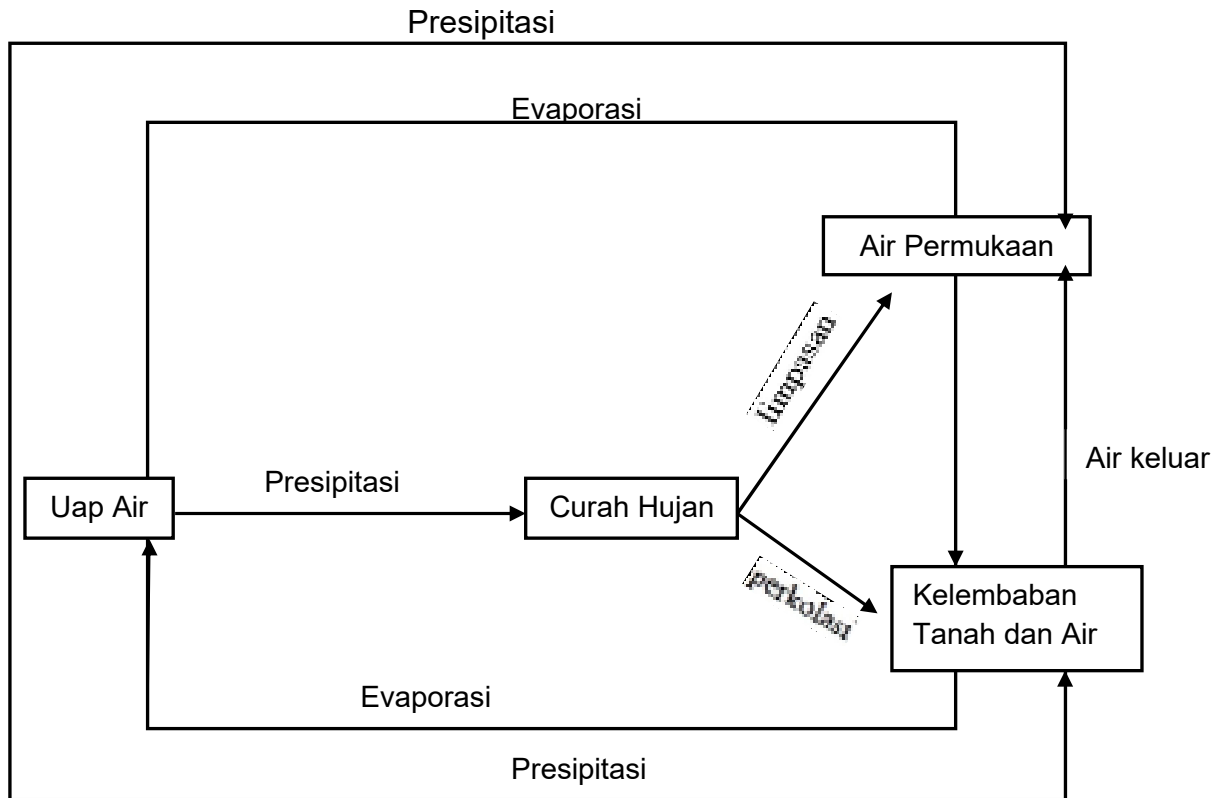


Hubungan antara air dan tanaman dipelajari dari dua segi, fisiologi dan ekologi. Dari segi fisiologi air berfungsi untuk kepentingan fisik dan metabolisme tanaman. Sedangkan dari segi ekologi, air merupakan faktor lingkungan yang sangat penting bagi kehidupan dan perkembangan tanaman.

Syarat untuk mengelola air harus ada sumber air, pemilihan jenis tanaman, teknologi, dan pertimbangan faktor sosial ekonomi. Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Ilmu pendukung dari pengelolaan air adalah

- Klimatologi
- Ilmu Tanah
- Agronomi
- Keteknikan Pertanian

Gambar berikut adalah menjelaskan sirkulasi air



Gambar 1. Skema Sirkulasi Air (Sosrodarsono dan Takeda, 1993).

Penggolongan Air Tersedia

1. Secara Kuantitas

a. Agroekosistem Basah

Ketersediaan air selalu berlebih sepanjang tahun (tergenang) yaitu Rawa, Lebak, dan Sawah.

b. Agroekosistem Antara yaitu gogo rancah

Pasang Surut



c. Agroekosistem Kering

Lahan kering yang mengandalkan curah hujan

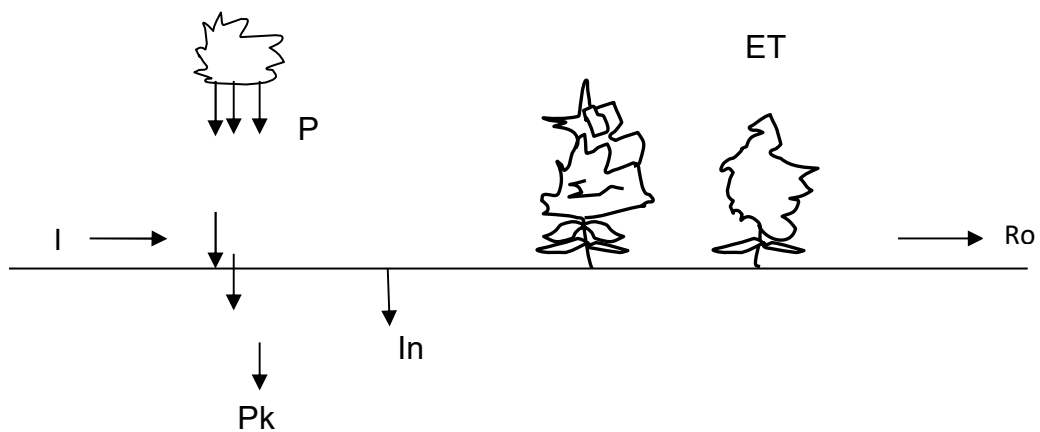
Kendala :

- Tidak tersedianya sumber air yang pasti (intensitas rendah)
- Produktifitas rendah

2. Secara Kualitas

- a. Air minum
- b. Air untuk pengairan
- c. Air untuk keperluan lain : industri, navigasi, rumah tangga, dan pertanian

Ketersediaan Air di Agroekosistem



$$P + I = ET + Pk + Ro + L + \dots\dots\dots$$

P = Presipitasi

I = Irigasi

ET = Evapotranspirasi

Pk = Perkolasi

In = Infiltrasi

Ro = Run off

L = kebocoran

Pengelolaan Lahan Kering

Kekeringan adalah keadaan kekurangan pasokan air pada suatu daerah dalam masa berkepanjangan (beberapa bulan hingga bertahun-tahun). Biasanya kejadian ini muncul bila suatu wilayah secara terus menerus mengalami curah hujan di bawah rata-rata. Musim kemarau yang panjang akan menyebabkan kekeringan karena cadangan air tanah akan habis akibat penguapan, transpirasi ataupun penggunaan lain oleh manusia.

Kekeringan dapat menjadi bencana alam apabila mulai menyebabkan suatu wilayah kehilangan sumber pendapatan akibat gangguan pada pertanian dan ekosistem yang ditimbulkannya. Dampak ekonomi dan ekologi kekeringan merupakan suatu proses sehingga batasan kekeringan dalam setiap bidang dapat berbeda-beda. Namun demikian, suatu kekeringan yang singkat tetapi intensif dapat pula menyebabkan kerusakan yang signifikan.

Berdasarkan sebaran iklim (curah hujan) lahan kering terbagi dua :

1) Lahan kering beriklim basah

- Kemiringan < 15 %
- Tipe iklim A (> 9 bulan basah) dan B (7 – 9 bulan basah)
- Curah hujan > 2200 mm / tahun, distribusi relatif merata
- Kendala : pH masam, Al, Fe, Erosi

2) Lahan kering beriklim kering

- Curah hujan yang rendah (1000 – 1500 mm / tahun selama 3 – 4 bulan, distribusi tidak teratur)

- Fluktuasi hujan sangat tinggi (bisa 100 mm / hari, bisa berhenti sama sekali selama 2 – 3 minggu).
- Indonesia Bagian Timur (Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku)

Tipologi Lahan kering berdasarkan ketersediaan sumber air dan upaya pengembangannya

A. Sumber air dari Curah hujan

Upaya pengembangan

- Rain Harvesting dengan pembuatan rorak dan embung.
- Memanfaatkan curah hujan secara optimal
- Mengatur pola tanam

B. Potensi sumber air tanah (dangkal, menengah, dalam)

- Mengeksploitasi sumber air tanah (sumur besar, pompa)

C. Sumber air permukaan

- Pemanfaatan sungai / saluran drainase (bendungan), danau dan mata air

D. Sumber air tanah pemukiman

Pengembangannya akan lebih mudah (bisa dengan cara A, B, C kombinasi A dan B, A dan C, atau B dan C)

E. Potensi sumber air tanah / air permukaan yang telah dikembangkan, tetapi karena sesuatu hal tidak terjangkau oleh air irigasi tersebut.

Perlu perbaikan metoda pengelolaan air dan perbaikan fasilitas irigasi. Karena pengaruh radiasi matahari, topografi dan unsur-unsur meteorologis lainnya, siklus hidrologi penyebarannya tidak merata menyebabkan kekeringan dan banjir

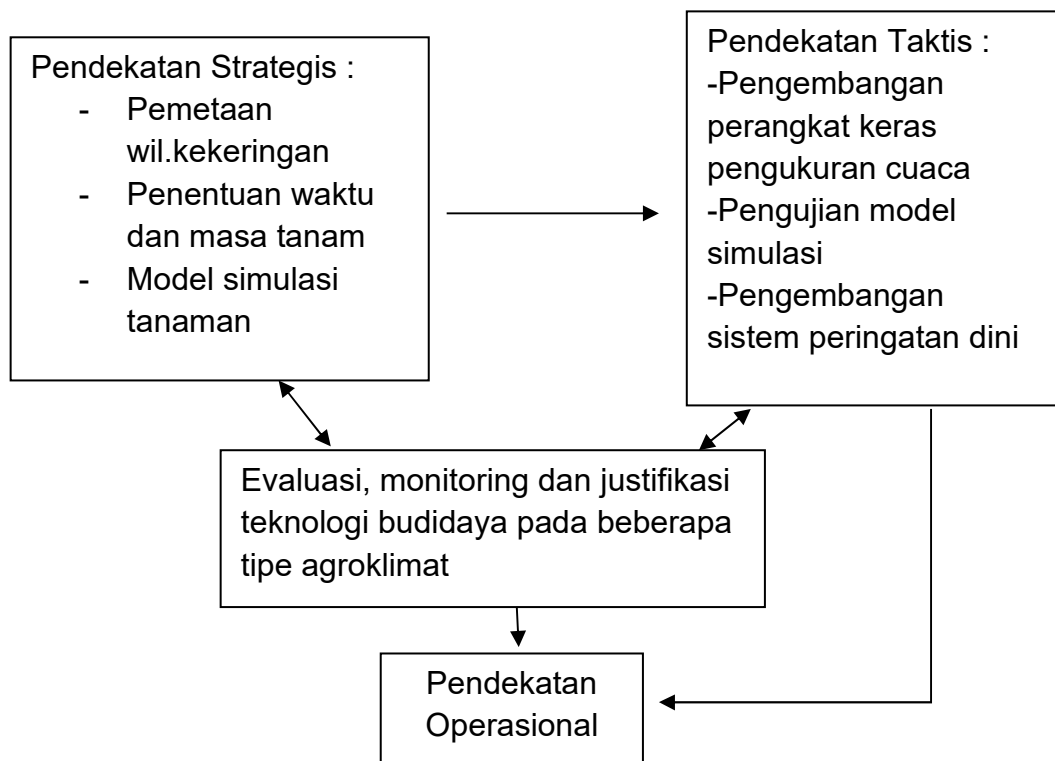
- Kekeringan melanda :
 - Areal tidak hujan
 - Areal irigasi
- Di Pulau Jawa yang 7 % dari wilayah Nasional mendukung 59 % dari produksi total Nasional (Pelita V), swasembada beras menjadi penting.

- Wilayah rawan kekeringan
Kelas Agroklimat C₃, D₂, dan D₃
3– 4 bulan basah (> 200 mm / bulan)
5 – 6 bulan kering (< 100 mm / bulan)

Air semakin langka dan penting disebabkan :

- Kebutuhan air di luar kebutuhan irigasi terus bertambah
- Penggunaan air yang tidak efisien
- Kesalahan jadwal tanam

Oleh sebab itu diperlukan Gerakan Hemat air



Gambar 2. Pemecahan masalah kekeringan

Krisis pangan sudah di depan mata, menyusul bencana kekeringan yang mengancam penurunan produksi pangan nasional. Data Kementerian Pertanian menunjukkan kekeringan sudah mencapai 95.851 hektar per Agustus 2011. Dari jumlah itu, yang mengalami gagal panen

atau puso sebesar 3.713 hektar. Luasan kekeringan tersebut meningkat Januari–Juli 2011 yang sebesar 73.703 hektar dan puso 2.089 hektar.

Jawa Barat menjadi provinsi terluas kedua yang kekeringan yakni seluas 25.949 hektar dan puso 37 hektar. Urutan pertama Sulawesi Selatan dengan kekeringan 27.889 hektar dan puso 1.490 hektar. Berikutnya, Nangroe Aceh Darussalam (10.403 ha dan puso 143 ha), Jawa Timur (3.842 ha dan puso 623 ha), Jawa Tengah (3.648 ha dan puso 39 ha). Dalam lima tahun terakhir, lahan yang terkena kekeringan mencapai 228.095 ha dengan puso 50.068 ha.

Kekeringan yang menimpa sejumlah besar petani, akan menambah penderitaan sehingga menuju proses pemiskinan yang makin dalam. Lantaran, setiap tahunnya, petani mengalami hantaman kelangkaan pupuk dan kenaikan harga kebutuhan sehari-hari. Untuk itu, diperlukan langkah nyata untuk mengatasi kekeringan tersebut. Tanpa bantuan pemerintah, nasib petani akan semakin terpuruk. Dalam jangka pendek, diberikan bantuan darurat bahan pangan dan air bersih. Untuk lahan pertanian, diberikan pompa air dan pembuatan sumur pantek untuk mengatasi krisis air.

Berdasarkan acuan data Adi Witono Staf Bidang Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan LAPAN Bandung, mengenai propinsi-propinsi di Indonesia dengan pembagian kabupatennya yang mengalami kesulitan irigasi saat kemarau. Berikut merupakan propinsi beserta kabupaten yang terdata tersebut.

Banten (Cilegon dan Serang)

Jawa Barat (Bekasi, Karawang, Subang, Indramayu, Cirebon, Kuningan, Sumedang, Majalengka dan Bandung bagian Timur)

Jawa Tengah (Cilacap, Brebes, Tegal, Pemalang, Kendal, Semarang, Demak, Jepara, Kudus, Pati, Rembang, Blora, Grobogan, Boyolali, Sragen, Magelang, Klaten, Sukoharjo, Karanganyar dan Wonogiri)

Yogyakarta (Bantul, Sleman, Kulon Progo dan Gunung Kidul)

Jawa Timur (Tuban, Lamongan, Gresik, Bojonegoro, Nganjuk, Ponorogo, Madiun, Kediri, Jombang, Mojokerto, Sidoarjo, Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, Bondowoso)

Bali (Jembrana, Buleleng, Tabanan, Bangli, Karangasem, Badung, Denpasar dan Klungkung)

NTB (Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur, Sumbawa, Dompu dan Bima)

NTT (Manggarai, Ngada, Ende, Sikka, Flores, Sumba Barat dan Timur, Kupang dan Belu)

Sulawesi (Palu, Maros, Jenepono, Kolaka, Kendari, Muna dan Buton)

BAB III. UNSUR-UNSUR HIDROMETEOROLOGI

Dalam pengelolaan air tidak dapat dipisahkan dengan ilmu meteorologi. Gabungan ilmu hidrologi dan ilmu meteorologi disebut Hidrometeorologi. Berikut akan dibahas beberapa unsur-unsur hidrometeorologi.

Siklus Hidrologi

Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut. Selanjutnya air laut dan air lainnya menguap (evaporasi) atau menguap melalui tanaman (evapotranspirasi), kemudian akibat kondensasi uap air berbentuk hujan yang jatuh ke bumi. Berikut adalah jumlah air pada siklus hidrologi.

Tabel 1. Jumlah Air pada Siklus Hidrologi

JUMLAH	Vol 10 ³ km ³	%
Total	1.460.000	100
Lautan	1.370.000	93,84
Tanah dan Sub soil	65	0,004
Danau	750	0,05
Air Tanah	4.000	0,27
Continental Crust	60.000	4,11
Es dan Salju	29.000	1,99



Gambar 3. Air Terjun Niagara, salah satu sumber air untuk tanaman.

Neraca Air

Neraca air penjelasan tentang hubungan antara inflow dan outflow di suatu daerah dan waktu tertentu. Dalam bidang hidrologi sistem makro yang dipelajari adalah Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS adalah suatu daerah yang aliran permukaan dan aliran sampingnya menuju ke sungai utama tertentu.

Komponen DAS : Presipitasi, air tanah, air permukaan, air bumi, evapotranspirasi.

Pada sistem DAS neraca airnya adalah sebagai berikut :

$$P = E + G + M + Q$$

P = Presipitasi

E = Evapotranspirasi

G = Air bumi (confined, unconfined aquifer)

A = Air Tanah (kadar kelembaban tanah)

Q = Debit air permukaan (sungai, danau)

Pada sistem DAS air tanah berfluktuasi meningkat pada musim hujan dan menurun pada musim kemarau sehingga perubahannya dalam setahun sama dengan nol.

Infiltrasi

Infiltrasi adalah suatu proses masuknya air ke dalam tanah. Air yang terinfiltrasi akan mengisi pori-pori antar partikel tanah dan terperkolasi. Air yang terperkolasi akan tertahan oleh lapisan kedap air menjadi air bumi. Aliran permukaan akan tertampung di sungai, danau, rawa disebut air permukaan. Air yang mengisi pori-pori antar partikel tanah pada zone aerasi (tidak jenuh) merupakan air tanah yang dapat diserap tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi :

1. Dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan jenuh.
2. Kelembaban tanah
3. Pemadatan tanah
4. Tekstur dan struktur tanah
5. Tumbuh-tumbuhan
6. Udara dalam tanah
7. Waktu

Usaha untuk meningkatkan infiltrasi :

1. Membuat pematang
2. Pengolahan tanah menurut kountur
3. Pembuatan teras bangku pada lahan dengan kemiringan besar

Kapasitas infiltrasi merupakan laju infiltrasi maksimum yang terjadi pada kondisi tertentu.

Tabel 2. Kapasitas infiltrasi dari berbagai tekstur tanah .

No	Tekstur	Infiltrasi (mm/jam)
1	Pasir berlempung	25 – 50
2	Lempung	12,5 – 25
3	Lempung berdebu	7,5 – 15
4	Lempung berliat	0,5 – 2,5
5	Liat	0,5

Evapotranspirasi

Evaporasi merupakan proses perubahan air dari bentuk cair menjadi uap.

Transpirasi adalah evaporasi dari air setelah melalui sistem tanaman.

Akar - batang - daun - stomata - atmosfer

Evapotranspirasi = Evaporasi + transpirasi

Evapotranspirasi ada dua yaitu Evapotranspirasi potensial (E_p) dan Evapotranspirasi aktual (E_a).

Evapotranspirasi potensial (E_p) adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi optimum misalnya : tanaman tidak ada stres air, tidak defisiensi hara, tidak diserang hama dan penyakit. Evapotranspirasi potensial hanya tergantung kepada faktor meteorologi saja, sehingga dikenal sebagai rumus empiris yang menghubungkan evapotranspirasi dengan suhu, kecepatan angin, kelembaban udara, persen jam siang bulanan.

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi sesungguhnya. Syarat terjadinya evapotranspirasi adalah tersedianya energi dan air. Sebagai energi adalah cahaya matahari dan angin untuk mengubah bentuk cair menjadi bentuk uap, dan memindahkan uap tersebut dari permukaan cairan.

Evaporasi permukaan air bebas dipengaruhi :

- a. Konveksi dalam air
- b. Kedalaman air
- c. Adanya ombak
- d. Angin
- e. Kontaminasi permukaan
- f. Salinitas
- g. Kualitas air
- h. Suhu air



Gambar 4. Pemandangan Negara Kanada dari sisi Air Terjun Niagara Amerika Serikat

Air Bumi

Air bumi adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat pada formasi di bawah lapisan tanah pada zone jenuh. Air bumi ada dua :

- Air lapisan yang berada pada ruang-ruang antara butiran tanah.
- Air celah (fissure water) yang berada pada retakan batuan.

Zone aerasi adalah zone transisi dimana tanah masih cukup mengandung udara selain air. Akhir dari zone aerasi disebut Capillary fringe.

Zone jenuh adalah daerah yang jenuh air, batasnya disebut water table. Water table punya tekanan yang sama dengan atmosfer.

Lapisan impermeabel ada 2 :

- Aquiclude (lapisan kedap air) contohnya : liat, humus
- Aquiclude (lapisan kebal air) contohnya : bedrock

Akifer adalah lapisan permeabel yang jenuh dengan air tanah

1. Unconfined aquifer (akifer air bebas/water table akifer)

Akifer yang ada pada zone saturasi yang letaknya tidak di bawah suatu formasi yang kedap air dan tidak punya tekanan.

2. Confined aquifer/artesian aquifer (akifer air terkekang)

Berada pada zone saturasi yang terjadi bila air dihambat di bawah suatu formasi geologis yang kedap air sehingga punya tekanan. Tekanan > unconfined aquifer. Pengisiannya terjadi bila suatu lapisan impermeabel muncul di permukaan bumi sehingga membentuk suatu lipatan.

Effluent stream : sungai yang mendapat air dari bumi

Influent stream : sungai yang kehilangan air ke bumi

Confined aquifer debitnya besar, menggali sumur sampai confined aquifer maka tinggi water table lebih tinggi ----- Piezometric surface adalah garis bayang yang menghubungkan tinggi permukaan air dari deretan sumur artesis.

3. Perched aquifer adalah akifer yang tidak terhambat yang sifatnya khusus dibentuk oleh lapisan impermeabel yang berada pada zone artesis.

Perched aquifer seringkali merupakan asalnya dari sumber-sumber air dan sungai yang berair hanya pada musim hujan.

Akibat pemakaian air bumi berlebihan akan terjadi :

1. Penurunan tanah, karena pemompaan yang melebihi kapasitas recharge, akifer menjadi kering.
2. Penerobosan (intrusi air asin)
 - a. Pada air bebas dipantai, turunnya permukaan air sumur, naiknya batas antara air asin dan air tawar.

b. Pada akifer air terkekang dipantai, jika tekanan air bumi menjadi lebih rendah daripada air laut sehingga terjadi penerobosan air laut.

Proses Pembentukan Mata Air :

1. Water table yang muncul di permukaan tanah
2. Melalui daerah retakan batuan, terdapat daerah patahan yang impermeabel kemudian air muncul pada bagian patahan yang terbentuk.
3. Berupa sumur artesis, Piezometric surface muncul dipermukaan tanah dan akan berupa flowing well.



Gambar 5. Salju pada dahan dan ranting pohon di Columbus Ohio AS

Curah Hujan

Manfaat data curah hujan adalah mengetahui curah hujan rata-rata tiap waktu. Hal-hal yang akan dipelajari tentang curah hujan berkaitan dengan fungsinya sebagai sumber daya air adalah data curah hujan rata-rata per satuan waktu, distribusi curah hujan dan peluang terjadinya curah hujan (%).

Distribusi curah hujan meliputi besarnya curah hujan wilayah dan intensitas curah hujan.

A. Distribusi Curah Hujan

1. Penentuan Curah Hujan wilayah

a. Rata-rata aljabar

$$R_x = \frac{R_i}{n}$$

R_x = Curah hujan daerah (mm)

R_i = (R_1 R_n) curah hujan di setiap pos pengamatan

n = Jumlah titik (pos) pengamatan

Syarat pemakaian metoda ini adalah tersedianya pos pengamatan yang banyak dan tersebar merata. Kerugiannya tidak dapat diterapkan di seluruh wilayah (berbukit-bukit). Alat-alat yang biasa dipakai yaitu : ombrometer type observatorium, self recording dan lain-lain.

b. Metoda Poligon Thiessen

Tujuan cara poligon thiessen untuk memperbaiki metode rata-rata aljabar (bila titik pengamatan tidak tersebar merata).

Langkah-langkah yang harus dilakukan :

- Hubungkan titik-titik pengamatan membentuk jaringan segitiga

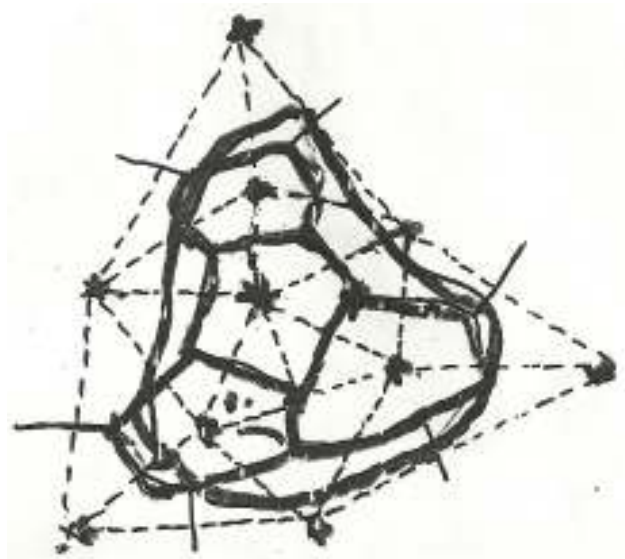
- Buat garis bagi tegak lurus sisi-sisi segitiga sehingga membentuk polygon yang mengelilingi setiap pengamatan
- Hitung luas masing-masing polygon dengan planimeter
- Curah hujan rata-rata persatuan waktu dihitung dengan rumus

$$R_x = (A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n) / A$$

R_x = Curah hujan daerah

$R_1 \dots R_n$ = Curah hujan disetiap pos pengamatan

$A_1, A_2 \dots A_n$ = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan

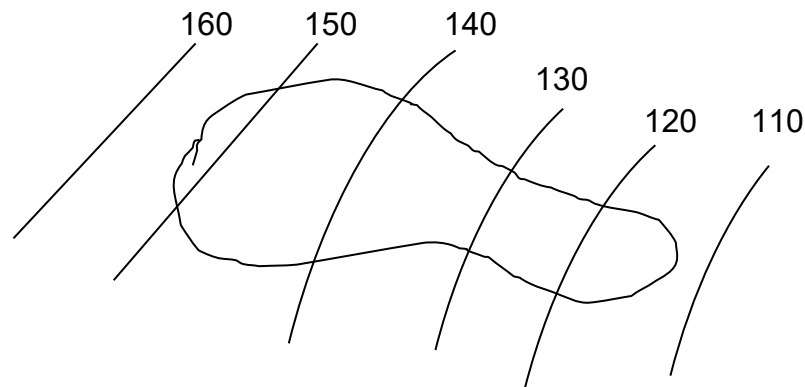


Gambar 6 : Penentuan curah hujan wilayah dengan metode Thiessen.

c. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis dalam peta yang menghubungkan tempat-tempat dengan curah Hujan yang sama. Alat yang dipakai adalah peta isohyet dan peta topografi. Jika kedua peta

tersebut sudah ada maka peta isohyet diletakan di atas peta topografi untuk mengetahui curah hujan yang dibatasi oleh dua garis isohyet terdekat. Diukur dengan planimeter Peta isohyet yang digunakan dalam metode ini berinterval 10 – 20 mm. (data Curah Hujan pada titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah dimaksud).



Gambar 7 : Peta Isohyet

Curah hujan rata-rata dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$R_x = (A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n) / A$$

R_1, \dots, R_n = Dihitung dengan metode a dan b atau merataratakan 2 garis isohyet yang mengapitnya.

A_1, \dots, A_n = Luas daerah yang dibatasi oleh 2 garis isohyet terdekat

Cara garis isohyet juga mempunyai kekurangan, antara lain titik pengamatan harus sedikit dan variasi curah hujan tidak besar.

2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas Curah Hujan merupakan jumlah Curah Hujan persatuan jangka waktu tertentu. Gunanya untuk mengetahui aliran permukaan dan perencanaan konstruksi bangunan irigasi.

B. Peluang Curah Hujan

Curah hujan merupakan fungsi peluang. Dua golongan mengenai peluang curah hujan yaitu : Peluang dasar (Initial Probability) = P_w dan Peluang bersyarat (Conditional Probability)

Manfaat mengetahui peluang Curah Hujan :

- Menentukan kemungkinan hujan pada bulan yang akan datang
- Menentukan saat tanam, pola tanam dan intensitas tanam.

1. Peluang dasar (P_w)

Peluang dasar adalah besarnya peluang yang dinyatakan dalam persen untuk mendapatkan nilai Curah Hujan tertentu pada bulan tertentu.

$$P_w = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

n = Jumlah bulan basah (BB)

N = Jumlah tahun pengamatan (± 30 tahun)

Besarnya Bulan Basah tergantung jenis tanaman pangan, misalnya

Bulan basah untuk Padi sawah	≥	200 mm / bln
Padi Gogo	≥	150 mm / bln
Palawija	≥	100 mm / bln
Shorgum	≥	75 mm / bln

Peluang dapat dipercaya jika nilainya

$$\geq 70 \%$$

2. Peluang Bersyarat

Perluang bersyarat dibagi menjadi dua yaitu : P_{ww} dan P_{wd}

- P_{ww} merupakan peluang untuk memperoleh nilai tertentu Curah Hujan pada bulan depan apabila bulan ini termasuk bulan basah.

$$P_{ww} = \left(\frac{n^1}{n} \right) \times 100 \%$$

n^1 = Bulan basah pada bulan tertentu yang diikuti oleh bulan basah pada bulan berikutnya

n = Bulan basah pada bulan tertentu

- b. Pwd peluang mendapatkan sejumlah tertentu curah hujan pada bulan depan jika bulan ini termasuk bulan kering.

$$P_{wd} = \{ n^{11} / (N - n) \} \times 100 \%$$

n^{11} = Bulan kering pada bulan tertentu yang diikuti dengan bulan basah pada bulan berikutnya.



Gambar 8. Pemandangan Kota New York dari atas Pesawat

BAB IV. HIDROLIKA

Hidrolika merupakan bagian dari ilmu teknik yaitu ilmu yang mempelajari air dalam keadaan statis/diam (hidrostatika) dan dinamis (hidrodinamika).

Hubungan pengelolaan air dengan hidrolika adalah pengelolaan air secara praktikal mempelajari 2 aspek :

- Agronomis meliputi
 - Tanah
 - Klimatologi
 - Botani
 - Fisiologi
- Teknik meliputi
 - Fisika terpakai
 - Ekofisiologi
 - Teknik sipil dll.

Pentingnya konsep hidrolika dalam tindakan pengelolaan air :

1. Kaidah-kaidah hidrolika dapat dipakai dalam pendugaan potensi sumber daya air misalnya :
 - Debit air
 - Kecepatan air
2. Pemakaian air yang efisien dalam kegiatan pengelolaan air membutuhkan data hasil pengukuran yang praktis dan tepat.

Beberapa konsep hidrolika yang penting dalam tindakan pengelolaan air

1. Beberapa rumus dan koefisien pengaliran yang penting
 2. Pengaliran melalui lubang (Orifice)
 3. Pengaliran melalui pelimpahan (NOTCH, WEIR)
 4. Pengaliran dalam saluran (Channel)
 5. Pengaliran dalam pipa (Pipe)
- I. Beberapa rumus yang penting.

a) Tekanan air
$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \text{Tekanan (N / m}_2 \approx \text{Pa)} \quad \text{Bar} = \text{Pa} \times 10^{-5}$$

$$F = \text{Gaya} \quad V = \text{volume}$$

$$A = \text{Luas penampang} \quad W = \text{berat jenis (= } \rho g)$$

F = Berat cairan dalam silinder

$$= V \times BJ$$

$$= A \cdot h \cdot BJ$$

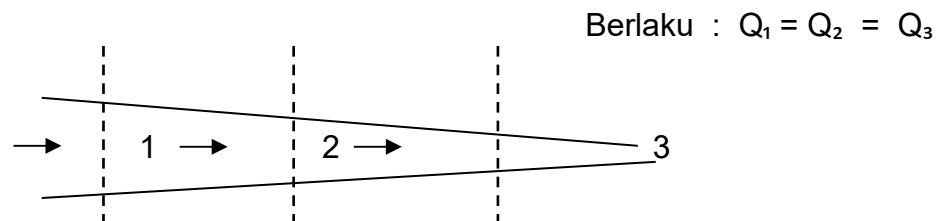
$$P = \frac{A \cdot h \cdot BJ}{A} = h \cdot BJ = \rho \cdot g \cdot h$$

b) Laju Pengaliran Debit

$$Q = a \cdot V \quad a = \text{Luas penampang}$$

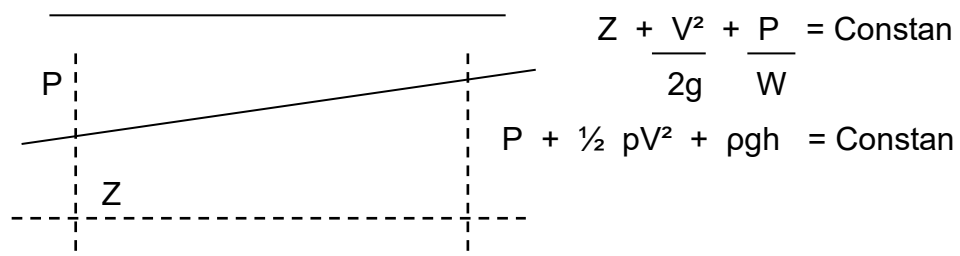
$$V = \text{kecepatan rata-rata}$$

Penampang



$$a_1 V_1 = a_2 V_2 = a_3 V_3$$

c) Hukum Bernoulli



Keterangan Hukum Bernoulli : Total energi dari partikel adalah tetap walaupun terjadi pergerakan partikel dari satu titik ke titik lain.

Z = Potensial energi

$\frac{V^2}{2g}$ = Energi kinetik

$\frac{P}{W}$ = Tekanan energi

W

Tipe-tipe Aliran :

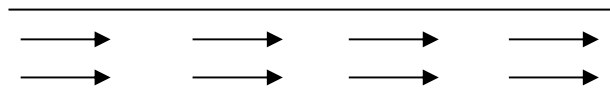
1. - UNIFORM FLOW Bila kecepatan (V) partikel air pada tiap bagian pipa / saluran sama.

-NON UNIFORM FLOW Bila V tidak sama.

2. STREAM LINE FLOW / LAMINAR FLOW

Bila masing-masing partikel air mempunyai arah aliran masing-masing dan tidak berpotongan.

V tiap bagian bisa sama atau tidak sama



TURBULEN FLOW :

- Tidak mempunyai arah aliran masing-masing
- Berpotongan

3. STEADY FLOW :

- Bila debit air yang mengalir tiap detik tetap/sama
Misal : pada pengaliran air yang tenang
- Mungkin aliran seragam / tidak

UNSTEADY FLOW : Bila debit tiap detik tidak sama (tidak konstan).

II. Pengaliran melalui lubang (ORIFICES)

- Contoh : - Pada irigasi tetes
 - Pada Gate (Pembagi air)

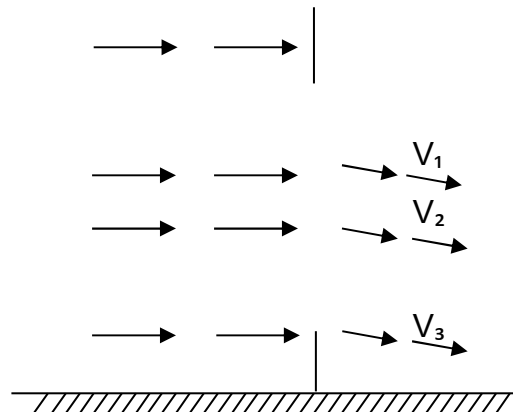
Tipe-tipe Orifices

a) Menurut ukuran

i. Lubang kecil

(Jika V partikel dari
 cucuran relatif sama)

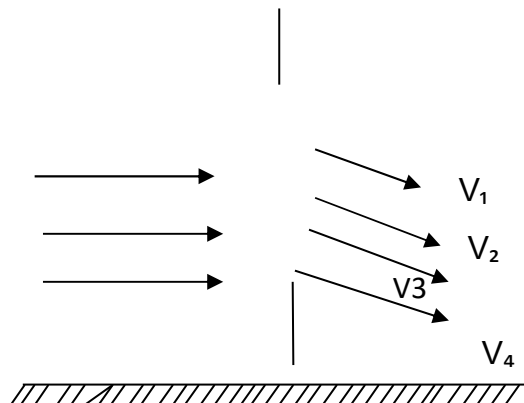
$$V_1 = V_2 = V_3$$



ii. Lubang besar

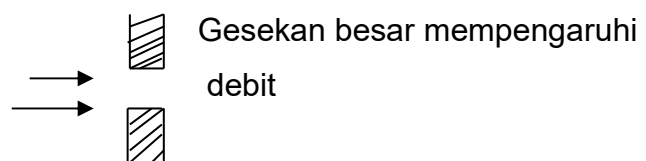
(Jika V partikel dari
 Cucuran tidak sama)

$$V_1 \neq V_2 \neq V_3 \neq V_4$$

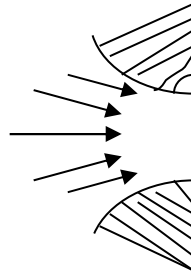


b) Menurut Bentuk Sisi Lubang

i) SISI TAJAM



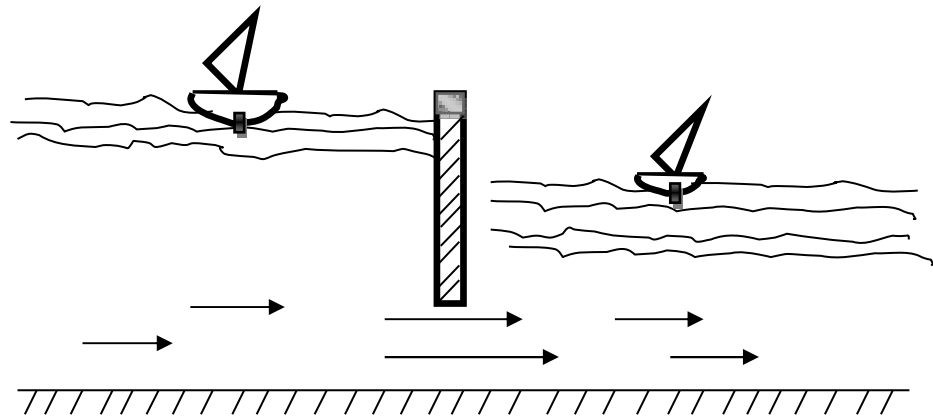
ii) SISI BULAT



c) Menurut Bentuk Pengaliran

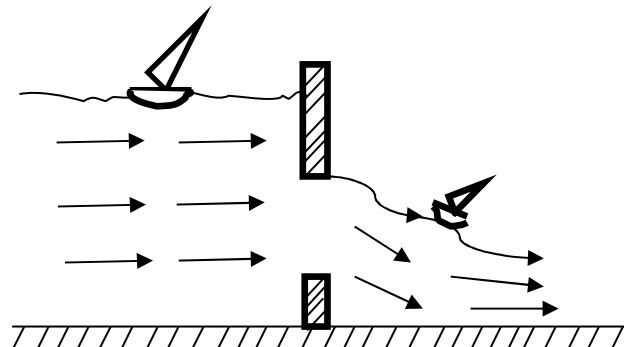
i) FULLY SUBMERGED ORIFICE

(Pengaliran melalui lubang yang berada dalam air) disebut juga pengaliran tidak bebas dimana pengaliran di hulu melalui hambatan di hilir.



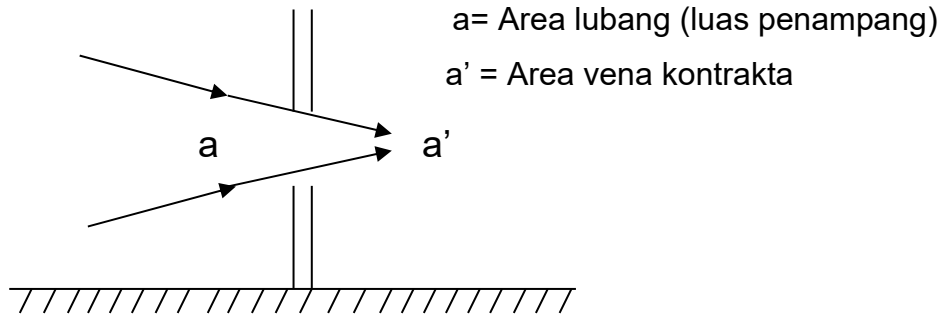
ii) PARTIALLY SUBMERGED ORIFICE

(Pengaliran melalui lubang yang sebagian berada dalam air).



VENA CONTRACTA / KUNCUPAN

ialah bentuk kuncupan yang terjadi karena partikel air kehilangan energi akibat gesekan dengan dinding.

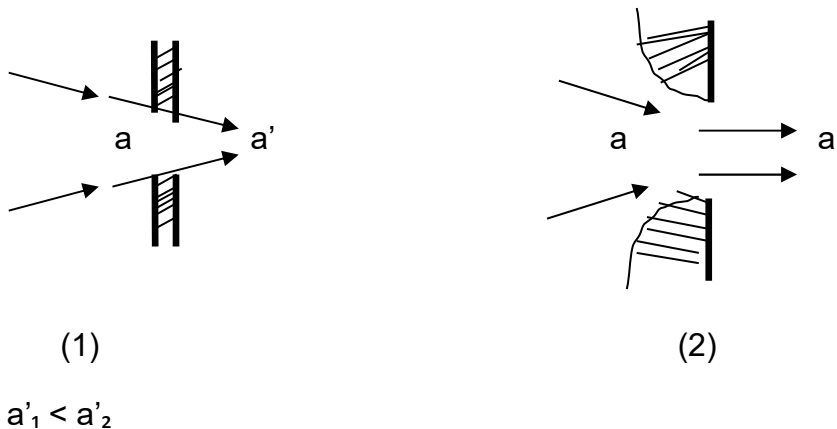


Adanya Vena Kontrakta menimbulkan kondisi yang lain dari pengaliran air secara teoritis, sehingga diperlukan adanya koefisien-koefisien yang berkaitan dengan pengaliran air.

1. KOEFISIEN KONTRAKSI (Cc)

$$C_c = \frac{\text{Luas penampang Vena kontrakta}}{\text{Luas penampang lubang}}$$

$$C_c = \frac{a'}{a}$$



C_c pada sisi tajam < pada sisi bulat

Nilai Cc dipengaruhi :

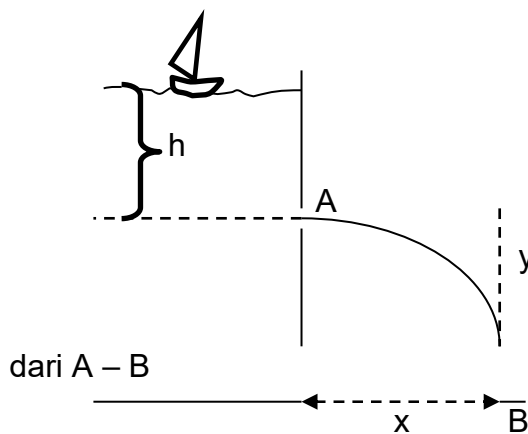
- h (tinggi air), jika makin tinggi h maka Cc turun
- Ukuran lubang jika makin besar ukuran, Cc makin kecil
- Bentuk sisi, sisi tajam lebih kecil dari sisi bulat nilai Cc nya.

Nilai rata-rata Cc = 0,64

2. KOEFISIEN KECEPATAN (Cv)

Cv = $\frac{\text{Kecepatan aktual pada Vena Kontrakta}}{\text{Kecepatan Teoritis}}$

$$= \frac{V_{ac}}{V_{th}}$$



h = tinggi air

x = jarak horizontal

y = jarak vertikal

v = kecepatan

t = waktu yang diperlukan

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$x = v \times t \rightarrow t = \frac{x}{v}$$

$$v \text{ teoritis} = \sqrt{2 g h}$$

$$y = \frac{1}{2} g \left[\frac{x}{v} \right]^2 = \frac{g x^2}{2 v^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{g x^2}{2 y}}$$

$$Cv = \frac{V_{ac}}{V_{th}} = \frac{\sqrt{g x^2 / 2 y}}{\sqrt{2 g h}} = \boxed{\sqrt{\frac{x^2}{4 y h}}}$$

3. KOEFISIEN PENGALIRAN (Cd)

$$Cd = \frac{\text{PENGALIRAN AKTUAL}}{\text{PENGALIRAN TEORITIS}} = \frac{Q_{ac}}{Q_{th}}$$

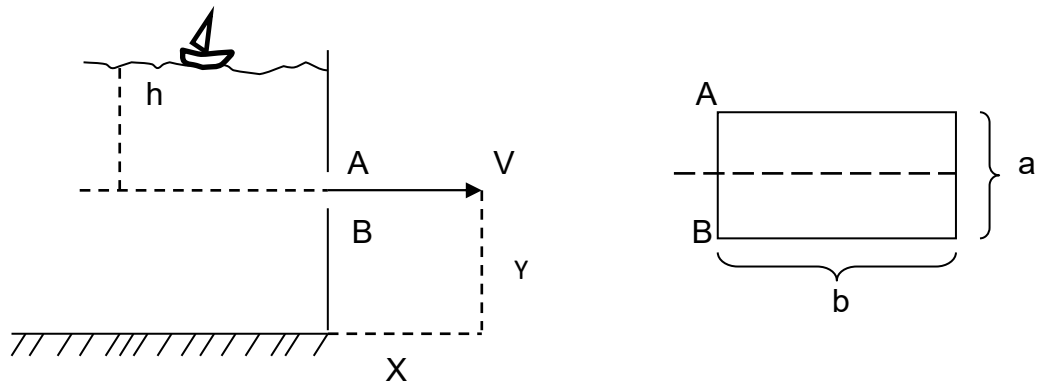
$$= \frac{V_{ac} \times \text{Area aktual}}{V_{th} \times \text{Area teoritis}}$$

$$Cd = C_v \times C_c$$

$$Cd \text{ rata-rata} = 0,62$$

Koefisien-koefisien diatas dipakai juga untuk pengaliran melalui pelimpahan, saluran, pipa.

⌘ PENGALIRAN MELALUI LUBANG KECIL



h = Tinggi air dari permukaan → tengah-tengah lubang

a = Tinggi lubang

b = Lebar lubang

Lubang kecil : V partikel pada lubang AB relatif sama. Berlaku

Hukum TORICELLI : pada lubang akan keluar air dengan V sama dengan jatuh bebas → V teoritis =

$$\sqrt{2gh}$$

$$Y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$X = v \cdot t$$

$$x \text{ aktual} = C_v \times V_{th} \times t$$

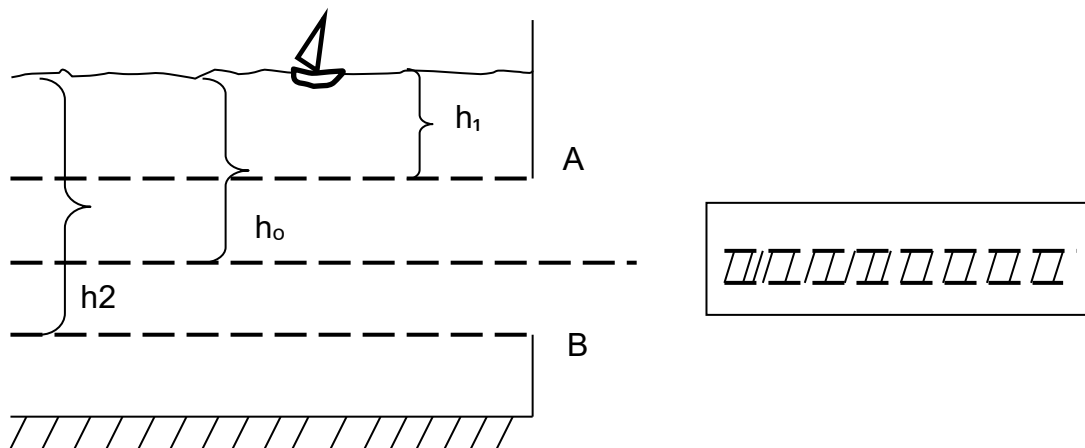


$$V_{ac} = C_v \times V_{th}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 &= C_d \times A \times V_{th} \\
 Q \text{ lubang kecil} &= \underline{C_d \times (a \cdot b) \times \sqrt{2gh}}
 \end{aligned}$$

⌘ PENGALIRAN MELALUI LUBANG BESAR

Disebut lubang besar jika $h < 5 a$



h_1 = Tinggi air dari permukaan ke A

h_2 = Tinggi air dari permukaan ke B

h_3 = Tinggi air dari permukaan ke tengah lubang

b = Lebar lubang

C_d = Koefisien pengaliran

Pada saat terjadi pengaliran, V partikel tidak konstan, terjadi perbedaan V . Dihitung berdasarkan perhitungan integral.

dh = tebal pada kedalaman h

$$\begin{aligned}
 \diamond \text{ Luas penampang yang diarsir} &= bdh \\
 V \text{ teoritis di daerah yang diarsir} &= \sqrt{2gh} \\
 Q &= A \cdot V \\
 dQ &= C_d \times bdh \times \sqrt{2gh} \\
 \text{Total pengaliran} &: \text{Integral dari limit } h_2 - h_1
 \end{aligned}$$

$$Q = \int_{h_1}^{h_2} Cd \times b dh \times \sqrt{2gh}$$

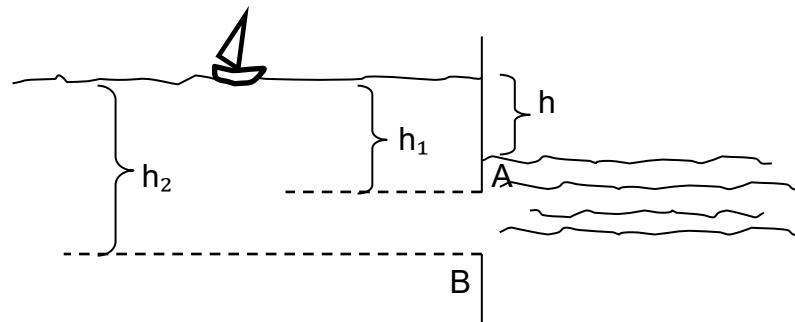
$$= Cd \times b \times \left[\frac{h^{3/2}}{3/2} \right] \times 2g$$

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times b \times \sqrt{2g} \times (h_2^{3/2} - h_1^{3/2})$$

lubang besar

$$16^{3/2} = \sqrt{16^3} = 4^3 = 64$$

PENGALIRAN MELALUI LUBANG YANG SELURUHNYA BERADA DI DALAM AIR (FULLY SUBMERGED ORIFICE)



h = Beda tinggi air dihilir – hilir

b = Lebar lubang

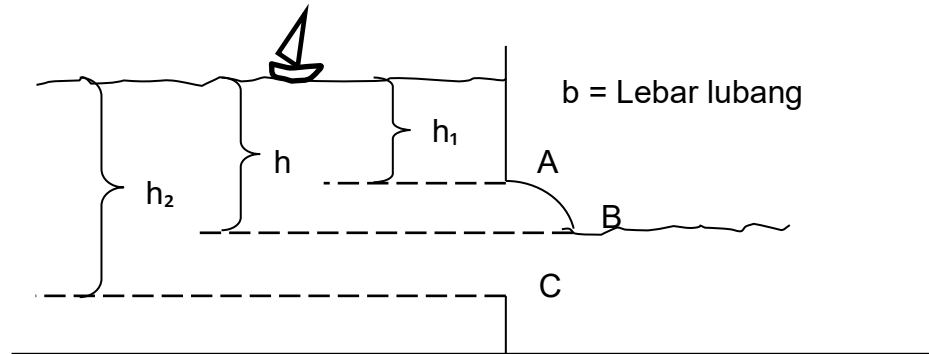
Cd = Koefisien pengaliran

A = Luas penampang = $b \times (h_2 - h_1)$

Kecepatan aktual = $Cd \times \sqrt{2gh}$

$Q = Cd \times b \times (h_2 - h_1) \times \sqrt{2gh}$

**Pengaliran melalui lubang yang sebagian berada di dalam air
(PARTIAL SUBMERGED ORIFICE)**



Merupakan 2 pengaliran :

1. AB = Pengaliran bebas melalui lubang besar
2. BC = Pengaliran tidak bebas

Nilai Q merupakan gabungan dari Q_1 (AB) dan Q_2 (AC) Luas penampang = $b (h - h_1)$

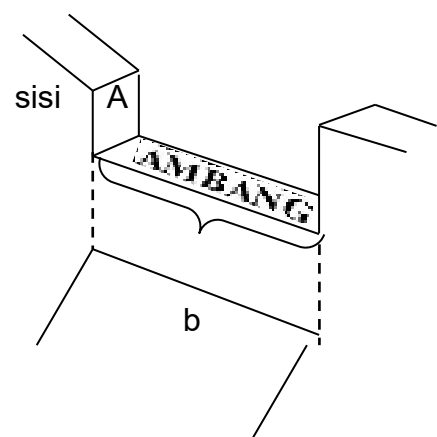
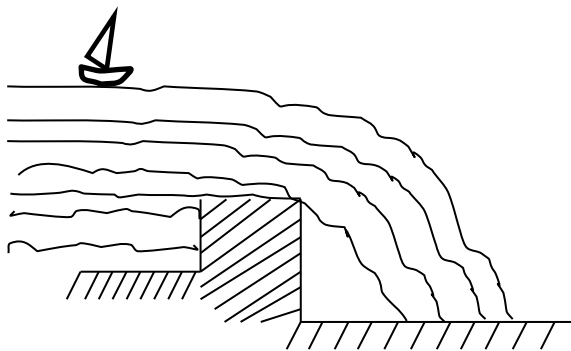
$$Q = \frac{2}{3} \times C_d \times b \times (h^{3/2} - h_1^{3/2}) \times \sqrt{2gh}$$

BC Luas penampang = $b (h_2 - h)$

$$Q_2 = C_d \times b \times (h_2 - h) \times \sqrt{2gh}$$

**Pengaliran Melalui Pelimpahan
(NOTCH , WEIR)**

Pelimpahan adalah merupakan bangunan air untuk mengatur dan mengukur debit air. Bentuknya bisa merupakan lubang persegi atau yang lain yang sisi atasnya terbuka.



b . Lebar ambang (panjang ambang)

Perbedaan antara Notch dan Weir

NOTCH

- Bentuk lebih kecil
- Biasanya terbuat dari plat logam (tipis)

WEIR

- Bentuk lebih besar
- Dari beton

Ahli irigasi seringkali mengidentifikasi Notch dengan weir

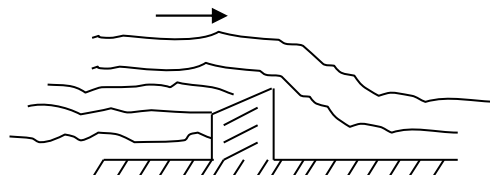
WEIR :

- Merupakan bangunan air tertua yang dipakai dalam pengukuran debit air dalam saluran
- Praktis dan mudah dipakai
- Cepat dan cukup tepat

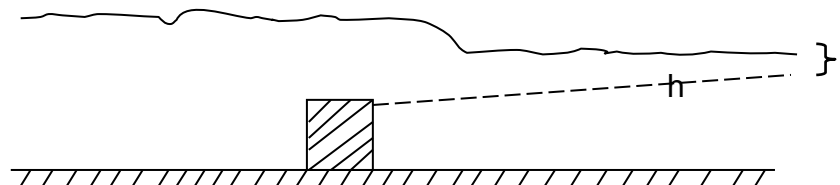
Hasil terbaik dicapai bila cucurannya bebas.

TIPE-TIPE WEIR :

1. Berdasarkan bentuk → RECTANGULAR DAN TRIANGULAR
2. Berdasarkan bentuk pengaliran :
 - a. ORDINARY WEIR



- b. SUBMERGED WEIR



3. Berdasarkan Lebar ambang :
 - a) NARROW – CRESTED WEIR

(Pelimpahan dengan ambang sempit = Rectangular weir, Ordinary weir).

b) BROAD – CRESTED WEIR

(Pelimpahan dengan ambang lebar)

4. Berdasarkan bentuk ambang :

a. SHARP CRESTED WEIR

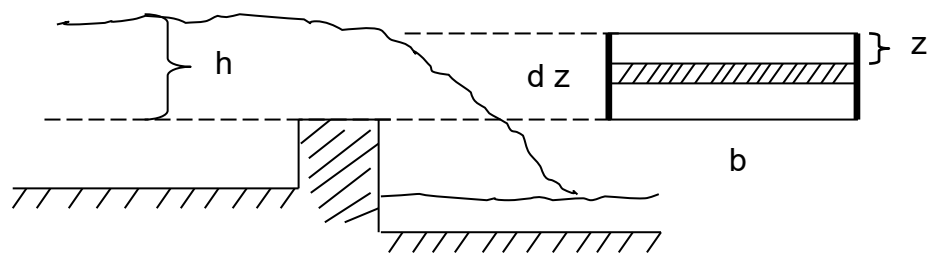
(Permukaan ambang tajam).

b. OAGE WEIR

(Permukaan ambang bulat)

Pengaliran dalam Rectanguler Weir

(Ordinary Weir dan Narrow – Crested Weir)



b = Lebar ambang

h = Tinggi air di atas ambang

dz = Bagian yang diarsir pada tinggi z

C_d = Koefisien pengaliran

Luas daerah yang diarsir = $b \times dz$

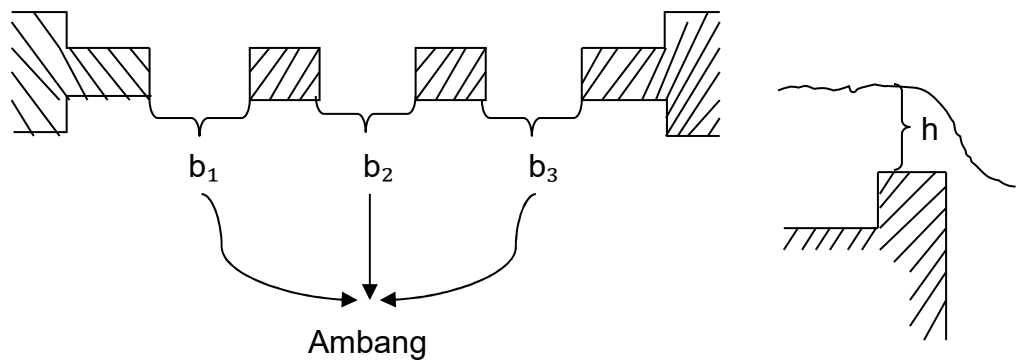
Kecepatan teoritis pada dz = $\sqrt{2gz}$

Q Partial = $C_d \times \text{Luas area} \times V_{th}$

Q Total = $C_d \times b \times dz \times \sqrt{2gz}$

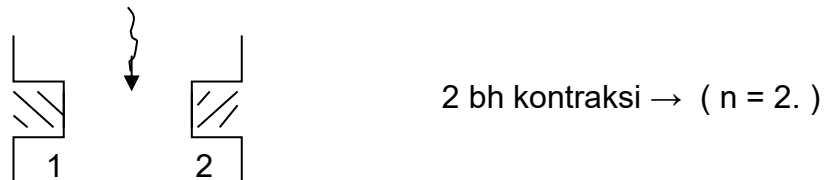
Beberapa Koefisien untuk Pengaliran Dalam Rectanguler Weir

1. Formula Francis's : Memperhitungkan pengaruh dari kontraksi ujung / lateral (End Contraction), yang disebabkan : Kondisi sisi saluran dan ambang yang mempengaruhi kecepatan.
Biasanya lebar ambang tersebut dibagi menjadi beberapa bagian akibatnya terjadi kontraksi (mempengaruhi tinggi "h")



Francis's memperhitungkan setiap bagian = $\frac{1}{10} h$ pengurangan lebar.

Setiap 1 bagian pengaliran = 2 kontraksi



Contoh : 3 bagian pengaliran

n = nomor kontraksi lateral

$2 \times 3 = 6$ kontaksi lateral

Lebar efektif = $b - 0,1 n h$

= $b - 0,1 \times (6) \times h$

= $b - 0,6 h$

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times (b - 0,1 n h) \times \sqrt{2g} \times h^{3/2}$$

1. Formula BAZIN'S (Koefisien Bazin's)

Bahwa koefisien pengaliran (C_d) tersebut bervariasi pada setiap tinggi dari air (h).

$$Q = \frac{2}{3} \times C_d \times b \times \sqrt{2g} \times h^{3/2}$$

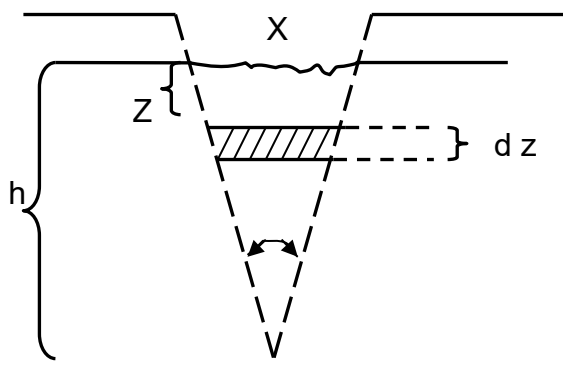
$$\text{Bazin} \rightarrow Q = m \times b \times \sqrt{2g} \times h^{3/2}$$

$$m = \frac{2}{3} C_d$$

Nilai m bervariasi dengan h

$$m = 0,405 + \frac{0,003}{h}$$

PENGALIRAN DALAM TRIANGULAR NOTCH / WEIR



h = tinggi air

θ = sudut dari notch / weir

Z = tinggi air dari permukaan ke bidang partial

dz = tebal bidang partial

X = lebar permukaan

$$\begin{aligned} \tan \frac{\theta}{2} &= \frac{1/2 X}{h} \rightarrow \frac{1}{2} X = \tan \frac{\theta}{2} \cdot h \\ X &= 2 h \cdot \tan \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X' &= \text{Lebar permukaan yang diarsir} \\ &= 2 (h - z) \tan \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Luas area yang diarsir} = 2 (h - z) \tan \frac{\theta}{2} \times dz$$

$$Q = \frac{8}{15} C_d \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times h^{5/2}$$

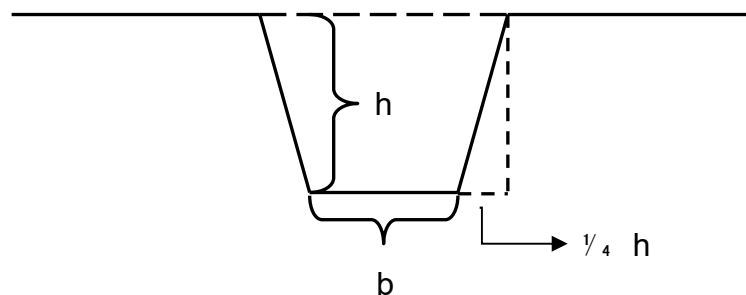
$$\text{Jika } \theta = 90^\circ, C_d = 0,6, g = 9,81 \text{ m/det maka } Q = 1,417 h^{5/2}$$

Keuntungan pemakaian Triangular Notch dibandingkan Rectangular Notch .

1. Jika $\theta = 90^\circ$, $g = 9,81 \text{ m/det}^2$
Rumus Triangular Notch lebih sederhana
2. Triangular lebih tepat / akurat untuk pengukuran dengan V rendah.
3. Triangular Notch dapat dipakai dalam berbagai kecepatan pengaliran dengan cukup kuat.

Pengaliran dalam Cippoletti Weir (TRAPEROIDAL WEIR)

Pelimpahan yang mempunyai perbandingan kemiringan horizontal :
Vertikal = 1 : 4



Tujuan dibuat kemiringan 1 : 4

1. Meningkatkan pengaliran yang melewati bagian Triangularnya dibandingkan dengan bentuk Rectangular.
2. Menghilangkan kontraksi di bagian ujung (End Contraction) sehingga formula Francis's tidak dibutuhkan.

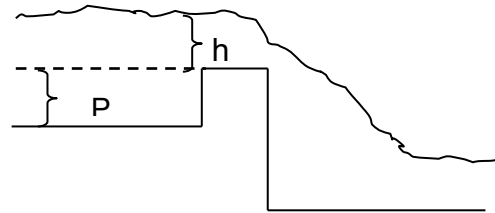
Ada 2 Rumus :

- ◆ Menurut Francis's $Q = 1,84 b \cdot h^{3/2}$
- ◆ Menurut Cippoletti $Q = 1,85 b \cdot h^{3/2}$

Syarat yang harus dipenuhi oleh Cippoletti weir :

1. Ambang dan sisi harus tajam
2. Perbandingan kemiringan horizontal : vertikal 1 : 4
3. Melimpahnya air harus sempurna dan cucurannya bebas
4. Tinggi ambang dari dasar saluran minimum 2 h

$$P \geq 2h$$



5. Pengukuran tinggi air pada tempat dimana permukaan air belum membelok minimal 2 h dari lubang .
6. Kecepatan air di bagian hulu relatif kecil .

Pelimpahan dalam Pelimpahan Ambang Lebar

Ambang lebar jika $H \leq 3/2 l$.

H : tinggi air di bagian A

h : tinggi air di bagian B

V : kecepatan air keluar lubang

Cd : koefisien pengaliran

B : lebar ambang

Rumus Bernouli di A dan B :

$$Z_0 + (P_0 / w) + (V_0^2 / 2g) = Z_i + (P_i / w) + (V_i^2 / 2g)$$

$$H = h + V_1^2 / 2g$$

Luas area pengaliran = b . h

$$\begin{aligned} Q &= C_d \cdot A \cdot V_1 \\ &= C_d \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)} \\ &= C_d \cdot b \cdot (Hh^2 - h^3) \cdot \sqrt{2g} \end{aligned}$$

Secara teoritis pengaliran akan maksimal jika $(h^2 - h^3)$ maksimal. Ini dicapai jika diferensialnya = 0.

$$dQ / dh (Hh^2 - h^3) = 0$$

$$2H \cdot h - 3h^2 = 0$$

$$2H - 3h = 0 \rightarrow h = (2/3) H.$$

$$\text{Jadi } Q_{\text{maks}} = \underline{0,384 \cdot C_d \cdot b \cdot \sqrt{H^3} \cdot \sqrt{2g}}.$$

Pengaliran dalam Saluran Terbuka

Pengaliran dalam saluran terbuka ialah suatu pengaliran air yang disebabkan oleh gravitasi (kemiringan dasar saluran) pada tekanan atmosfer. Kecepatan aliran berbeda sepanjang saluran, maka semua perhitungan berdasarkan kecepatan rata-rata. Terdapat dua jenis pengaliran dalam saluran yaitu aliran uniform dan aliran Non-uniform.

A. Aliran Uniform

Ciri-ciri aliran ini adalah debit, kedalaman air, kecepatan, kemiringan dasar saluran dan irisan melintang saluran tetap sepanjang saluran. Beberapa rumus untuk menghitung debit pada pengaliran ini antara lain :

1. Rumus Chezy

L : Panjang saluran

A : Luas melintang permukaan aliran

V : Kecepatan

P : Keliling basah = $2a + b$

Jari-jari hidrolis (m) = A / P

f : Gaya gesek tiap satuan luas tiap satuan kecepatan

i : Kemiringan x / Y.

Pada aliran ini terdapat gaya gesek antara air dan saluran, serta gaya berat air yang mengalir. Usaha yang dilakukan oleh kedua gaya tersebut besarnya sama. Prinsip ini yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran dan debit.

$$\begin{aligned} \text{Gaya gesek total} &= f \cdot P \cdot L \cdot (V)^n, \quad n \text{ mendekati } 2 \text{ sehingga} \\ &= f \cdot P \cdot L \cdot V^2 \end{aligned}$$

Dalam satu detik Jarak yang ditempuh = $1 \cdot V$, jadi usaha yang dilakukan gaya gesek dalam 1 detik adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{Gaya gesek total} \times \text{Jarak} \\ &= f \cdot P \cdot L \cdot V^2, \quad V = f \cdot P \cdot L \cdot V^3 \end{aligned}$$

Gaya berat air adalah : $W \cdot A \cdot L$ W (Berat jenis)

Dalam 1 detik air tersebut jatuh vertikal sejauh $V \cdot 1$.

Jadi usaha yang dilakukan gaya berat (kehilangan energi potensial) sebesar = Berat . Tinggi

$$= W \cdot A \cdot L \cdot V \cdot i$$

Usaha oleh gaya gesek = Kehilangan energi potensial

$$f \cdot P \cdot L \cdot V^3 = W \cdot A \cdot L \cdot V \cdot i$$

$$V^2 = (W \cdot A \cdot i) / (f \cdot P)$$

$$V = (\sqrt{W / f}) \sqrt{(A / P)} \cdot i$$

$$= C \cdot \sqrt{m \cdot i}$$

$$\text{Jadi } Q = A \cdot V = A \cdot C \cdot \sqrt{m \cdot i}$$

C : Konstanta Chezy

m : Jari-jari hidrolis

2. Rumus Bazin

$$C = 157,6 / (1,81 + K / \sqrt{m})$$

K : Konstanta bazin, tergantung kekasaran permukaan saluran.

Nilai K apabila bangunan dipelster semen halus : 0,11 dan bila bangunan tanah dengan permukaan kasar 3,17

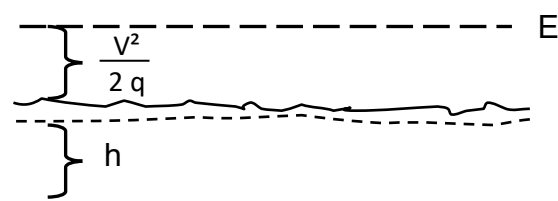
3. Rumus Manning

$$C = m^{1/6} \cdot 1 / N$$

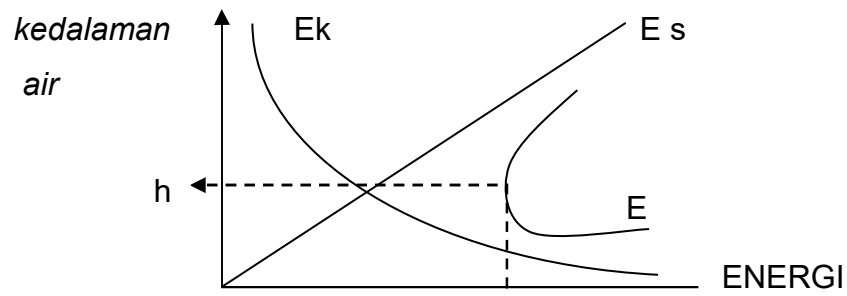
$M = 1 / N =$ Konstanta Manning.

B. Aliran Non-Uniform dalam Saluran Terbuka

1. Energi Spesifik dari Aliran



Energi spesifik : $E = h + V^2 / 2g = E_s + E_k$



Gambar 5 . Hubungan energi dengan kedalaman air .

Kedalaman air dimana energi spesifikasinya minimum disebut kedalaman kritis (h_c) . Kedalaman kritis menentukan tipe aliran dalam saluran :

Streaming flow : $h > h_c$

Critikal flow : $h = h_c$

Shooting flow : $h < h_c$

2. Afflux

Afflux ialah kenaikan kedalaman aliran. Hal ini disebabkan oleh :

1. Kehilangan energi karena gaya gesek lebih kecil daripada kemiringan dasar saluran
2. Ada pengecilan lebar saluran



Gambar 9. Danau Eire dan Pemandangan Kota Chicago

BAB V. KUALITAS AIR

Tujuannya agar memahami kriteria penilaian kualitas air untuk irigasi dan kepekaan tanaman terhadap beberapa parameter kualitas air. Kualitas air dinilai berdasarkan sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologinya. Sifat-sifat fisik adalah :

- Warna
- Kejernihan / Kekeruhan
- Bau
- Daya hantar listrik
- Kedalaman
- Penetrasi cahaya
- Temperatur

Sifat-sifat kimia adalah :

- pH
- Logam berat
- Alkalinitas
- Kadar garam (salinitas)
- BOD (Biological oxygen demand)
- DO (Disolved oxygen)

Sifat-sifat biologi adalah :

- Bakteri
- Benthos

Parameter yang mempengaruhi kualitas air irigasi untuk tanaman adalah :

- ❖ Keasaman (pH)

Kasus pH rendah banyak dijumpai di daerah irigasi pasang surut (pH 3 – 4). Usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pH daerah tersebut antara lain dengan : Pengapuran, drainase, dan

pembakaran gambut sehingga terbentuk abu yang dapat meningkatkan pH tanah.

❖ Logam Berat

Logam berat utama yang sering menimbulkan masalah antara lain : Fe, Mn, Co, Hg, Cu, dan Pb. Besi (Fe) dapat menimbulkan kerusakan pada ginjal, keracunan Mn dapat merusak hati, dan kelebihan Hg akan menimbulkan kerusakan pada syaraf otak manusia. Bila air yang mengandung Hg dipakai untuk mengairi padi, di atas tingkat tertentu bisa mengakibatkan keracunan (0,005 ppm). Keracunan logam berat banyak dijumpai di lingkungan daerah industri di Jakarta dan Bekasi.

Cobalt (Co) yang terkandung dalam air pada keadaan alami 0,0001 ppm, dan dalam air laut 0,0005 ppm. Umumnya berasal dari limbah industri. Jika konsentrasinya mencapai 0,1 ppm akan berbahaya bagi tanaman. Tetapi dibawah itu berfungsi sebagai enzim dalam proses metabolisme.

Dalam air, Mangan (Mn) berupa ion Mn^{2+} atau Mn^{4+} . Dan konsentrasinya di alam kurang dari 0,2 ppm. Jika lebih dari 0,2 ppm bisa berbahaya bagi tanaman. Mn^{2+} mudah teroksidasi menjadi Mn^{4+} .

Molibdenum (Mo) penting untuk sistem enzim tumbuhan, dan untuk fiksasi Nitrogen. Juga berfungsi sebagai koenzim dalam proses sintesa protein. Dalam air berbentuk Molibdenit (MoS_2) dan Molibdat (MoO_4). Tidak berbahaya bagi tanaman, tetapi berbahaya bagi hewan.

Alkalinitas dan Salinitas

1. % Na dapat larut (Soluble Sodium Percentage = SSP)

Menurut Scofield, SSP kurang dari 60 % baik untuk tanaman, tetapi lebih dari 60 % mulai berbahaya bagi pertumbuhan tanaman. Sedangkan Greene SSP baru berbahaya bagi tanaman jika telah mencapai 80 %.

$$\text{SSP} = \frac{\text{Na}^+}{\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} \times 100 \%$$

Uraian singkat mengenai % Na

Persen Sodium menunjukkan jumlah kandungan dibandingkan dengan jumlah seluruh logam alkali yang larut dalam air. Berapa ion yang biasanya diperlukan tanaman dalam jumlah rendah dapat mengakibatkan racun jika tersedia dalam konsentrasi tinggi. Contoh : Cl^- , Na^+ , $\text{CO}_3^{=}$, $\text{SO}_4^{=}$, dan Bo.

Toleransi tanaman terhadap garam berhubungan erat dengan kemampuan tanaman untuk mengontrol masuknya ion Na dan Cl. Kelebihan ion-ion tertentu dapat mengganggu absorpsi ion-ion lainnya. Contoh ; Konsentrasi $\text{SO}_4^{=}$ yang tinggi umumnya menurunkan pengambilan Ca. Tapi sekaligus juga meningkatkan pengambilan Na sehingga tanaman keracunan oleh kelebihan Na. Kandungan Na yang tinggi dalam air menyebabkan tanah terdispersi dan bersifat hidrofilik, yaitu tanah mampu mengikat air dengan kuat sehingga air sukar dimanfaatkan oleh tanaman. Atau dengan kata lain memerlukan energi yang besar untuk membebaskan air yang terikat setelah hidrofilik tadi, agar tersedia bagi tanaman.

2. Nisbah Penyerapan Na (Sodium Absorbtion Ratio = SAR)

Digunakan untuk menduga jumlah Na yang diserap tanah dari air. Bila Na tinggi dalam tanah maka Ca dan Mg akan digantikan oleh Na, dan hal ini berbahaya karena struktur dan permeabilitas tanah akan rusak.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Satuan : me / l

Uraian singkat tentang SAR

Na merupakan salah satu komponen yang menurunkan tekanan air, Absorpsi Na dari air irigasi oleh tanah merupakan fungsi dari perbandingan antara Na dengan ion-ion divalen Ca dan Mg dalam air irigasi. Klasifikasi air irigasi menurut nilai SAR didasarkan pada pengaruh perusak dari Na yang dapat dipertukarkan terhadap sifat tanah dan tanaman.

Bila kadar Na dalam air tinggi, maka Ca dan Mg dalam tanah akan digantikan oleh Na. Dalam hal ini dapat mengakibatkan struktur dan permeabilitas. Pengaruh perusak terhadap tanaman terjadi pada kadar Na yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar Na yang merusak sifat fisik tanah. Contoh : Menurut hasil penelitian Berustein menunjukkan bahwa kerusakan struktur tanah terjadi pada kadar Na yang dapat dipertukarkan 15 %, sedangkan kerusakan pada tanaman dapat terjadi pada kadar Na dd (dapat ditukar) 10 %.

Tabel 3. Kriteria kualitas air berdasarkan nilai SAR (menurut US Salinity Laboratory)

Kriteria	Kisaran DHL (γ mhos / cm)
Sangat Baik	0 - 10
Baik	10 - 18
Cukup	18 - 26
Buruk	26

Salinitas

Masalah salinitas terjadi jika kuantitas garam pada air irigasi cukup besar sehingga akumulasi garam didaerah perakaran tanaman akan sedemikian rupa sehingga tanaman tidak mampu lagi mengisap air (lengas) tanah di daerah perakaran. Penurunan isapan air oleh akar menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman sehingga gejalanya seperti kekurangan air (tanaman layu). Tanaman mengisap sebagian besar air dari bagian atas zone perakaran, sehingga kondisi salinitas di

bagian ini sangat berpengaruh daripada di bagian bawah zone perakaran. Mengelola bagian atas perakaran dengan proses pencucian (*Leaching*) menjadi sangat penting untuk lahan berkadar garam tinggi.

3. Sisa Na Karbonat (Residual Sodium Carbonate = RSC)

Sisa Sodium Karbonat perlu dihilangkan karena Ca dan $\text{CO}_3^{=}$ yang mengendap dapat merusak struktur tanah. Nilai RSC yang layak = 1,25 - 2,5.

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

4. Persentase Magnesium

$$\% \text{Mg} = \frac{\text{Mg}^{++}}{\text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++}} \times 100 \%$$

Satuan : me/l

Kandungan 50 % ke atas sudah berbahaya bagi tanaman.

5. Daya Hantar Listrik (DHL)dalam μ mhos (μ U)

DHL disebabkan oleh adanya zat-zat terlarut dalam air. Makin banyak zat yang terlarut akan makin tinggi nilai DHL.

Semua zat yang terlarut akan dapat menghantarkan listrik, tetapi yang paling dominan adalah Cl. Makin tinggi DHL maka penggunaan air makin terbatas, karena air makin keruh.

Satuan tahanan listrik adalah ohm, sedangkan daya hantar listrik (DHL) atau EC (*electrical conductivity*) adalah kebalikan dari tahanan dan mempunyai satuan kebalikan dari ohm yakni mho. Maka satuan DHL adalah mhos/cm dibakukan pada suhu air 25 °C. Salinitas air dinyatakan dengan satuan : 1 mhos/cm pada suhu air 25 °C = 1.000 mmhos/cm (millimhos/cm) = 1.000.000 μ mhos/cm (mikromhos/cm). Siemen/meter (S/m) = 10 mmhos/cm; mS/cm = mmhos/cm; μ S/cm = μ mhos/cm.

Formula Konversi Satuan :

1 meq/liter \approx 10 x EC (mmhos/cm); ppm (part per million) \approx 1 mg/liter \approx 640 x EC (mmhos/cm); 1 mg/liter = eq.weight x meq/liter.

Nilai DHL dalam air tawar 300 – 400 μ U, dan dalam air laut jauh lebih tinggi lagi. Dalam air laut terdapat 19000 ppm Cl^- dan 900 ppm S^- dan 15 ppm S^- , sedangkan dalam air tawar hanya terdapat 8,3 ppm Cl^- dan 15 ppm S^- . Air tawar mengalir ke laut dan $\text{SO}_4^{=}$ mengendap dilaut, sehingga dilaut $\text{SO}_4^{=}$ terlarut lebih rendah dari kadar di daratan. Cl menyebabkan rasa asin pada air laut jika kadarnya lebih dari 600 ppm.

Tabel 4. Kelas Air Menurut US Salinity Laboratory

Kelas	DHL (μ U / cm) pada 25 °C	DHL	Salinitas (‰)
I	Air dengan salinitas rendah, dapat digunakan untuk irigasi bagi semua jenis tanaman dan tanah tanpa menimbulkan masalah	0 - 250	0,2
II	Air dengan salinitas sedang, dapat digunakan jika ada pencucian ringan, tanaman yang dapat ditanam adalah tanaman yang sedikit toleran terhadap garam	250 - 750	0,2 – 0,5
III	Air dengan salinitas tinggi, tidak dapat digunakan pada tanah yang drainasinya terbatas, perlu perlakuan yang khusus untuk mengontrol salinitasnya, hanya dapat digunakan untuk tanaman yang cukup toleran	750- 2250	0,5 – 1,5
IV	Air dengan salinitas sangat tinggi, tak dapat digunakan sebagai air irigasi pada kondisi normal, tapi kadang-kadang pada keadaan tertentu dapat digunakan jika tanah yang diiri bersifat permeable,	2250-5000	1,5 – 3,0

	drainase cukup baik, diperlukan tanaman yang sangat toleran terhadap salinitas		
--	--	--	--

pH merupakan salah satu faktor pembatas dalam pemeliharaan air. Dalam air Hidrogen terdapat dalam bentuk H_3O^+ .

Tabel 5 . Kriteria kualitas air berdasarkan nilai DHL (menurut Scofield)

Kriteria	Kisaran DHL (μ mhos / cm)
Baik sekali – Baik	250
Baik – Cukup	250 - 750
Buruk	750 – 2250
Sangat Buruk	2250

Tabel 6. Kriteria kualitas air berdasarkan kadar $SO_4^{=}$ dan % Na (menurut Scofield)

Kriteria	% Na	$SO_4^{=}$ (ppm)
Sangat Baik	0 - 20	0 – 4
Baik	20 - 40	4 – 7
Cukup	40 - 60	7 – 12
Kurang	60 - 80	12 – 20
Buruk	80	20

Tabel 7. Klasifikasi kadar Boron (ppm) untuk air irigasi (menurut Scofield)

Kelas Boron	Tanaman		
	Sensitif	Agak toleran	Toleran
1	1, 33	0, 67	1, 00
2	0, 33 – 0, 67	0, 67 – 1, 33	1, 00 – 2, 00
3	0, 67 – 1, 00	1, 33 – 2, 00	2, 00 – 3, 00
4	1, 00 – 1, 25	2, 00 – 2, 50	3, 00 – 3, 75
5	1, 25	2, 50	3, 75

Permeabilitas

Laju infiltrasi tanah akan berkurang akibat dari kandungan garam tertentu atau kekurangan garam tertentu dalam air irigasi. Faktor yang berpengaruh adalah : (a) Kandungan Na relatif terhadap Ca dan Mg, (b) kandungan bikarbonat dan karbonat, dan (c) total kandungan garam dalam air.

Toksisitas atau keracunan terhadap Boron (B), Clorida (Cl) dan Natrium (Na)

Lainnya. Masalah lainnya dalam air irigasi yakni pertumbuhan terlalu cepat, tergenang dan perlambatan pematangan akibat dari kandungan Nitrogen berlebih. Bercak putih pada daun dan buah akibat kandungan berlebih Bicarbonate dalam irigasi curah dan pH abnormal.

Kualitas air dan masalah drainase sering berkaitan, sehingga pengendalian ke dalam air tanah menjadi sangat penting. Garam akan berakumulasi pada bagian atas muka air tanah yang asin, sehingga jika muka air tanah terlalu dekat dengan perakaran tanaman maka tanaman akan terpengaruh. Drainase bawah permukaan sangat diperlukan dalam masalah ini.

Suatu petunjuk (*guidelines*) dalam evaluasi kualitas air irigasi diajukan dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Tingkat kandungan unsur tertentu dalam air yang diduga mengakibatkan masalah tertentu untuk tanaman
- b. Mekanisme interaksi tanah-air-tanaman yang menyebabkan pengurangan produksi
- c. Tingkat bahaya yang akan terjadi pada waktu yang lama
- d. Alternatif pengelolaan untuk mencegah, memperbaiki atau memperlambat akibat negatif



Gambar 10. Lapangan Oval Ohio State University pada musim dingin 2011 dari Lantai 11 Perpustakaan

Tabel 8. Petunjuk untuk interpretasi kualitas air irigasi

Masalah irigasi	Tingkat Masalah		
	Tak ada masalah	Bermasalah	Masalah besar
Salinitas (mempengaruhi ketersediaan air untuk tanaman), EC_w^2 (mmhos/cm)	< 0,75	0,75 ~ 3,0	> 3,0
Permeabilitas (mempengaruhi laju infiltrasi tanah) Adj. SAR untuk tipe liat :			
Montmorillonite (2:1 crystal lattice)	< 6	6 ~ 9	> 9
Illite-Vermiculite (2:1 crystal lattice)	< 8	8 ~ 16	> 16
Kaolinite-sesquioxides (1:1 crystal lattice)	< 16	16 ~ 24	> 24
Toksik ion khusus (mempengaruhi tanaman yang peka)			
Sodium (adj. SAR)	< 3	3 ~ 9	> 9
Chlorida (meq/1)	< 4	4 ~ 10	> 10
Boron (meq/1)	< 0,75	0,75 ~ 2,0	> 2,0
Pengaruh lainnya :			
NO ₃ -N atau NH ₄ -N (mg/1)	< 5	5 ~ 30	> 30
NCO ₃ (meq/1) untuk irigasi curah	< 1,5	1,5 ~ 8,5	> 8,5
pH	Normal antara 6,5 ~ 8,4		

Tabel 9. Analisis laboratorium yang diperlukan untuk evaluasi kualitas air

No	Parameter	Simbol	Satuan	Berat ekivalen
1	Hantaran listrik	ECw	Mmhos/cm	
2	Kalsium	Ca	meq/1	20
3	Magesium	Mg	meq/1	12, 2
4	Natrium	Na	meq/1	23
5	Karbonat	CO ₃	meq/1	30
6	Bikarbonat	HCO ₃	meq/1	61
7	Khlorida	Cl	meq/1	35, 4
8	Sufat	SO ₄	meq/1	48
9	Boron	B	mg/1	
10	Nirat-Nitrogen ¹⁾	NO ₃ - N	mg/1	14
11	Acidity – Alkalinity ²⁾	pH	pH	
12	Adjusted Sodium Adsorption Ratio ³⁾	Adj.SAR		
13	Kalium (potassium)	K	meq/1	39, 1
14	Lithium ⁴⁾	Li	mg/1	7
15	Besi ⁴⁾	Fe	mg/1	
16	Ammonium – Nitrogen ⁴⁾	NH ₄ -N	mg/1	14
17	Posfat Phosphorous ⁴⁾	PO ₄ -P	mg/1	31

¹⁾ NO₃-N berarti Nitrogen dalam bentuk Nitrat (NO₃), NH₄-N berarti Nitrogen dalam bentuk Amonium (NH₄)

²⁾ Acidity (pH 1~7), Alkalinity (pH 7~14) (Netral (pH 7))

³⁾ Prosedur perhitungan diberikan dibawah

⁴⁾ Diperlukan hanya pada kondisi khusus

Masalah Salinitas

Kebanyakan garam dari air irigasi akan tinggal di daerah perakaran tanaman dan terakumulasi. Untuk mencegah akumulasi garam melewati batas tertentu, diperlukan sejumlah air untuk berperkolasi dan melarutkan garam tersebut (*leaching*). Jumlah untuk pencucian (*leaching*) merupakan *leaching fraction* (LF) didefinisikan sebagai bagian dari air irigasi yang berperkolasi di daerah perakaran tanaman.

Pengaruh salinitas tanah pada hasil tanaman

Keperluan dasar untuk pertumbuhan optimum adalah evapotranspirasi tanaman (ET) yang terdiri dari dua komponen evaporasi (E) dan transpirasi (T). Lengas tanah tersedia untuk tanaman dinyatakan dengan potensial lengas tanah yang mengukur besarnya gaya dimana air ditahan oleh partikel tanah. Salinitas mempengaruhi ketersediaan air menjadi lebih kecil, karena adanya dampak tekanan osmotik. Secara umum besarnya tekanan osmotik dapat dihitung dengan persamaan :

$$OP = - 0.36 \times EC$$

OP : potensial osmotik (bar)

EC : hantaran listrik larutan (mmhos/cm)

- 0.36 adalah factor konversi tanda negatif menunjukkan bahwa gaya bekerja pada arah potensial yang berkurang.

Jika dua jenis tanah dengan lengas tanah yang sama, tetapi berada pada tanah yang bebas garam (A) dan yang kandungan garamnya tinggi (B). Maka tanaman yang sama akan mampu mengekstrak air lebih banyak pada tanah A daripada tanah B.

Tabel 10. Toleransi tanaman terhadap salinitas

Tanaman	Fields Crops									
	Penurunan Hasil (%)								Ma ks ¹⁾	
	0		10		25		50			
EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e		
Kapas (<i>Gossypium hirsutum</i>)	7.7	5.1	9.6	6.4	13	18.4	17	12	28	
Gandum (<i>Triticum aestivum</i>)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13	8.7	20	
Kedelai (<i>Glycine max</i>)	5.0	3.3	5.5	3.7	6.2	4.2	7.5	5.0	10	
Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>)	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.2	18	
Kacang tanah (<i>Arachis hipogea</i>)	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.5	
Padi (<i>Oriza sativa</i>)	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11.5	
Sesbania (<i>Sesbania macrocarpa</i>)	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	16.5	
Jagung (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	
Kacang (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.5	
Korma (<i>Phoenix dactylifera</i>)	4.0		2.7	6.8	4.5	10.9	7.3	17.9	12	32
Zaitun (<i>Olea europaea</i>)	2.7		1.8	3.8	2.6	5.5	3.7	8.4	5.6	14
Jeruk (<i>Citrus sinensis</i>)	1.7		1.1	2.3	1.6	3.2	2.2	4.8	3.2	8
Apel (<i>Pyrus malus</i>) dan Pear (<i>Pyrus communis</i>)	1.7		1.0	2.3	1.6	3.3	3.2	4.8	3.2	8
Anggur (<i>Vitis sp</i>)	1.5		1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12
Alpukat (<i>Persea Americana</i>)	1.3		0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	3.7	2.4	6
Strawberi (<i>Fragaria spp</i>)	1.0		0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4
Brokoli (<i>Brassica italic</i>)	2.8		1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	13.5
Tomat (<i>Lycopersicon esculantum</i>)	2.5		1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	12.5

Timun (<i>Cucumis sativus</i>)	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10
Bayam (<i>Spinacia oleracea</i>)	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15
Kubis (<i>Brassica oleracea capitata</i>)	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12
Kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10
Ubi jalar (<i>Ipomea batatas</i>)	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	10.5
Lada (<i>Capsicum frutescens</i>)	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.5
Bawang (<i>Allium cepa</i>)	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.5
Wortel (<i>Daucus carota</i>)	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.1	8



Gambar 11. Salju di pegunungan Alaska dari atas pesawat

BAB VI. KEBUTUHAN AIR TANAMAN

Menunjukkan pada kebutuhan air utama bagi tanaman merupakan suatu fungsi antara hubungan tanah dengan lingkungannya (iklim mikro dan tanah).

Pemakaian konsumtif (Consumtiv use) :

Merupakan kehilangan air melalui penguapan dari tanah dan transpirasi (Evapotranspirasi/ ET)

Tabel 11. Konsumsi air rata-rata (Evaportranspirasi) untuk beberapa tanaman.

Jenis Tanaman	Konsumsi Perbulan (mm)	Periode (bulan)	Konsumsi air total Per periode tumbuh (mm)
Padi	150 – 200	5	750 – 1000
Jagung	85 – 100	4	350 – 400
Kacang tanah	80 – 100	5	400 – 500
Kedelai	75 - 100	3,5	300 - 350

EVAPOTRANSPIRASI : Menurut → Iklim

→ Tanaman

Pengaruh iklim terhadap kebutuhan Air (ET)

4 Metode pengukuran ET₀ (ET Potensial)

- Blaney – Criddle
- Radiasi
- Penman
- Evaporasi Pan

Pemilihan metode berdasarkan data klimat yang tersedia dan ketepatan yang diperlukan untuk menentukan kebutuhan air. Berikut adalah data yang diperlukan untuk metode pengukuran evapotranspirasi :

Metode	T	RH	Angin	Matahari	Radiasi	E
Blaney – C	√	•	•	•		
Radiasi	√	•	•	√	(√)	
Penman	√	√	√	√	(√)	
Ev. Pan		•	•			√

√ = data terukur

(√) = jika tersedia, tidak mutlak

• = data pendugaan

T = temperatur

RH = kelembaban

E = evaporasi

$$ET = k \cdot ET_0$$

Tabel 12. Jumlah air yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman palawija dan sayuran.

Jenis Sayuran	Pertumbuhan tanaman (hari)	Jumlah air yang diperlukan (mm)
Jagung	90 – 100	610
Kacang kedelai	120 – 150	530
Kacang tanah	140 – 160	580
Tomat	80 – 100	460
Bawang merah	90 – 120	460
Bawang putih	90 – 130	360
Wortel	40 – 60	300
Putsai	40 – 60	300
Kubis	70 – 90	300

Pengukuran ET

Empiris → Blaney – Criddle

$$U = k \cdot p \frac{(45,7 t + 813)}{100}$$

U = Evapotranspirasi bulanan (mm)

k = Koefisien tanaman

p = % Jam siang bulanan dalam setahun

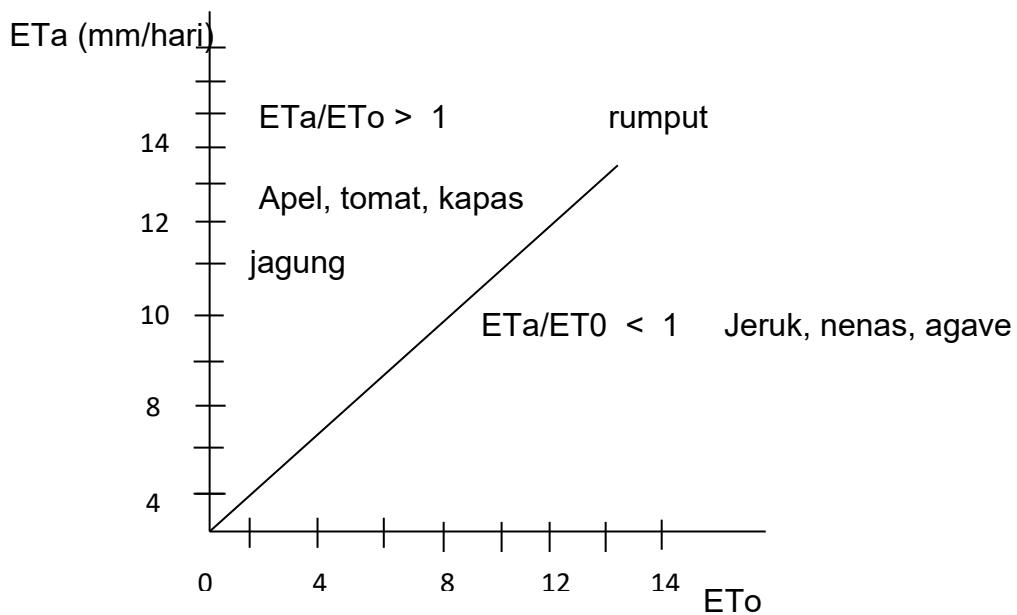
t = Suhu udara rata-rata bulanan (°C)

Pengaruh ciri tanaman terhadap kebutuhan air ditunjukkan oleh koefisien tanaman (k) dimana :

$$\text{Consumptive use coefficient (k)} = \frac{ETa}{ETo}$$

Nilai “k” bervariasi tergantung :

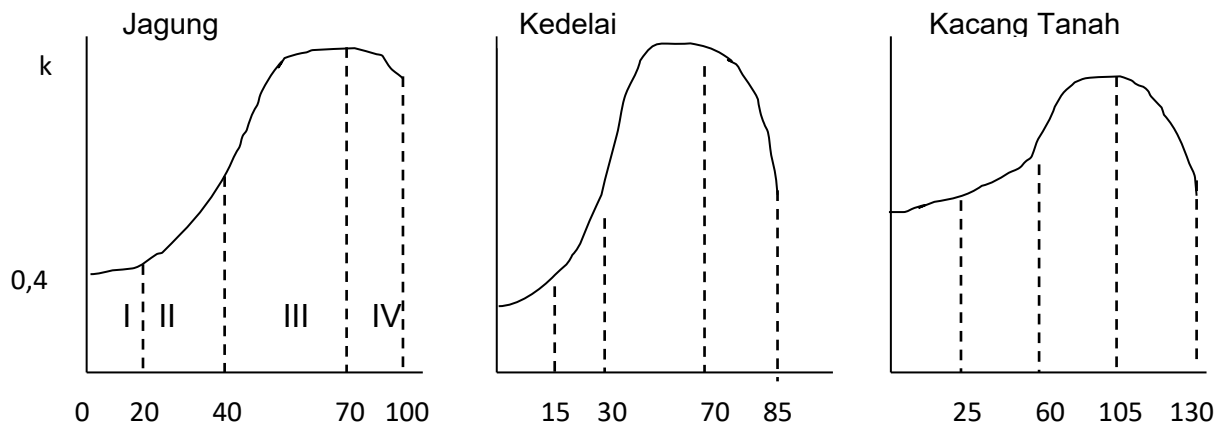
- Macam tanaman
- Tahap pertumbuhan
- Musim
- Kondisi cuaca



Gambar 12 : Hubungan antara ETa dan ET₀

Tidak sama antara kelompok tanah disebabkan oleh ketahanan tanaman Ts.

Tahap Pertumbuhan Tanaman



- I. Tahap perkecambahan
- II. Tahap I s/d penutupan tanah
- III. Tahap II s/d pembungaan (sereal) atau pembentukan biji
- IV. Tahap III s/d panen

Panen biji nilai k turun, pada Sweet corn nilai k turun lebih sedikit

Pada tahap II nilai k turun karena senesen daun sehingga transpirasi turun

Kebutuhan Konsumtif dan Produksi Tanaman

Efisiensi pemakaian air (Water Use Efficiency = WUE)

$$\text{WUE} = \frac{\text{Dry Matter Production}}{\text{Evapotranspiration}} \quad \text{g DM / kg water}$$

Menunjukkan nilai ekonomi dari tanaman

$$\text{Water Requirement} = \frac{\text{Evapotranspiration}}{\text{Dry Matter Production}}$$

WUE = Tidak menunjukkan terhadap ketahanan kekeringan (*drought resistance*) tapi menunjukkan hubungan antara jumlah air yang dipakai dengan produksi tanaman.

Drought Resistance = Ketahanan (*survival*) menghadapi keadaan suboptimal dimana ketersediaan air kurang (*water stress*).

Tanaman yang tahan kering tidak selalu efisien dalam pemakaian air bila lingkungannya berada dalam kondisi optimal.

WUE tanaman $C_4 > C_3$

Spesies	Rumput	Dikotil
	g DM / kg water	
C_3	1, 49	1, 59
C_4	3, 14	2, 44

C_4 : - Fotosintesa tinggi

- Lajur pertumbuhan tinggi sehingga Produksi meningkat

Pada tanaman CAM (Crassulacean Acid Metabolism) nilai WUE $\gg C_4$

dan C_3 Contoh : Nanas \rightarrow WUE 20 g BK / kg Air

Pada saat air kurang tanaman CAM : - Stomata menutup

- Succulent (daun)

Evapotranspirasi dipengaruhi oleh :

- Ketersediaan air

- Penutupan tanah oleh kanopi

- Jenis tanaman

Tabel 13 : Produksi dan WUE beberapa tanaman yang diairi dengan baik.

Tanaman	Periode tumbuh (hari)	k	ET harian (mm)	WR (g air / g BK)	WUE (g BK / g air)
Jagung (C ₄)	135	0,75	6,9	338	2,58
Shorgum (C ₄)	110	0,78	5,3	402	2,49
Kentang (C ₃)	128	0,65	4,2	532	1,88
Sugar Beet (C ₃)	190	0,72	4,1	606	1,65
Gandum (C ₃)	112	0,66	4,2	613	1,63
Kedelai (C ₃)	113	0,76	5,3	704	1,42
Alfalfa (C ₃)	195	0,67	4,7	995	1,04

Kebutuhan air bagi tanaman berkaitan dengan kebutuhan air untuk irigasi (diutamakan untuk padi sawah).

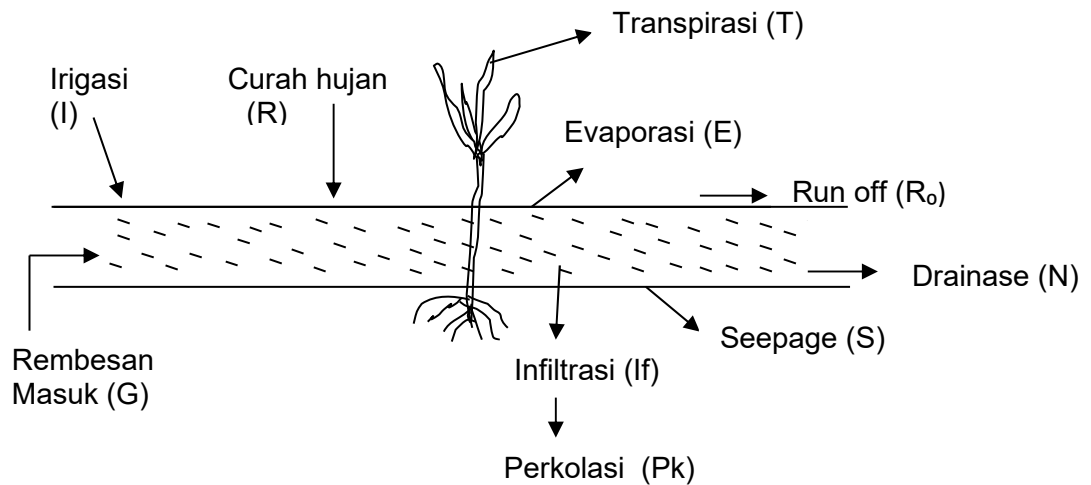
Perhitungan kebutuhan air bagi pertanian tujuan untuk menentukan dengan tepat jumlah kebutuhan air yang harus dialirkan/ diberikan pada tanaman.

Ada 3 pengertian :

1. Kebutuhan air tanaman (Crop Water Requirement) yaitu jumlah air yang digunakan untuk pemakaian konsumtif (Evapotranspirasi) dan air yang hilang melalui perkolasi.

$$CWR = ET + P$$

Neraca air pada sistem Penggenangan (Padi Sawah)



Neraca Air :

$$I + R + G = T + E + R_0 + IF + Pk + N + S + \dots$$

2. Kebutuhan air pada level usaha tani (Farm Water Requirement = FWR)

Yaitu : Jumlah air yang diperlukan untuk suatu kelompok petak persawahan (petak tersier). Meliputi kebutuhan air untuk :

- CWR (tanaman)
- Penjenuhan / Pengolahan tanah
- Evaporasi (air – tanah)
- Limpahan (Run off)
- Kebocoran (Seepage)

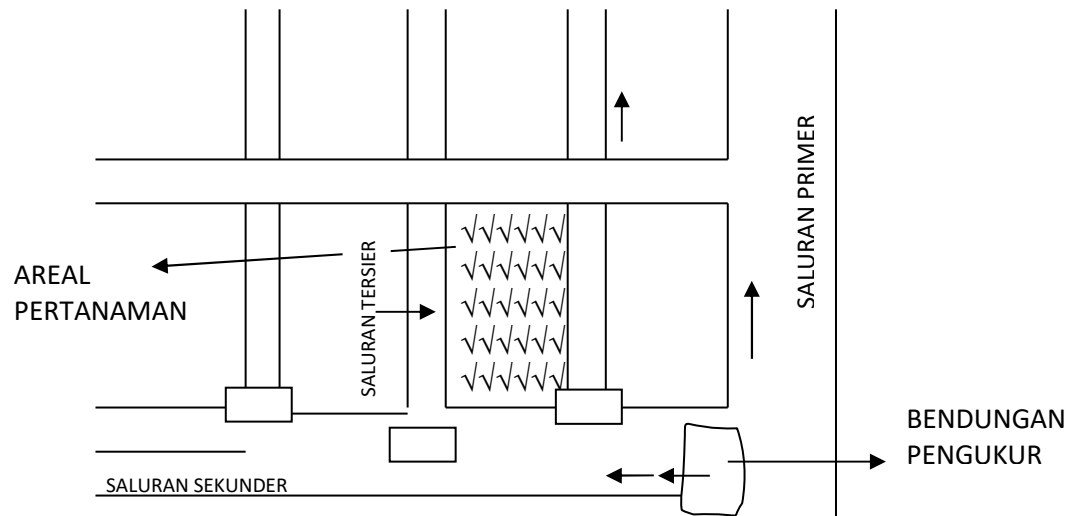
$$FWR = CWR + \text{Penjenuhan} + R_0 + S + N \dots$$

→ Pendekatan yang lebih lengkap dari CWR

3. Kebutuhan Air Irigasi (Irrigation Water Requirement = IWR)

Yaitu : Jumlah air yang harus dimasukkan ke jaringan irigasi, melalui pintu pengambilan utama (tersier, sekunder, primer ataupun saluran induk) di daerah sumber sesuai dengan kebutuhan.

Dalam perhitungan harus memperhitungkan juga jumlah air yang hilang di saluran pengangkut ke petak persawahan.



Tabel 14 : Harga pendekatan jumlah kebutuhan air perhari untuk beberapa jenis Tanaman.

Kebutuhan untuk	Tanaman	Jumlah kebutuhan (mm / hari)
1. Evapotranspirasi	Jagung	2,8 – 3,4
	Kentang	3 – 4
	Padi Sawah	5 – 6,5
2. Perkolasi		1 - 10
3. Penjenuhan	Padi Sawah	4 - 30
4. Pertumbuhan	Padi Sawah	9 – 20
5. Persemaian	Padi sawah	3 - 5

*Tergantung jenis tanah dan keadaan air tanah.

Pendekatan Agronomi yaitu penghitungan didasarkan pada kebutuhan air pada setiap tahapan kegiatan dan tingkat pertumbuhan tanaman.

Tabel 15. Kebutuhan air berdasarkan tahapan agronomi

Tahapan Agronomi	Jangka Waktu (minggu)	Jumlah Kebutuhan Air	
		mm / hari	l / det / ha
1. Pengolahan tanah	6	12,0	1,4
2. Pembibitan	2	3,5	0,4
3. Pertumbuhan dan penelitian	10	10,4	1,2
4. Mejelang panen	2	1,7	0,2



Gambar 13. Jembatan Sungai Olentangy ditengah Kampus Ohio State University

BAB VII. IRIGASI

Irigasi adalah usaha pemberian air secara buatan dengan tujuan menyediakan kelembaban yang penting untuk pertumbuhan tanah. Strategi pembangunan yang sesuai untuk negara agraris seperti Indonesia adalah menetapkan prioritas yang tinggi pada peningkatan produktivitas dan kualitas pertaniannya. Irigasi menjadi tuntutan sekaligus kebutuhan untuk peningkatan produktivitas dan kualitas pertanian.

Saat ini pemerintah sedang berusaha memajukan pertanian. Hal ini tampak dari campur tangan pemerintah. Usaha pemerintah sangatlah wajar dan tidak berlebihan mengingat dahulu Indonesia pernah mengalami masa kejayaan sebagai pengeksport hasil pertanian. Dalam memajukan pertanian perlu diperhatikan faktor-faktor pendukung yang

mempengaruhi. Seperti halnya masalah kebutuhan air tanaman yang dapat selalu diperhatikan dengan sistem irigasi. Indonesia memiliki begitu banyak saluran irigasi. Tetapi dilain pihak banyak masyarakat yang belum begitu mengetahui apa itu irigasi? Luas dataran yang beririgasi di dunia adalah lebih dari 233 juta hektar. Hasil penelitian luas dataran beririgasi yang lengkap yang dilakukan oleh *International Commission for Irrigation and Drainage*. Jumlah daerah yang ditanami diperkirakan 233.637.000 hektar dimana merupakan 16 persen dari daerah yang ditanami.

Peran teknologi memegang peran sangat besar dalam pengembangan pertanian Indonesia. Prasyarat teknologi bagi pengembangan pertanian Indonesia yang saling berinteraksi secara dinamis antara lain: *technoware* (fasilitas fisik), *humanware* (SDM), *infoware*, serta *orgaware* (organisasi). Secara spesifik, *infoware* merupakan fakta dan informasi yang tercatat, seperti desain, spesifikasi, dan cetak biru yang memungkinkan cepat dipelajari, serta berbagai informasi, misalnya database. Ini berarti sistem informasi memegang peran dalam pengembangan teknologi bidang pertanian.

Irigasi bagian dari water management

Mengapa perlu irigasi ? dasar pertimbangan :

- Manfaatnya untuk peningkatan produksi atau kualitas tanah.
- Berapa jumlah kebutuhan air
- Potensi sumber daya air yang ada cukup atau tidak (kualitas ?)
- Sistem irigasi.

Di Indonesia

- Prioritas padi sawah
- Sedikit penelitian yang intensif metode irigasi untuk tanaman hortikultura
- Irigasi yang baik sangat mahal, jaminan agribisnis belum ada → kerugian

Pengembangan areal pertanian (hortikultura)

- Lahan kritis
 - Lahan kering
 - Pasang surut dll
- } Masalah pengelolaan air tergantung perbaikan jaringan irigasi

A. Sejarah Irigasi di Indonesia

Aspek kesejarahan irigasi di Indonesia dapat dibagi menjadi 5 adalah sebagai berikut:

1. Era Pra-Kolonial

Dalam pembangunan keirigasian di Indonesia, era pra-kolonial ditandai dengan wujud kegiatan keirigasian ditandai kuatnya kearifan lokal yang sangat tinggi. Teknologi dan kelembagaan lokal sangat menentukan keberadaan sistem irigasi saat itu. Sistem irigasi yang ada umumnya mempunyai skala luasan areal yang kecil dan terbatas. Sehingga pada era pra-kolonial ini sangat menaruh perhatian pada kapital sosial dari masyarakat sendiri.

2. Era Kolonial

Pada era kolonial ini, pembangunan keirigasian sudah mulai diintervensi oleh kepentingan pemerintah kolonial. Pembangunan dan pengelolaan irigasi yang sebelumnya banyak dikelola oleh masyarakat, sebagian telah diasimilasikan dengan pengelolaan melalui birokrasi pemerintah. Teknologi yang digunakan dan kelembagaan pengelola juga sudah dikombinasikan antara kemampuan masyarakat lokal dengan teknologi dan kelembagaan yang dibawa oleh pemerintah kolonial. Akibatnya manajemen pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi merupakan kombinasi antara potensi kapital sosial yang ada di masyarakat dengan kemampuan birokrasi pemerintah kolonial.

3. Era Revolusi/Pasca Kolonial

Pada era ini kegiatan keirigasian tidak banyak dilakukan, karena pemerintahan waktu itu masih memprioritaskan pembangunan politik yang diwarnai terjadinya polarisasi kekuatan politik internasional pasca perang dunia ke-2, serta suasana konfrontasi dengan negara tetangga waktu itu. Sehingga kondisi peran kapital sosial dalam pembangunan dan pengelolaan irigasi secara eksisting tidak banyak berbeda dengan era kolonial.

4. *Era Orde Baru.*

Era Orde Baru oleh sebagian pengamat disebut sebagai kebangkitan rezim pemerintah. Pada era ini ditandai dengan kebangkitan peran pemerintah dalam memperkuat sektor pangan nasional. Sehingga aspek pembangunan dan rehabilitasi besar-besaran di bidang irigasi, banyak dilakukan oleh pemerintah. Pada era ini, pemerintah berhasil menggantikan undang-undang pengairan versi pemerintah Kolonial, menjadi UU No. 11/1974 tentang Pengairan. Akibat sangat kuatnya orientasi pemerintah untuk meraih swa-swembada pangan/beras, maka kegiatan pengembangan dan pengelolaan irigasi banyak dilakukan oleh pemerintah. Pendekatan tersebut berakibat pada ditinggalkannya kapital sosial masyarakat lokal dalam keirigasian, dan bahkan banyak terjadi marginalisasi kapital sosial masyarakat. Pendekatan tersebut membawa konsekuensi ketidakjelasan peran masyarakat dalam keirigasian, yang akibat selanjutnya menjadi masyarakat lokal yang pasif.

5. *Era Pasca Orde Baru/Reformasi.*

Era ini lahir sebagai respons masyarakat terhadap sistem pembangunan dan pendekatan pembangunan yang totaliter dan sentralistis. Sehingga masyarakat menuntut adanya reformasi pelaksanaan dan pendekatan pembangunan, termasuk melakukan regulasi ulang dalam berbagai sektor pembangunan. Dalam era ini lahir UU No. 7/2004 tentang Sumberdaya Air, dan PP No. 20/2006 tentang Irigasi. Seharusnya pada era ini tidak mengulang pendekatan pembangunan sebagaimana yang terjadi pada era Orde Baru, dimana

pemerintah sangat mendominasi perencanaan dan pelaksanaan pembangunan. Pada era ini perlu dibangun suatu sistem dan mekanisme pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi yang memberi peran yang lebih nyata kepada masyarakat. Era ini perlu dijadikan era kebangkitan kapital sosial masyarakat dalam sistem keirigasian Indonesia pada saat sekarang dan kedepan.

B. Sistem-sistem Irigasi

Ditinjau dari proses penyediaan, pemberian, pengelolaan dan pengaturan air, sistem irigasi dapat dikelompokkan sebagai berikut :

A. Irigasi Permukaan

1. Irigasi Penggenangan
 - a. Basin
 - b. Border
2. Irigasi Alur
3. Irigasi Korugasi
4. Irigasi Curah
5. Irigasi Tetes

1. Sistem Irigasi Permukaan (*Surface Irrigation System*)

Irigasi permukaan merupakan metode pemberian air yang paling awal dikembangkan. Irigasi permukaan merupakan irigasi yang terluas cakupannya di seluruh dunia terutama di Asia. Sistem irigasi permukaan terjadi dengan menyebarkan air ke permukaan tanah dan membiarkan air meresap (infiltrasi) ke dalam tanah. Air dibawa dari sumber ke lahan melalui saluran terbuka baik dengan atau lining maupun melalui pipa dengan head rendah. Investasi yang diperlukan untuk mengembangkan irigasi permukaan relatif lebih kecil daripada irigasi curah maupun tetes kecuali bila diperlukan pembentukan lahan, seperti untuk membuat teras.

Sistem irigasi permukaan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu peluapan dan penggenangan bebas (tanpa kendali) serta peluapan penggenangan secara terkendali. Sistem irigasi permukaan yang paling sederhana adalah peluapan bebas dan penggenangan. Dalam hal ini air

diberikan pada areal irigasi dengan jalan peluapan untuk menggenangi kiri atau kanan sungai yang mempunyai permukaan datar. Sebagai contoh adalah sistem irigasi kuno di Mesir. Sistem ini mempunyai efisiensi yang rendah karena penggunaan air tidak terkontrol.

Sistem irigasi permukaan lainnya adalah peluapan dan penggenangan secara terkendali. Cara yang umum digunakan dalam hal ini adalah dengan menggunakan bangunan penangkap, saluran pembagi saluran pemberi, dan peluapan ke dalam petak-petak lahan beririgasi. Jenis bangunan penangkap bermacam-macam, diantaranya adalah (1) bendung, (2) intake, dan (3) stasiun pompa.

1. Irigasi penggenangan

a. Basin (irigasi kolam)

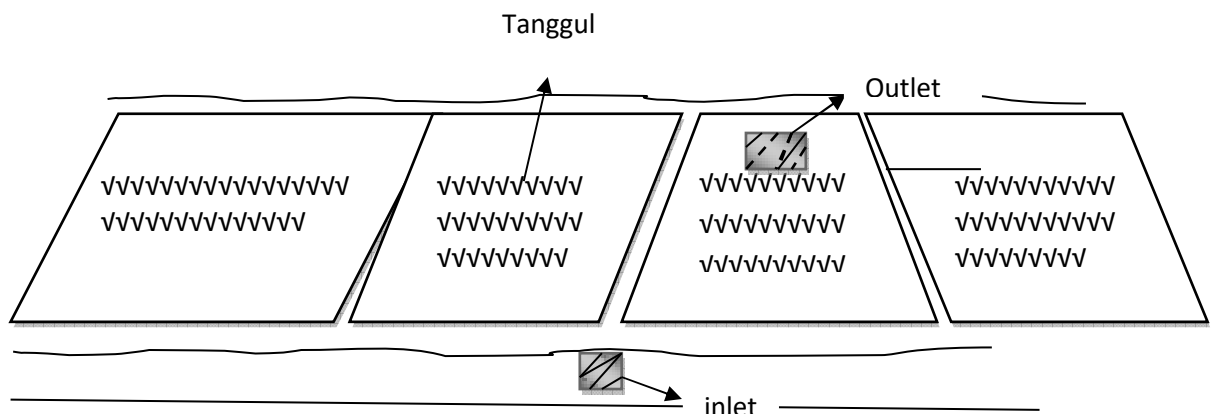
Pada sistem ini air masuk ke petakan melalui inlet dan keluar melalui outlet.

Kelemahan sistem ini :

- Pematang menghalangi gerakan alat pertanian
- Pada lahan datar sulit membuang kelebihan air
- Tidak bisa untuk tanah yang tidak tahan genangan

Ukuran petak tergantung pada :

- Debit : Debit besar → Luas
- Tekstur : Tanah liat → Luas
- Kemiringan : Semakin miring → Lebar teras semakin kecil



b. Border

Hampir sama dengan basin, ukuran lebih luas, lebar 3 – 30 m, panjang 100 – 800 m. Cocok untuk tanah dengan perakaran dalam.

Tabel 16. ukuran border berdasarkan tekstur tanah

Tekstur	Kec.Infiltrasi mm/jam	Lereng %	Ukuran border		Aliran l /det
			Lebar (m)	Panjang (m)	
Pasir	≥ 25	0,2	15-30	60-90	220-450
		0,4	10-12	60-90	100-120
		0,8	5-10	75	30-70
Lempung	7 – 25	0,2	15-30	250-300	70-140
		0,4	10-12	90-180	40-50
		0,8	5-10	90	12-25
Liat	2,5 - 7	0,2	15-30	350-800	45-90

		0,4	10-12	180-300	30-40
--	--	-----	-------	---------	-------

2. Irigasi Alur

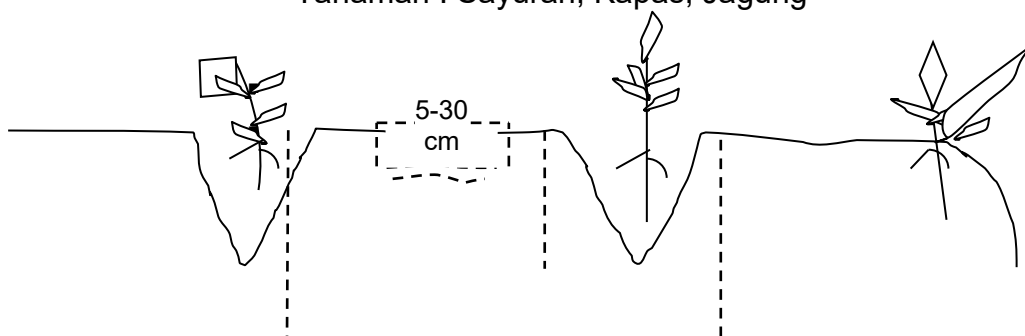
Sistem irigasi permukaan (*Surface irrigation*), khususnya irigasi alur (*Furrow irrigation*) banyak dipakai untuk tanaman palawija, karena penggunaan air oleh tanaman lebih efektif. Sistem irigasi alur adalah pemberian air di atas lahan melalui alur, alur kecil atau melalui selang atau pipa kecil dan mengalirkannya sepanjang alur dalam lahan.

Suatu daerah irigasi permukaan terdiri dari susunan tanah yang akan diairi secara teratur dan terdiri dari susunan jaringan saluran air dan bangunan lain untuk mengatur pembagian, pemberian, penyaluran, dan pembuangan kelebihan air. Dari sumbernya, air disalurkan melalui saluran primer lalu dibagi-bagikan ke saluran sekunder dan tersier dengan perantaraan bangunan bagi dan atau sadap tersier ke petak sawah dalam satuan petak tersier. Petak tersier merupakan petak-petak pengairan/pengambilan dari saluran irigasi yang terdiri dari gabungan petak sawah. Bentuk dan luas masing-masing petak tersier tergantung pada topografi dan kondisi lahan akan tetapi diusahakan tidak terlalu banyak berbeda. Apabila terlalu besar akan menyulitkan pembagian air tetapi apabila terlalu kecil akan membutuhkan bangunan sadap. Ukuran petak tersier diantaranya adalah, di tanah datar : 200-300 ha, di tanah agak miring : 100-200 ha dan di tanah perbukitan : 50-100 ha.

Pemberian air dilakukan dengan mengalirkan air dalam saluran kecil atau alur dalam petakan, air merembes ke sawah dan kesamping alur.

Metode ini cocok untuk :

- Permeabilitas tanah sedang
- Kemiringan lahan $\leq 3\%$
- Tanaman : Sayuran, Kapas, Jagung

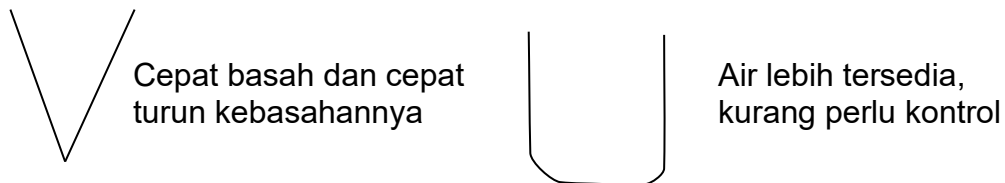


15 - 20 cm



Panjang alur tergantung kemiringan lahan dan tekstur

Bentuk saluran ada 2, yaitu :



2. Irigasi korugasi

Merupakan variasi irigasi alur dengan kedalaman alur 10 cm, bedengan tidak ditinggikan, selama irigasi seluruh permukaan tanah terbatas, jarak antara korugasi 20 – 75 cm. Cocok untuk tanah yang ditanam bukan pada barisan (tanah merambat), pada tanah medium. Debit air tergantung dari kecepatan infiltrasi dan panjang korugasi.

4. Sistem irigasi dengan pancaran (*sprinkle irrigation*)/ Irigasi Curah

Irigasi curah atau siraman (*sprinkle*) menggunakan tekanan untuk membentuk tetesan air yang mirip hujan ke permukaan lahan pertanian. Disamping untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Sistem ini dapat pula digunakan untuk mencegah pembekuan, mengurangi erosi angin, memberikan pupuk dan lain-lain. Pada irigasi curah air dialirkan dari sumber melalui jaringan pipa yang disebut *mainline* dan *sub-mainline* dan ke beberapa *lateral* yang masing-masing mempunyai beberapa mata pencurah (*sprinkler*).

Sistem irigasi curah dibagi menjadi dua yaitu *set system* (alat pencurah memiliki posisi yang tepat), serta *continius system* (alat pencurah dapat dipindah-pindahkan). Pada *set system* termasuk ; *hand move*, *wheel line lateral*, *perforated pipe*, *sprinkle* untuk tanaman buah-

buah dan gun sprinkle. Sprinkle jenis ini ada yang dipindahkan secara periodic dan ada yang disebut fixed system atau tetap (main line lateral dan nozel tetap tidak dipindah-pindahkan). Yang termasuk continius move system adalah center pivot, linear moving lateral dan traveling sprinkle (Keller dan Bliesner, 1990).

Menurut Hansen et. Al (1992) menyebutkan ada tiga jenis penyiraman yang umum digunakan yaitu nozel tetap yang dipasang pada pipa, pipa yang dilubangi (*perforated sprinkle*) dan penyiraman berputar. Sesuai dengan kapasitas dan luas lahan yang diairi serta kondisi topografi, tata letak system irigasi curah dapat digolongkan menjadi tiga yaitu:

- a. *Farm system*, system dirancang untuk suatu luas lahan dan merupakan satu-satunya fasilitas pemberian air irigasi
- b. *Field system*, system dirancang untuk dipasang di beberapa lahan pertanian dan biasanya dipergunakan untuk pemberian air pendahuluan pada letak persemaian,
- c. *Incomplete farm system*, system dirancang untuk dapat diubah dari farm system menjadi field system atau sebaliknya.

Berapa kelebihan sistem irigasi curah dibanding desain konvensional atau irigasi gravitasi antara lain :

- a. Sesuai untuk daerah-daerah dengan keadaan topografi yang kurang teratur dan profil tanah yang relative dangkal.
- b. Tidak memerlukan jaringan saluran sehingga secara tidak langsung akan menambah luas lahan produktif serta terhindar dari gulma air
- c. Sesuai untuk lahan berlereng tanpa menimbulkan masalah erosi yang dapat mengurangi tingkat kesuburan tanah.

Sedangkan kelemahan sistem irigasi curah menurut Bustomi (1999), adalah:

- a. Memerlukan biaya investasi dan operasional yang cukup tinggi, antara lain untuk operasi pompa air dan tenaga pelaksana yang terampil.

- b. Memerlukan rancangan dan tata letak yang cukup teliti untuk memperoleh tingkat efisiensi yang tinggi.

Menurut Keller (1990) efisiensi irigasi curah dapat diukur berdasarkan keseragaman penyebaran air dari sprinkle. Apabila penyebaran air tidak seragam maka dikatakan efisiensi irigasi curah rendah. Parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi keseragaman penyebaran air adalah *coefficient of uniformity* (CU). Efisiensi irigasi curah yang tergolong tinggi adalah bila nilai CU lebih besar dari 85%.

Berdasarkan penyusunan alat penyemprot, irigasi curah dapat dibedakan ; (1) system berputar (*rotaring hed system*) terdiri dari satu atau dua buah nozzle miring yang berputar dengan sumbu vertical akibat adanya gerakan memukul dari alat pemukul (*hammer blade*). Sprinkle ini umumnya disambung dengan suatu pipa peninggi (*riser*) berdiameter 25 mm yang disambungkan dengan pipa lateral, (2) system pipa berlubang (*perforated pipe system*), terdiri dari pipa berlubang-lubang, biasa dirancang untuk tekanan rendah antara 0,5-2,5 kg/cm² , hingga sumber tekanan cukup diperoleh dari tangkai air yang ditempatkan pada ketinggian tertentu (Prastowo dan Liyantono, 2002). Gambar dibawah ini memberikan ilustrasi salah satu alat irigasi dengan pancaran.

Irigasi Curah merupakan metode irigasi yang paling mirip dengan curah hujan, dibanding metode lain. Biaya tinggi karena memerlukan mesin pompa, pipa, alat-alat tanah (*nozzle*) dan bahan bakar. Cocok untuk luas lahan medium ≥ 110 ha, pada skala kecil lebih mahal kurang efisien dalam pemakaian air dan kecepatan angin rendah. Jaringan pipa bisa permanen ditanam pada lahan, semi permanen yaitu sebagian ditanam sebagian dapat dipindahkan atau yang dapat dipindah diman seluruh jaringan pipa ada diatas tanah.



Gambar 14. Irigasi Curah pada kegiatan Workshop Mound System di London Ohio

5.Sistem irigasi tetes (*Drip Irrigation*)

Irigasi tetes adalah suatu sistem pemberian air melalui pipa/ selang berlubang dengan menggunakan tekanan tertentu, dimana air yang keluar berupa tetesan-tetesan langsung pada daerah perakaran tanaman. Tujuan dari irigasi tetes adalah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tanpa harus membasahi keseluruhan lahan, sehingga mereduksi kehilangan air akibat penguapan yang berlebihan, pemakaian air lebih efisien, mengurangi limpasan, serta menekan/mengurangi pertumbuhan gulma.

Ciri- ciri irigasi tetes adalah debit air kecil selama periode waktu tertentu, interval (selang) yang sering, atau frekuensi pemberian air yang tinggi , air diberikan pada daerah perakaran tanaman, aliran air bertekanan dan efisiensi serta keseragaman pemberian air lebih baik.

Menurut Michael(1978) Unsur-unsur utama pada irigasi tetes yang perlu diperhatikan sebelum mengoperasikan peralatannya adalah :

- a. Sumber air, dapat berupa sumber air permanen (sungai, danau, dan lain-lain), atau sumber air buatan (sumur, embung dan lain-lain)
- b. Sumber daya, sumber tenaga yang digunakan untuk mengalirkan air dapat dari gaya gravitasi (bila sumber air lebih tinggi daripada lahan pertanian), dan untuk sumber air yang sejajar atau lebih rendah dari pada lahan pertanian maka diperlukan bantuan pompa. Untuk lahan yang mempunyai sumber air yang dalam, maka diperlukan pompa penghisap pompa air sumur dalam.
- c. Saringan, untuk mencegah terjadinya penyumbatan maka diperlukan beberapa alat penyaring, yaitu saringan utama (primary filter) yang dipasang dekat sumber air, saringan kedua (secondary filter) diletakkan antara saringan utama dengan jaringan pipa utama.

Irigasi tetes adalah teknik penambahan kekurangan air pada tanah yang dilakukan secara terbatas dengan menggunakan tube (wadah) sebagai alat penampung air yang disertai lubang tetes di bawahnya. Air akan keluar secara perlahan-lahan dalam bentuk tetesan ke tanah yang secara terbatas membasahi tanah. Lubang tetes air dapat diatur sedemikian rupa sehingga air cukup hanya membasahi tanah di sekitar perakaran

Menurut Hansen (1986) kegunaan dari irigasi tetes adalah :

- a. Untuk menghemat penggunaan air tanaman.
- b. Mengurangi kehilangan air yang begitu cepat akibat penguapan dan infiltrasi.
- c. Membantu memenuhi kebutuhan air tanaman pada awal penanaman sehingga juga akan meningkatkan pemanfaatan unsur hara tanah oleh tanaman.
- d. Mengurangi stresing atau mempercepat adaptabilitas bibit sehingga meningkatkan keberhasilan tumbuh tanaman.

- e. Melakukan pemanenan air hujan lewat wadah irigasi tetes secara terbatas sehingga dapat digunakan tanaman.

Sistem irigasi tetes memang konsep pemanfaatan air tanaman yang belum populer. Namun, sistem ini telah membumi di belahan bumi lain. Sistem yang digunakan adalah dengan memakai pipa-pipa dan pada tempat-tempat tertentu diberi lubang untuk jalan keluarnya air menetes ke tanah. Perbedaan dengan sistem pancaran adalah besarnya tekanan pada pipa yang tidak begitu besar.

B. Sistem Irigasi Bawah Permukaan (*Sub Surface Irrigation System*)

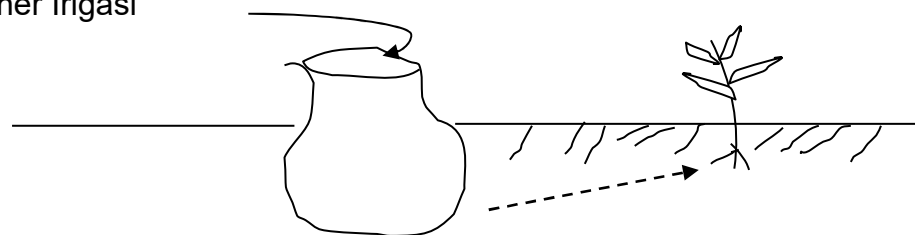
Sistem irigasi bawah permukaan dapat dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah di bawah zona perakaran melalui sistem saluran terbuka ataupun dengan menggunakan pipa porous. Lengas tanah digerakkan oleh gaya kapiler menuju zona perakaran dan selanjutnya dimanfaatkan oleh tanaman.

Pada Irigasi Bawah Tanah pengaturan "Water Table" dengan cara :

- Recharge (pengisian kembali secara alami oleh curah hujan)
- Drainase
- Pembuatan daun
- Reservoir (sumber air) menciptakan water table berfluktuasi musiman

Pada tanah salin terjadi akumulasi garam di permukaan tanah.

1. Pipa bawah tanah (kedalaman \pm 40 cm)
2. Pitcher Irigasi



Pemilihan jenis sistem irigasi sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, klimatologi, topografi, fisik dan kimiawi lahan, biologis tanaman, sosial ekonomi dan budaya, teknologi (sebagai masukan sistem irigasi) serta keluaran atau hasil yang akan diharapkan. Sedangkan cara pemberian air irigasi ini berdasarkan topografi, ketersediaan air, jenis pertimbangan lain. tergantung pada kondisi tanah, keadaan tanaman, iklim, dan kebiasaan petani.

Ruang lingkup irigasi

- a. Pengadaan atau pengembangan sumber-sumber air alamiah dan penggunaannya
- b. Pengaliran air dari daerah sumber ke pertanian
- c. Pemberian dan pembagian air pada areal pertanian sampai tingkat usaha tani
- d. Pembuangan kelebihan air dari areal pertanian secara teratur dan terkontrol

Air Irigasi dapat berfungsi :

- Memberikan kelembaban yang penting bagi tanah
- Mendinginkan tanah dan atmosfer
- Pencucian garam-garam di dalam tanah
- Memudahkan pengolahan tanah
- Meningkatkan kesuburan tanah (Ca, Mg, P) pada daerah pegunungan

Macam Daerah Irigasi di Indonesia berdasarkan keadaan fisik dan pemeliharaan saluran terhadap 3 macam daerah irigasi di Indonesia :

- A. Daerah irigasi teknis
- B. Daerah irigasi semi teknis
- C. Daerah irigasi sederhana (desa)

A. Irigasi Teknis

Ciri-ciri :

- Pengaturan air yang baik dan pengukuran yang tepat
- Punya pembagian saluran yang lengkap (primer, sekunder, tersier, cacingan → petak sawah)
- Biasanya dibagi-bagi atas beberapa areal yang disebut petak-petak pengairan (petak tersier : petak hamparan)

Daerah tersier bisa melayani beberapa hektar areal (tergantung kemiringan)

- Daerah datar : 100 - 200 ha
- Daerah miring (8 – 15 %) : 100 - 200 ha
- Daerah bukit (> 15 %) : 50 – 100 ha

Daerah tersier dapat dibagi atas beberapa kelompok tani pemakai air (KTPA) anggotanya 25 orang. Saluran primer dan sekunder diatur sepenuhnya oleh pemerintah. Irigasi teknis dapat ditanami tiga kali dalam setahun.

Pola tanamnya bisa : - Padi – padi – palawija

- Padi – palawija – palawija

Padi – tebu – palawija diberikan pengairan dengan perbandingan 8 : 3 : 2

B. Irigasi Semi Teknis

Ciri-ciri :

- Pengaliran air dapat diatur dengan baik
- Fasilitas air irigasi sudah ada, tapi tidak sempurna
- Alat pengukur masih kurang, pengaturan air oleh dinas pengairan dan petani

C. Daerah Irigasi Sederhana

Ciri-ciri :

- Pengaturan air tidak diatur ke petak sawah dengan baik

- Sumber air tidak jelas dan jaringan irigasi tidak tersedia dengan baik
- Jumlah air yang masuk ke petak tidak dapat diukur
- Pengaturan sepenuhnya oleh petani

Urutan Kerja Irigasi :

1. Mencari sumber air
 - Air hujan
 - Air permukaan (sungai, danau, waduk, kolom, telaga, sumur dangkal)
 - Air bumi
 2. Menghitung kebutuhan air
 - Kebutuhan air tanaman
 - Kebutuhan air irigasi
 3. Mengalirkan air
 4. Menentukan metode irigasi
 - Penggenangan
 - Alur
 - Korugasi
 - Tetes
 - Curah
 5. Membuang kelebihan air
- Masalah di daerah rendah



Gambar 15. Peserta Workshop Mound System sedang mempersiapkan alat untuk membuat Disainnya

Pembagian Air yang perlu diperhatikan :

- a. Luas daerah irigasi
- b. Kebutuhan air tiap jenis tanaman dan perbandingannya

Contoh : Padi : Tebu : Palawija

4 : 1,5 : 1

- c. Kehilangan air
 - Kebocoran saluran
 - Saluran terlalu lebar dan terbuka → Evaporasi
 - Saluran banyak ditumbuhi gulma

Kehilangan air pada Musim hujan 5 – 20 %

Musim kemarau 20 – 30 %

- d. Debit saluran tiap hari

Dari debit yang ada biasanya 60 % yang berada di saluran.

Dalam praktek sehari – hari dikenal 3 sistem pemberian air di sawah :

1. Pasten
2. Golongan
3. Giliran

Sistem Pasten

Setiap kali pemberian air harus dipertimbangkan luas areal setiap jenis tanaman dan perbandingan kebutuhan airnya. Pada daerah-daerah yang sudah maju sistem irigasi (Jawa) menggunakan konsep Pasten

$$P = \frac{Q}{A}$$

P = Indeks pasten (bagian dari air irigasi yang masuk ke petakan)

Q = Debit air pada saluran (l / det)

A = Areal yang dapat diairi (ha)

Dalam musim kemarau → padi gadu dan tebu

$$P = \frac{Q}{KIR(A)}$$

KIR = Kebutuhan irigasi relative

Contoh :

Dalam petakan sekunder terdapat pertanaman padi, tebu, dan palawija dengan luas sebagai berikut :

Petak sekunder	Luas tanaman (ha)		
	Padi	Tebu	Palawija
A	200	200	200
B	400	100	150
C	700	200	100
D	300	200	100

Koefisien tanaman untuk pengaliran (pembagian air)

$$\text{Padi} : \text{Tebu} : \text{Palawija} = 4 : 1,5 : 1$$

Hitung :

- Luas relatif tiap petak berdasarkan kebutuhan air untuk palawija
- Pasten untuk tiap tanaman jika diketahui Q pada saluran induk $2 \text{ m}^3/\text{det}$
- Air yang tersedia untuk tiap petakan

Jawab :

- Luas relatif

$$\begin{aligned} \text{Petak A} &= (4 \times 200) + (1,5 \times 200) + (1 \times 200) = 1300 \text{ ha} \\ \text{Petak B} &= (4 \times 400) + (1,5 \times 100) + (1 \times 150) = 1400 \text{ ha} \\ \text{Petak C} &= (4 \times 700) + (1,5 \times 200) + (1 \times 100) = 3200 \text{ ha} \\ \text{Petak D} &= (4 \times 300) + (1,5 \times 200) + (1 \times 100) = 1600 \text{ ha} \\ \text{TOTAL Luas relatif} &= 8000 \text{ ha} \end{aligned}$$

$$\text{b. Pasten palawija} = \frac{2 \text{ m}^3/\text{det}}{8000 \text{ ha}} = 0,25 \text{ l/det/ha}$$

$$\text{Pasten padi} = 4 \times 0,25 = 1 \text{ l/det/ha}$$

$$\text{Pasten tebu} = 1,5 \times 0,25 = 0,375 \text{ l/det/ha}$$

- Air yang tersedia untuk tiap petak (dihitung berdasarkan luas relatif dan pasten untuk palawija)

$$\begin{aligned} \text{Petak A} &= 1300 \times 0,25 = 325 \text{ l/det} \\ \text{Petak B} &= 1400 \times 0,25 = 475 \text{ l/det} \\ \text{Petak C} &= 3200 \times 0,25 = 800 \text{ l/det} \\ \text{Petak D} &= 1600 \times 0,25 = 400 \text{ l/det} \\ \hline \text{TOTAL} &= 2000 \text{ l/det} \end{aligned} +$$

Sistem pasten ini biasanya dilakukan pada saluran sekunder, dengan asumsi air mengalir terus-menerus. Jika air tidak cukup (debit berkurang) pengairan dilakukan secara bergilir.

- Padi → Siang hari
- Tebu } Malam hari
- Palawija }

Sistem Golongan

- ◆ Biasanya dilakukan pada awal musim hujan (terutama pada daerah irigasi teknis yang luas) dimana persediaan air belum mencukupi untuk pengairan serentak.
- ◆ Dilakukan dengan menggabungkan sejumlah petakan tersier menjadi petak lebih besar (golongan)
- ◆ Dalam sistem ini terdapat 4 – 6 golongan pengairan
- ◆ Ketentuan-ketentuan yang berlaku umum :
 - a. Perbedaan waktu kegiatan bercocok tanam padi tiap golongan adalah 2 minggu (15 hari)
 - b. Jadwal pemberian air juga 2 minggu (15 hari)

Contoh :

Luas yang akan diairi 4 ha dibagi 4 golongan (luas masing-masing 1 ha)

Ketentuan :

Satuan pemberian air (pasten) menurut aturan “pemali”

- Persemaian ($\frac{1}{2}$ bulan), pasten 1 l /det/ha
- Persiapan ($\frac{1}{2}$ bulan), pasten 1,2 l /det/ha
- Pemeliharaan (2,5 bulan), pasten 0,8 l /det/ha
- Menjelang panen ($\frac{1}{2}$ bulan), pasten 0,4 l /det/ha

Ditanya :

Susun kebutuhan air untuk masing-masing golongan (dengan perbedaan waktu 15 hari) sebagai berikut :

- Persemaian = 1 x 1 l /det/ha = 1 l /det/ha

- Persiapan = $1 \times 1,2 \text{ l/det/ha} = 1,2 \text{ l/det/ha}$
- Pemeliharaan = $1 \times 0,8 \text{ l/det/ha} = 0,8 \text{ l/det/ha}$
- Menjelang panen = $1 \times 0,4 \text{ l/det/ha} = 0,4 \text{ l/det/ha}$

Sistem pembagian golongan

- a. Permanen (tetap) yaitu suatu areal tetap berada dalam golongan tertentu
- b. Sementara yaitu suatu areal bisa pindah golongan
Golongan 1 menjadi golongan 4 (pada tahun berikutnya)

Keuntungan sistem golongan :

- ✓ Sesama golongan dapat diairi secara merata sesuai dengan tersedianya debit di saluran
- ✓ Keperluan air maksimal hanya selama 2 minggu
- ✓ Adanya penyebaran tenaga kerja

Kerugian :

- ✗ Merugikan golongan yang lebih tinggi
- ✗ Golongan terakhir panen terlambat sehingga harga turun
- ✗ Golongan pertama bisa mengejar musim tanam berikutnya
- ✗ Golongan terakhir peluang serangan hama penyakit tinggi

Sistem giliran

- Dilakukan bila air yang tersedia tidak cukup untuk mengairi seluruh areal sekaligus
- Biasanya dilakukan pada musim kemarau

Dasar giliran adalah

- a. Giliran jam
 - Tebu (7 – 8 jam sehari → 7 °° - 15 °°)
 - Lain → 15.00 - 7 °°
- b. Giliran harian



Gambar 16. Masjid Terapung dipinggir Laut Merah Jeddah Arab Saudi

BAB VIII. DRAINASE

Prinsip : membuang kelebihan air pada saat suplai air berlebih

Untuk lebih memudahkan pemahaman tentang drainase, selanjutnya jenis drainase dapat dikelompokkan berdasarkan :

- Cara terbentuknya
- Sistem pengalirannya
- Tujuan /Sasaran pembuatannya
- Tata letaknya
- Fungsinya
- Konstruksinya

1. Drainase berdasarkan cara terbentuknya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari cara terbentuknya, dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase Alamiah (*natural drainage*)

Drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Saluran drainase terbentuk akibat gerusan air sesuai dengan kountur tanah. Drainase alamiah ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai-sungai. Pada tanah yang cukup porous, air yang ada di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi).

Air yang meresap berubah menjadi aliran antara (*sub surface flow*) mengalir menuju sungai, dan dapat juga mengalir masuk ke dalam tanah (perkolasi) hingga ke air tanah yang kemudian bersama-sama dengan air tanah mengalir sebagai aliran air tanah (*ground water flow*) menuju sungai. Umumnya drainase alamiah ini berupa sungai beserta anak-anak sungainya yang membentuk suatu jaringan alur sungai.

b. Drainase buatan (*artificial drainage*)

Drainase buatan adalah sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitungan-hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan

sistem drainase alamiah. Pada sistem drainase buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya.

2. Drainase berdasarkan sistem pengalirannya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari sistem pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase dengan sistem jaringan

Drainase dengan sistem jaringan adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui sistem tata saluran dengan bangunan-bangunan pelengkapannya

b. Drainase dengan sistem resapan

Drainase dengan sistem resapan adalah sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau melalui sumuran / saluran resapan. Sistem resapan ini sangat menguntungkan bagi usaha konservasi air.

3. Drainase berdasarkan tujuan / sasarannya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tujuan pembuatannya, dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase perkotaan

Drainase perkotaan adalah pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan ke sungai yang melintasi wilayah perkotaan tersebut sehingga wilayah perkotaan tidak digenangi air.

b. Drainase daerah pertanian

Drainase daerah pertanian adalah pengeringan atau pengaliran air di daerah pertanian baik di persawahan maupun daerah sekitarnya yang bertujuan untuk mencegah kelebihan air agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu.

c. Drainase lapangan terbang

Drainase lapangan terbang adalah pengeringan atau pengaliran air di kawasan lapangan terbang terutama pada runway (landasan pacu) dan taxiway sehingga kegiatan penerbangan baik takeoff, landing maupun taxing tidak terhambat. Pada lapangan terbang drainase juga bertujuan untuk keselamatan terutama pada saat landing dan takeoff yang apabila tergenang air dapat mengakibatkan tergelincirnya pesawat terbang

d. Drainase jalan raya

Drainase jalan raya adalah pengeringan atau pengaliran air di permukaan jalan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada badan jalan dan menghindari kecelakaan lalu lintas. Drainase jalan raya biasanya berupa saluran di kiri-kanan jalan serta gorong-gorong yang melintas di bawah badan jalan.

e. Drainase jalan kereta api

Drainase jalan kereta api adalah pengeringan atau pengaliran air di sepanjang jalur rel kereta api yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada jalur kereta api.

f. Drainase pada tanggul dan dam

Drainase pada tanggul dan dam adalah pengaliran air di daerah sisi luar tanggul dan dam yang bertujuan untuk mencegah keruntuhan tanggul dan dam akibat erosi rembesan aliran air (piping).

g. Drainase lapangan olah raga

Drainase lapangan olah raga adalah pengeringan atau pengaliran air pada suatu lapangan olah raga seperti lapangan bola kaki dan lainnya yang bertujuan agar kegiatan olah raga tidak terganggu meskipun dalam kondisi hujan.

h. Drainase untuk keindahan kota

Drainase untuk keindahan kota adalah bagian dari drainase perkotaan, namun pembuatan drainase ini lebih ditunjukkan lebih pada sisi estetika seperti tempat rekreasi dan lainnya.

i. Drainase untuk kesehatan lingkungan

Drainase untuk kesehatan lingkungan merupakan bagian dari drainase perkotaan, di mana pengeringan dan pengaliran air bertujuan untuk mencegah genangan yang dapat menimbulkan wabah penyakit

j. Drainase untuk penambahan areal

Drainase untuk penambahan areal adalah pengeringan atau pengaliran air pada daerah rawa ataupun laut yang tujuannya sebagai upaya untuk menambah areal.

4. Drainase berdasarkan tata letaknya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tata letaknya, dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah sistim drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah yang. Pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran (*slope*).

b. Drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*)

Drainase bawah permukaan tanah adalah sistem drainase yang di alirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya karena sisi artistik atau pada suatu areal yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah seperti pada lapangan olah raga, lapangan terbang, taman dan lainnya.

5. Drainase berdasarkan fungsinya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari fungsinya dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase single purpose

Drainase single purpose adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau air limbah atau lainnya.

b. Drainase multi purpose

Drainase multi purpose adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan dan air limbah.

6. Drainase berdasarkan konstruksinya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari konstruksinya, dapat dikelompokkan menjadi :

a. Drainase saluran terbuka

Drainase saluran terbuka adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan.

b. Saluran tertutup

Drainase saluran tertutup adalah sistim saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Saluran drainase saluran tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

Beberapa hal penting dalam penentuan desain drainase :

1. Peta contour dengan interval 0,5 m skala 1 : 4000
2. Drainase dipengaruhi :
 - Topografi
 - Impermeabilitas tanah bagian bawah
 - Level air
 - Curah hujan
3. Perlu data intensitas hujan dan run off
4. Data curah hujan → 10 tahun
5. Sungai, saluran yang berkaitan dengan sistem drainase perlu di survai (debit)

Metode Drainase :

- a. Drainase gravitasi berdasarkan tinggi tempat
- b. Drainase pompa dari daerah rendah ke tinggi perlu motor penggerak dan mahal.

Disain :

Data curah hujan harian tertinggi dalam periode debit dari 10 tahun adalah dasar penentuan disain. Drainase Discharge (pada saluran)

$$Q = \frac{ARF}{T}$$

Q = Maks discharge

A = Luas areal (ha)

R = Curah hujan

F = Koefisien run off

T = Waktu untuk membuang air

- 0 – 500 ha ~ 1 hari
- 501 – 1.000 ha ~ 2 hari
- > 1.000 ha ~ 3 hari

Contoh :

Areal yang akan didrainase 980 ha (9.800.000 m²), curah hujan 120 mm (0,12 m), koefisien run off 80 %. Waktu yang diperlukan untuk membuang kelebihan air 2 hari (2 x 86.400 det).

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } \quad Q &= \frac{9.800.000 \times 0,12 \times 0,8}{2 \times 86.400} \\ &= 5,45 \text{ m}^3 / \text{det} \end{aligned}$$

Drainase pada daerah reklamasi di Indonesia :

1. Pasang surut
2. Rawa / Lebak

Pasang Surut

Rawa yang terletak sepanjang sungai / pantai sampai jauh (± 8 km) ke pedalaman yang pengairannya dipengaruhi secara langsung / tidak langsung oleh pasang surut air laut.

Tiga Klasifikasi daerah pasang surut :

- a. Pasang surut golongan A
 - Dekat pantai, selalu tergenang air
 - Cocok untuk padi sawah (sepanjang tahun)
- b. Pasang surut golongan B
 - Terletak di atas A
 - Pertukaran air kurang sempurna
 - Perlu pintu air untuk menggenangi
 - Cocok untuk : padi, palawija, sayuran atau tanaman tahunan
- c. Pasang surut golongan C

- Terletak di atas B
- Pengaruh pasang surut tidak jelas
- Pengairan : air hujan, air sungai perlu pompa
- Cocok untuk tanaman semusim / tahunan

Pengaturan tata Air

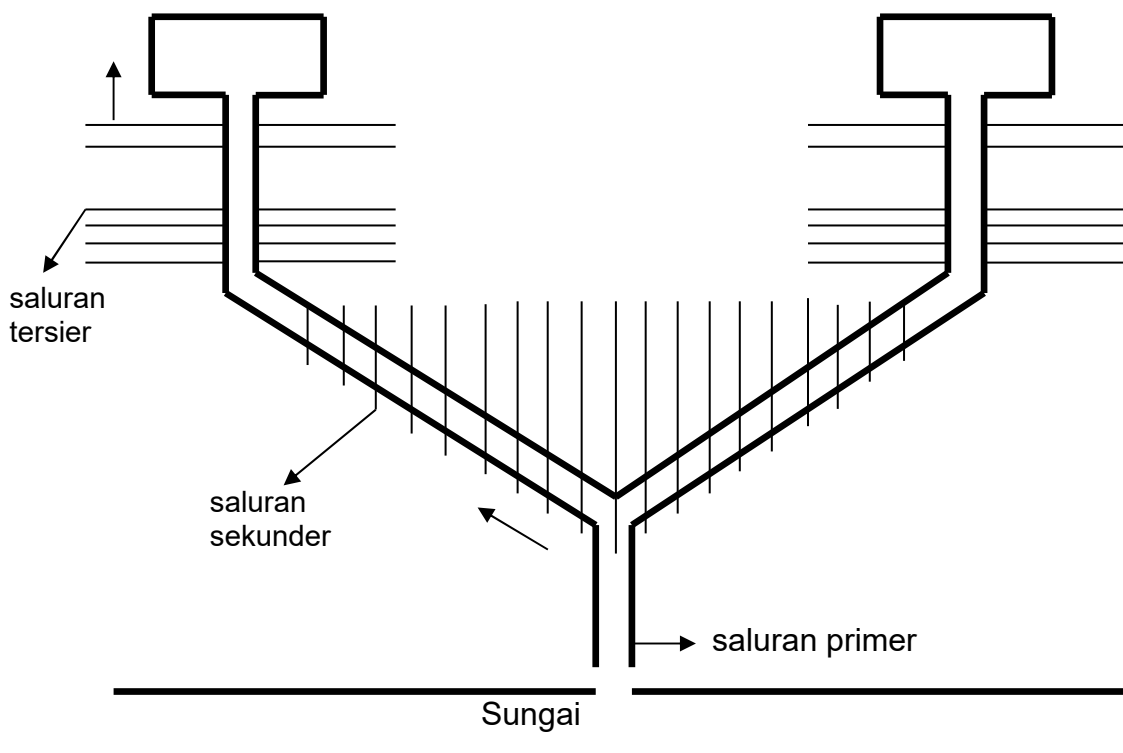
- Dibuat golongan dan pintu pemasukan dan pengeluaran air
- Tinggi golongan → waktu pasang besar air tidak masuk ke petakan
- Dibuat saluran keliling : lebar 0,5 m, dalam 0,5 m

2 sistem :

1. Gajah Mada
2. ITB – IPB

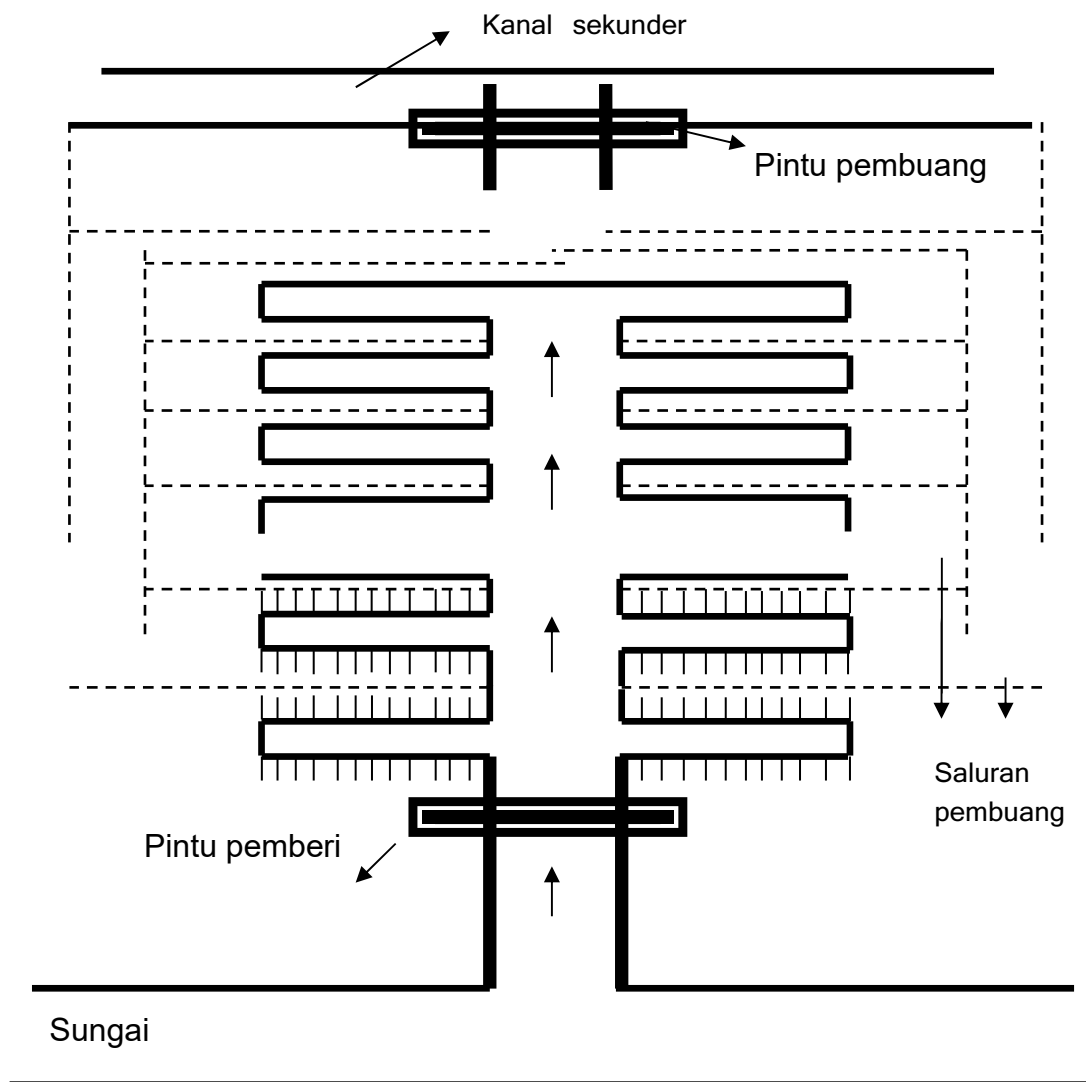
SISTEM GAMA

- Saluran sekunder dan tersier berbentuk garpu, langsung bermuara di sungai terdapat di daerah Kalimantan Tengah dan Selatan.



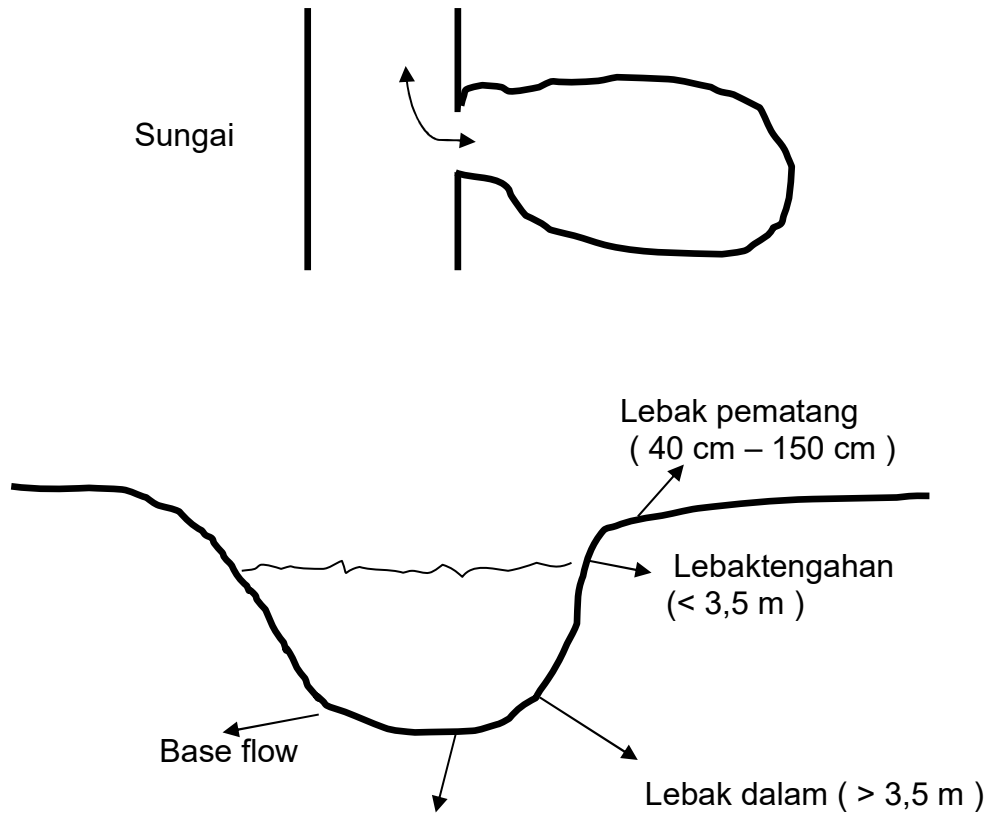
SISTEM ITB – IPB

- Saluran pemberi dan pembuang air terpisah
- Air pasang dan surut diatur oleh pintu terdapat di Jambi, Riau, Sumatera Selatan.



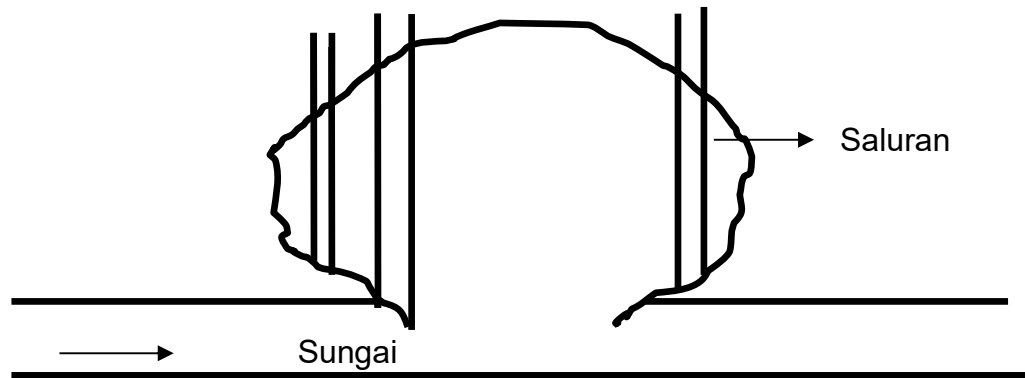
Lebak

- Daerah rendah berpayu, memanjang dekat tepi sungai dengan potongan melintang berbentuk pinggang.
- Musim hujan selalu tergenang
- Musim kemarau air berangsur surut



Untuk perikanan

- Lebak diupayakan pada akhir musim hujan menjelang kemarau (lebak pematang dan tengahan)
- Daerah produktif → lebak pematang (untuk palawija)
- Padi umur pendek → lebak tengahan



- Dengan membuat muara buatan menjadi agak terkendali
- Penggunaan pompa air (pengelolaan lebak sangat sulit, lebih cocok untuk padi sawah)



Gambar 17. Air Mancur di Pusat Kota Cincinnati Amerika Serikat

BAB IX. TEKNIK PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Pengembangan sumber daya air adalah upaya untuk mengembangkan sumber daya air dari yang tidak produktif menjadi produktif, atau dari yang produktif menjadi lebih produktif.

Alasan :

1. Air sering merupakan faktor pembatas untuk pengembangan sektor pertanian,
2. Tingginya kebutuhan air akibat meningkatnya kebutuhan hidup,
3. Pengembangan sumber daya air yang baru sering mengakibatkan turunnya sumber daya air produktif yang lama,
4. Meningkatkan yang produktif menjadi lebih produktif.

Pengembangan beberapa sumber daya air seperti :

- a. Air hujan
- b. Air permukaan
- c. Air bumi
- d. Air non konvensional

A . Air hujan

Prinsip : – meningkatkan kapasitas air di daerah perakaran
– menurunkan Evaporasi

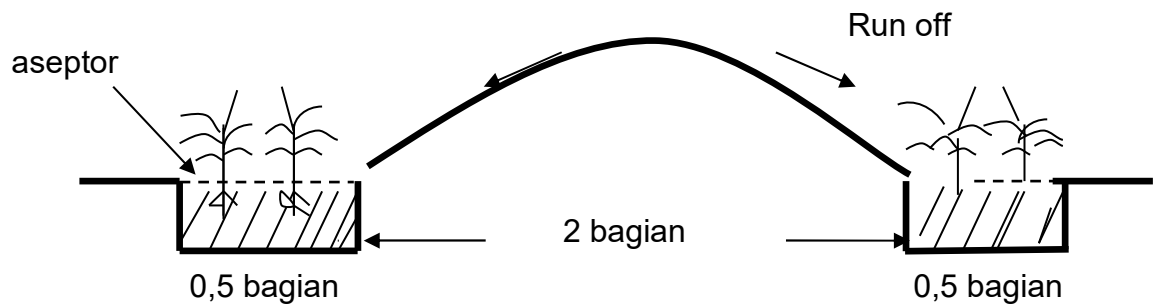
Meningkatkan kapasitas air di daerah perakaran :

1. Perbaikan suhu tanah untuk penyimpanan air, dengan penambahan fraksi liat dan bahan organik
2. Meningkatkan laju infiltrasi
3. Menurunkan run off dengan cara :
 - Penanaman dalam baris
 - Penanaman dalam kountur
 - Pembuatan teras
 - Pembuatan guludan
 - Pemberian mulsa
4. Pengaturan muka air untuk perbaikan drainase

5. Metode pemanenan air – skala kecil dan besar dari daerah donor ke asektor

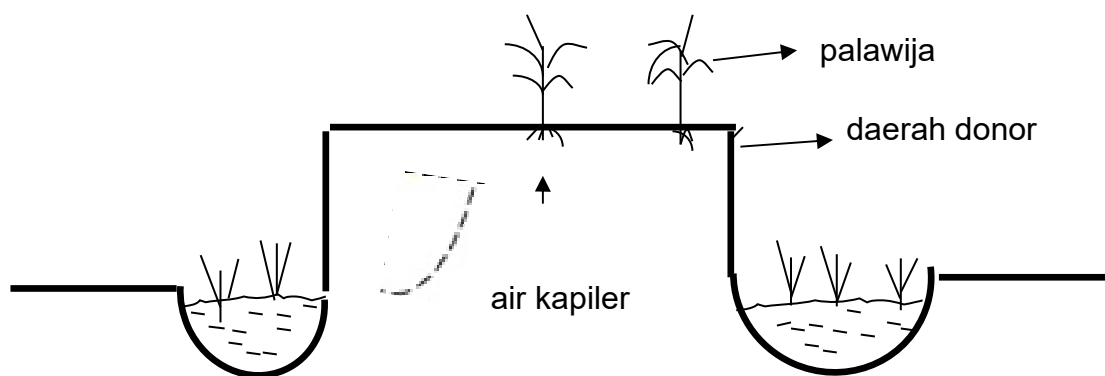
Pada daerah kering dengan membuat :

- Guludan
- Donor, run off diturunkan



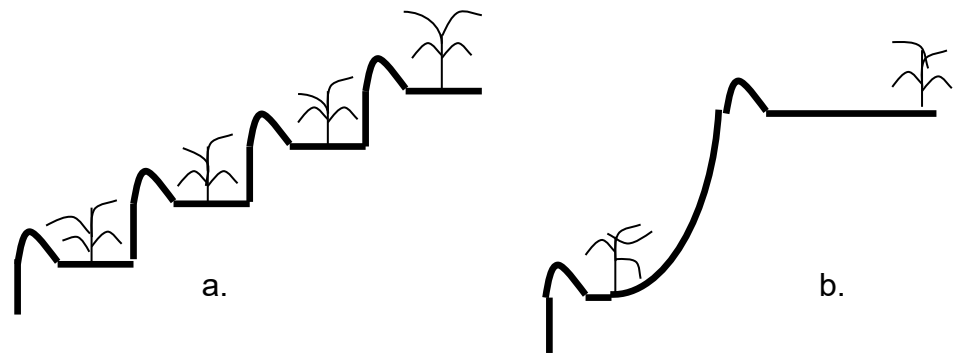
-bisa juga ditutup dengan plastik

Pada daerah basah dengan Sistem “Surjan” (daerah semi donor)



Metode Konservasi dengan membuat teras dan guludan untuk mematahkan run off (mengurangi erosi) seperti

- a. Teras bangku
- b. Teras bangku yang dimodifikasi



Usaha-usaha untuk menurunkan Evaporasi :

1. Mulsa dan minimum tillage
2. Mulsa jerami (limbah tanaman)
 - Butiran hujan mengenai tanah dikurangi
 - Air kapiler dipertahankan
3. Perlakuan Kimia
 - Hexadonal → mengurangi evaporasi ± 43 %
 - Herbisida → sisa gulma (mulsa)

B. Air Permukaan

Sungai yaitu dengan pengelolaan DAS terpadu yaitu suatu usaha pemantapan debit air yang ada dengan fluktuasi yang relatif kecil.

Pengelolaan DAS terpadu meliputi :

- Pengawetan tanah
- Perbaikan lahan
- Irigasi dan drainase
- Pengendalian banjir
- Peruntukan yang rasional

Bentuk usaha yang dilakukan :

- a. Land treatment
 - Menurunkan run off dan meningkatkan infiltrasi

- b. Penghambatan aliran di hulu membuat bangunan-bangunan pengendali air dan penampung sedimen → mencegah erosi
- c. Pengendalian banjir di hilir

Pembangunan reservoir (dam, bendungan) pembuatan saluran pembawa air dan drainase.

Air non Pertanian

- a. Cistern
 - Air pada sungai kecil → (betago)
 - NTT → Embung
- b. Bendungan pengendali
 - Bendungan kecil → untuk menampung air hujan / alur-alur sungai kecil (stream)

C. Air Bumi

Pengembangan air bumi untuk pertanian mahal, karena diperlukan pompa untuk menaikkan air dari dalam tanah.

D. Air Non Konvensional

- a. Recycling → daur ulang dari limbah
- b. Desalinasi air laut
 - Metode penguapan (Israel)
 - Metode membrane → memisahkan Na dan Cl
- c. Pembuatan hujan buatan, dengan syarat :
 - $RH > 70 \%$
 - Ditabur CO_2 kering → membentuk aliran
 - Ditabur pupuk (urea) → membentuk kondensasi



Gambar 18. Pemandangan Kota Cincinnati dari Sears Tower Gedung Tertinggi di Kota Cincinnati Amerika Serikat

DAFTAR PUSTAKA

- Agus.2012. https://docs.google.com/viewer?a=v&q=curahhujan:vlByR1uoNmgJ:elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/irigasidanbangunanair/bab2-teknik_irigasi.pdf. Diakses tanggal 26 Mei 2012.
- Anonim. 2009 .<http://www.anakciremai.com/2009/04/makalah-geografi-tentang-sejarah.html> Diakses tanggal 26 Mei 2012.
- Ayers, R.S.; D.W Westcot. 1976. Water Quality for Agriculture. FAO. Irrigation and Drainage Paper No 29, Rome.
- Indarto. 2010. Hidrologi : Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Kodoatie, Robert.J dan Basoeki, M. 2005. Kajian Undang-undang Sumberdaya air. Andi. Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J. dan R. Sjarief, 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Edisi revisi. Andi. Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2006 tentang Irigasi
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 tahun 2008 tentang Air Tanah
- Purba.ristek.go.id : Kekeringan Picu Krisis Pangan. Pusat Informasi Riset Bencana Alam. Kementerian Riset dan Teknologi. Diakses 12 Januari 2013.
- Riyanto, Eko. 2011. Potret Area Kekeringan di Dunia Green kompasiana.com (Indonesia). Kompas 30 September 2011.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, 1993. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Soerjani, Mohamad, Yuwono, Arief dan Fardiaz, Dedi. 2007. Lingkungan Hidup (*The Living Environment*). Edisi Kedua. Yayasan Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan (IPPL). Jakarta

Sudar. 2012. [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=curah hujan:Pz9Ez6AHUNUJ:air.bappenas.go.id/main/doc/pdf/seminar_lok akarya/Sudar%2520](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=curah%20hujan:Pz9Ez6AHUNUJ:air.bappenas.go.id/main/doc/pdf/seminar_lok_akarya/Sudar%2520). Diakses tanggal 26 Mei 2012.

Sudjarwadi, 1990. Teori dan Praktek Irigasi. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.

Sudjarwadi, 1987. Teknik Sumberdaya Air. Diktat kuliah Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Sunaryo, Trie.M, Walujo, Tjoek.S, dan Harnanto,Aris. 2007. Pengelolaan Sumber Daya air. Konsep dan Penerapannya. Bayumedia Publishing. Malang.

Triatmodjo, B., 2008. Hidrologi Terapan, Cetakan Pertama. Beta Offset. Yogyakarta

Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air

Wesli. 2008. Drainase Perkotaan. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Wiroatmodjo, Joedjono. 1990. Catatan mata pelajaran Pengelolaan Air. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.

<http://www.deptan.go.id>.



Gambar 19. Pemandangan Kota New York

Biodata Penulis



Elfarisna dilahirkan di Sijunjung Sumatera Barat pada tanggal 3 Oktober 1965. Pendidikan SD dan SMP Negeri diselesaikan di Sijunjung dan diteruskan ke SMA Negeri 5 di Kota Padang tahun 1984. Pada tahun 1989 penulis menyelesaikan pendidikan di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang pada Program Studi Ilmu Tanah. Pendidikan S2 penulis diselesaikan di Program Studi Agronomi Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2000. Pendidikan S3 diselesaikan di Program Studi Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta tahun 2012. Pada bulan Oktober 2010 sampai dengan

Januari 2011 penulis berkesempatan mengikuti program Sandwich-Like ke Ohio State University, di Columbus Ohio Amerika Serikat.

Sejak Tahun 1991 sampai dengan sekarang penulis menjadi Dosen Tetap di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ) dengan Jabatan Fungsional Lektor Kepala semenjak tahun 2002. Di Fakultas Pertanian UMJ penulis mengajar mata kuliah Dasar Dasar Ilmu Tanah, Nutrisi Tanaman, Pengelolaan Air, Fisiologi Pasca Panen, dan Konservasi Tanah dan Air. Penulis menjadi Dosen Tidak Tetap di Fakultas Agama Islam dan Fakultas Ilmu Pendidikan UMJ sejak tahun 2007 sampai dengan 2013, mengajar beberapa mata kuliah yaitu Ilmu Alamiah Dasar, Konsep Dasar IPA, Pendidikan IPA, Pengembangan Pembelajaran IPA di SD, Matematika, Statistik Pendidikan, dan Metodologi Penelitian.

Di Universitas Muhammadiyah Jakarta penulis diberikan kepercayaan sebagai Koordinator Kebun Percobaan Fakultas Pertanian tahun 1991 – 1994, Sekretaris Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian tahun 1994 -1996, Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian tahun 1996 -1997, Pembantu Dekan II Fakultas Pertanian bidang Administrasi dan Keuangan tahun 2000 – 2004, Kepala Laboratorium Terpadu Fakultas Pertanian tahun 2004 – 2008 dan Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian tahun 2008 - 2009 dan 2009 – sekarang Ketua Penjaminan Mutu Fakultas Pertanian.

Penulis mengikuti berbagai kegiatan ilmiah baik sebagai Pembicara maupun peserta antara lain: sebagai Pembicara pada Lokakarya Forum Komunikasi Pendidikan Tinggi Pertanian PTN-PTS se Indonesia di Universitas Andalas Padang pada tahun 1996. Penulis sebagai peserta Diskusi Pakar Kontribusi Peningkatan Kualitas Sumberdaya Manusia dalam Pengelolaan Bahan Perlindungan Tanaman untuk Pertanian Berkelanjutan menjelang abad XX di IPB Bogor tahun 1997. Peserta Diskusi Pakar Kebijakan Tanaman Pangan dan Hortikultura di Bogor tahun 2000. Penulis mengikuti Seminar Internasional

Breeding and Marketing on Ornamental and Vegetables tahun 2000 di IPB Bogor. Pembicara di Simposium Nasional dan Kongres PERAGI VIII di Universitas Lampung tahun 2003.. Mengikuti Training of Trainers (TOT) Metodologi Penelitian yang diadakan DIKTI Kemendiknas tahun 2003 di Jakarta. Pembicara di Seminar Florikultura Balitbang Departemen Pertanian di Bogor tahun 2004. Mengikuti Workshop Penelitian Berorientasi Paten Kekayaan Intelektual yang diadakan DIKTI Kemendiknas tahun 2007 di Jakarta. Mengikuti Seminar Optimalisasi Peran Politik Luar Negeri dalam Peningkatan Ketahanan Pangan Nasional di Gedung Asia Afrika Bandung tahun 2008. Seminar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Indonesia Toray Science Foundation (ITSF) tahun 2009 di Jakarta. Mengikuti Workshop Contractor Mound System di Ohio State University, Columbus Ohio Amerika Serikat tahun 2010. Mengikuti Seminar Internasional Islamic World : Role and Responsibility of Muslim Women di UMJ tahun 2011. Pembicara pada Seminar Nasional Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian di Malang tahun 2013. Peserta Seminar Internasional SMAPS (Spice, Medicinal, and Aromatic Plants) di Jakarta Convention Centre tahun 2013. Pembicara pada Seminar Nasional dan Lokakarya Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia di IPB Bogor Tahun 2013.

Buku Pengelolaan Air ini membahas tentang ketersediaan air untuk tanaman, faktor-faktor yang mempengaruhinya serta unsur-unsur hidrometeorologi, hidrolika, kualitas air untuk tanaman, kebutuhan air tanaman, sejarah irigasi dan jenis-jenis irigasi, jenis-jenis drainase dan teknik pengembangan sumber daya air..



ISBN : 978-602-14374-0-7