

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengaruh Elemen Meteorologi Untuk Irigasi**

Sosrodarsono, (1978) dalam perencanaan saluran irigasi harus memperhatikan beberapa aspek yang mempengaruhi proses irigasi diantaranya adalah elemen-elemen meteorologi.

1. Presipitasi adalah nama umum dari uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi.
2. Intensitas curah hujan adalah derajat curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu. Biasanya yang digunakan adalah mm/jam.
3. Penguapan / evaporasi

Peristiwa air atau es menjadi uap dan naik keudara disebut penguapan dan berlangsung tidak berhenti-henti dari permukaan air, permukaan tanah, padang rumput, persawahan, hutan dan lain-lain. Penguapan ini terjadi pada tiap keadaan suhu, sampai udara di atas permukaan menjadi jenuh dengan uap tetapi kecepatan dan jumlah penguapan tergantung dari suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan atmosfer.

4. Suhu dan kelembaban

Formasi suhu udara dan suhu tanah dipengaruhi jumlah energi yang dipancarkan dari matahari atau jumlah radiasi matahari. Sebagian terbesar mencapai permukaan tanah. Sebagian dari radiasi yang mencapai permukaan

tanah dipantulkan ke udara yang meningkatkan suhu udara dan sisanya diabsorpsi kedalam tanah untuk meningkatkan suhu tanah.

#### 5. Angin

Arah angin adalah dari mana angin bertiup. Untuk penentuan arah angin digunakan arah angin dan pencatat angin. Untuk penunjuk angin biasanya digunakan sebuah panah dengan pelat pengarah.

#### 6. Penyinaran matahari

Perbandingan antara jumlah jam penyinaran yang terjadi dan jumlah jam penyinaran yang dapat terjadi ini disebut laju radiasi matahari. Makin besar harga perbandingan ini, makin baik keadaan cuaca.

Keadaan cuaca adalah salah satu dari syarat-syarat yang penting untuk pengelolaan pertanian. Tanaman tidak dapat bertahan dalam keadaan cuaca yang buruk. Jika dapat bertahan, maka tidak diharapkan panen yang berlebihan. Dengan memperhatikan keadaan cuaca dan cara pemanfaatannya, maka dapat dilaksanakan penanaman tanaman yang tepat dan sesuai dengan keadaan tanah. Faktor-faktor cuaca yang penting untuk pertanian adalah jumlah jam penyinaran matahari dan radiasi matahari.

Infiltrasi adalah perpindahan air dari atas kedalam permukaan tanah, Kebalikan dari infiltrasi adalah rembesan. Perkolasi adalah gerakan air kebawah dari zona tidak jenuh, yang terletak diantara permukaan tanah sampai kepermukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi kecil akan terjadi di permukaan air tanah yang terbentuk karena mengumpulnya air tanah di atas lapisan semi kedap air. (Sumarto,1995).

## **2.2 Cuaca dan Rancangan Irigasi**

Untuk menetapkan rancangan irigasi, diperlukan survei dan penyelidikan berturut-turut yaitu data meteorologi untuk penentuan tahun/periode dasar bagi rancangan irigasi harus dikumpulkan data curah hujan dengan jangka waktu yang sepanjang mungkin, curah hujan efektif, banyaknya hari-hari kering untuk periode irigasi dan lain-lain.

Disamping data curah hujan, diperlukan juga penyelidikan evapotranspirasi, kecepatan angin, arah angin, suhu udara, jumlah jam penyinaran matahari, kelembaban dan lain-lain.

## **2.3 Kebutuhan Air dan Tampungan Hidup**

Pusat Litbang Pengairan, (1993/1994) telah melakukan penelitian tentang kebutuhan air untuk penduduk, hewan dan kebun di P.Timor yang merupakan daerah semi kering. Penelitian dilakukan secara langsung dengan memasang meteran air di jaringan pipa distribusi pada lima buah embung yang telah dibangun.

Hasil penelitian dapat disebutkan berikut ini :

- 1) Kebutuhan air untuk penduduk  $Q_p = 150 \text{ l/hari/KK}$
- 2) Kebutuhan air untuk ternak  $Q_h = 200 \text{ l/hari/KK}^*)$
- 3) Kebutuhan air untuk kebun  $Q_k = 450 \text{ l/hari/KK}^{**})$

---


$$\text{Total } Q_u = 800 \text{ l/hari/KK}$$

\*) tiap KK dianggap memiliki 20 ekor ternak, KK = Kepala Keluarga

\*\* ) tiap KK dianggap menggarap kebun seluas  $200\text{m}^2$ .

Kalau angka ini dianggap mewakili kebutuhan didaerah semi kering lainnya, maka kebutuhan total untuk tampungan hidup ( $V_u$ ) adalah :

$$V_u = J_h \times JKK \times Q_u$$

Keterangan :

JKK = jumlah KK per desa (-), data dapat diperoleh dari buku statistik yang dikeluarkan Pemerintah Daerah setempat.

$J_h$  = Jumlah hari selama musim kemarau, yang secara praktis sebesar 8 bulan x 30 hari = 240 hari.

$Q_u$  = Kebutuhan air penduduk, ternak dan kebun (l/hari/KK)

Kebutuhan pengambilan dihitung dengan cara membagi kebutuhan bersih air di sawah NFR dengan keseluruhan efisiensi irigasi misalnya sebesar 65 persen. Debit rencana pada ruas pertama saluran utama sama dengan kebutuhan pengambilan.

$$DR = \frac{NFR}{8.64 \times Ef} \quad (2-1)$$

Keterangan :

NFR : kebutuhan air bersih disawah (mm/hari)

DR : kebutuhan air bersih disawah (lt/dt.ha)

Agar diperoleh angka-angka efisiensi yang realitis untuk tanaman ladang dan tebu, diperlukan riset/penelitian. Tetapi dengan kepemilikan tanah yang kecil serta pertanian yang intensif khususnya Jawa, tingkat efisiensi yang tinggi bisa dicapai.

Tabel 2.1 Harga Efisiensi Irigasi untuk Tanaman Ladang

	Awal	Peningkatan yang dapat dicapai
Jaringan Irigasi Utama	0,75	0,80
Petak Tersier	0,65	0,75
Keseluruhan	0,50	0,60

Sumber : KP-02

## **2.4 Aliran Melalui Pipa**

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran, dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas, dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair didalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Tekanan di permukaan zat cair disepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer. (Triatmodjo, 2003)

Aliran zat cair dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam sebagai berikut :

1. Aliran invicid dan viskos

Aliran invicid adalah aliran di mana kekentalan zat cair,  $\mu$ , dianggap nol (zat cair ideal). Pada kondisi tertentu, anggapan bahwa  $\mu = 0$  dapat diterima untuk zat cair dengan kekentalan kecil seperti air.

Aliran viskos adalah aliran di mana kekentalan diperhitungkan ( zat cair riil).

2. Aliran kompresibel dan tak kompresibel

Semua fluida (termasuk zat cair) adalah kompresibel sehingga rapat massanya berubah dengan perubahan tekanan. Oleh karena zat cair mempunyai kemampatan yang sangat kecil, maka dalam analisis aliran matap sering dilakukan anggapan zat cair tak kompresibel. Tetapi pada aliran tak mantap melalui pipa dimana bisa terjadi perubahan tekanan yang sangat besar, maka kompresibilitas zat cair harus diperhitungkan.

### 3. Aliran laminer dan turbulen

Aliran laminer apabila partikel-partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinu dan tidak saling memotong. Aliran laminer dapat terjadi apabila kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan zat cair mempunyai kekentalan besar.

Aliran turbulen apabila partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Aliran turbulen terjadi apabila kecepatan aliran besar, saluran besar dan zat cair mempunyai kekentalan kecil.

### 4. Aliran mantap dan tak mantap

Aliran mantap (*steady flow*) terjadi apabila jika variabel dari aliran (seperti kecepatan  $V$ , tekanan  $p$ , rapat massa  $\rho$ , tampang aliran  $A$ , debit  $Q$ , dsb) disembarang titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu.

Aliran tak mantap (*unsteady flow*) terjadi jika variabel aliran pada setiap titik berubah dengan waktu.

Debit aliran ( $Q$ ) adalah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu. Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satu satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik ( $m^3/d$ ) atau satuan yang lain (liter/detik, liter/menit, dsb). (Triatmodjo, 2003)

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan

aliran pada saluran terbuka (Kodoatie, 2009:227). Misalnya aliran air pada gorong-gorong. Pada kondisi saluran penuh air, desainnya harus mengikuti kaidah aliran pada pipa, namun bila mana aliran air pada gorong-gorong didesain tidak penuh maka sifat alirannya adalah sama dengan aliran pada saluran terbuka. Perbedaan yang lainnya adalah saluran terbuka mempunyai kedalaman air ( $y$ ), sedangkan pada pipa kedalam air tersebut ditransformasikan berupa ( $P/y$ ). Oleh karena itu konsep analisis aliran pada pipa harus dalam kondisi pipa terisi penuh dengan air.

Zat cair riil didefinisikan sebagai zat yang mempunyai kekentalan, berbeda dengan zat air ideal yang tidak mempunyai kekentalan. Kekentalan disebabkan karena adanya sifat kohesi antara partikel zat cair. Karena adanya kekentalan zat cair maka terjadi perbedaan kecepatan partikel dalam medan aliran. Partikel zat cair yang berdampingan dengan dinding batas akan diam (kecepatan nol) sedang yang terletak pada suatu jarak tertentu dari dinding akan bergerak. Perubahan kecepatan tersebut merupakan fungsi jarak dari dinding batas. Aliran zat cair riil disebut juga aliran viskos.

Aliran viskos adalah aliran zat cair yang mempunyai kekentalan (viskositas). Viskositas terjadi pada temperatur tertentu. Tabel 2.1. memberikaan sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer dan beberapa temperature. Kekentalan adalah sifat zat cair yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan mengubah sebagian energy aliran dalam bentuk energi lain seperti panas, suara, dan sebagainya. Perubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi.

Tabel 2.2. Viskositas Kinematik pada Tekanan Atmosfer

Suhu °C	Viskositas Kinematik ( $\nu$ ) $m^2/dt$	Suhu °C	Viskositas Kinematik ( $\nu$ ) $m^2/dt$
0.0	$1.795 \times 10^{-6}$	50.0	$0.556 \times 10^{-6}$
5.0	$1.519 \times 10^{-6}$	60.0	$0.477 \times 10^{-6}$
10.0	$1.308 \times 10^{-6}$	70.0	$0.415 \times 10^{-6}$
20.0	$1.007 \times 10^{-6}$	80.0	$0.367 \times 10^{-6}$
30.0	$0.804 \times 10^{-6}$	90.0	$0.328 \times 10^{-6}$
40.0	$0.661 \times 10^{-6}$	100.0	$0.296 \times 10^{-6}$

Sumber : Triatmodjo, 1996 : 15

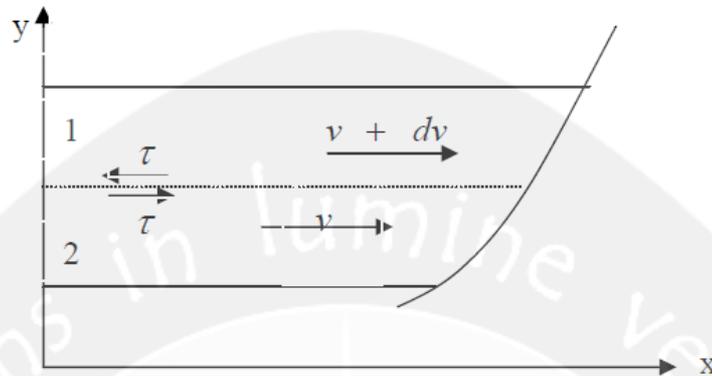
Aliran viskos dapat dibedakan menjadi dua macam. Apabila pengaruh kekentalan (viskositas) adalah cukup dominan sehingga partikel-partikel zat cair bergerak secara teratur menurut lintasan lurus maka aliran disebut laminar. Aliran laminar terjadi apabila kekentalan besar dan kecepatan aliran kecil. Dengan berkurangnya pengaruh kekentalan atau bertambahnya kecepatan maka aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Pada aliran turbulen partikel-partikel zat cair bergerak secara tidak teratur.

## 2.5 Hukum Newton Tentang Kekentalan Zat Cair

Kekentalan zat cair menyebabkan terbentuknya gaya-gaya geser antara dua elemen. Keberadaan kekentalan ini menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran atau diperlukan energi untuk menjamin adanya pengaliran.

Hukum Newton (Triatmodjo, 2003:2) tentang kekentalan menyatakan bahwa tegangan geser antara dua partikel zat cair yang berdampingan adalah sebanding dengan perbedaan kecepatan dari kedua partikel (gradien kecepatan) seperti terlihat dalam gambar 2.1 yang berbentuk :

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy} \quad (2-2)$$



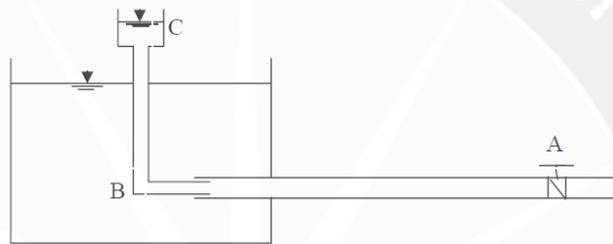
Gambar 2.1 Definisi Tegangan Geser (Triatmodjo, 2003 : 2)

Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (2-2) dan gambar (2.1), apabila dua elemen zat cair yang berdampingan dan bergerak dengan kecepatan berbeda, elemen yang lebih cepat akan diperlambat dan yang lebih lambat akan dipercepat. Tegangan geser  $\tau$  pada lapis satu, bagian bawah mempunyai arah ke kiri karena bagian tersebut tertahan oleh lapis di bawahnya yang mempunyai kecepatan lebih rendah. Sedangkan lapis dua, bagian atas bekerja tegangan geser dalam arah ke kanan karena bagian tersebut tertarik oleh lapis di atasnya yang mempunyai kecepatan lebih besar.

Pada permukaan antara dinding batas dan aliran zat cair juga terjadi tegangan geser dengan arah berlawanan dengan arah aliran. Tegangan geser pada dinding batas ini cukup besar karena gradien kecepatan di daerah tersebut sangat besar.

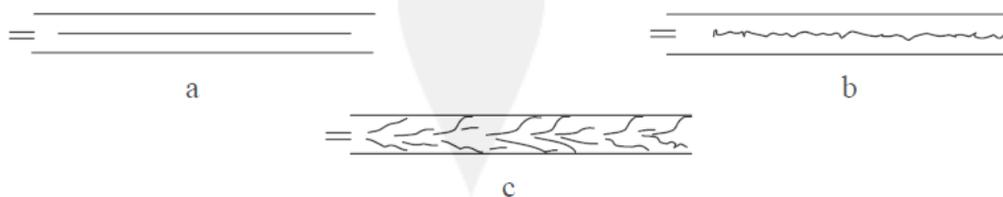
## 2.6 Percobaan Osborn Reynolds

Pada tahun 1884 Osborn Reynolds (Triatmodjo, 2003:3) melakukan percobaan untuk menunjukkan sifat-sifat aliran laminar dan aliran turbulen. Alat yang digunakan terdiri dari pipa kaca yang dapat melewatkan air dengan berbagai kecepatan (gambar 2.2). Aliran tersebut diatur oleh katub A. Pipa kecil B yang berasal dari tabung berisi zat warna C. Ujung yang lain berada pada lobang masuk pipa kaca.



Gambar 2.2 Alat Osborn Reynold (Triatmodjo, 2003 : 3)

Reynolds menunjukkan bahwa untuk kecepatan aliran yang kecil di dalam aliran kaca, zat warna akan mengalir dalam suatu garis lurus seperti benang yang sejajar dengan sumbu pipa. Apabila katub dibuka sedikit demi sedikit, kecepatan akan bertambah besar dan benang warna mulai berlubang yang akhirnya pecah dan menyebar pada seluruh aliran dalam pipa (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Aliran Laminer (a), Kritik (b), dan Turbulen (c) (Triatmodjo, 2003:4)

Kecepatan rerata pada benang warna yang mulai pecah disebut kecepatan kritik. Penyebaran dari benang warna disebabkan oleh percampuran dari

partikel-partikel zat cair selama pengaliran. Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa pada kecepatan kecil, pencampuran tidak terjadi dan partikel-partikel zat cair bergerak dalam lapisan-lapisan yang sejajar, dan menggelincir terhadap lapisan disampingnya. Keadaan ini disebut aliran laminar. Pada kecepatan yang lebih besar, benang warna menyebar pada seluruh penampang pipa, dan terlihat bahwa pencampuran dari partikel-partikel zat cair terjadi; keadaan ini disebut aliran turbulen.

Menurut Reynolds, ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan zat cair  $\mu$  (mu), rapat masa zat cair  $\rho$  (rho), dan diameter pipa  $D$ . Hubungan antara  $\mu$ ,  $\rho$ , dan  $D$  yang mempunyai dimensi sama dengan kecepatan adalah  $\frac{\mu}{\rho D}$ .

Reynolds menunjukkan bahwa aliran dapat diklasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu. Angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran didalam pipa dengan nilai  $\frac{\mu}{\rho D}$ , yang disebut dengan angka Reynolds.

Angka Reynolds mempunyai bentuk berikut ini :

$$Re = \frac{V}{\frac{\mu}{\rho D}} = \frac{V\rho D}{\mu} \text{ atau } Re = \frac{VD}{\nu}$$

Dengan  $\nu$  (nu) adalah kekentalan kinematik. Dari percobaan yang dilakukan untuk aliran air melalui pipa dapat disimpulkan bahwa pada angka Reynolds rendah gaya kental dominan sehingga aliran adalah laminar. Dengan bertambahnya angka Reynolds baik karena bertambahnya kecepatan atau berkurangnya kekentalan zat cair atau bertambah besarnya dimensi medan aliran

(pipa), akan bisa menyebabkan kondisi aliran laminer menjadi tidak stabil. Sampai pada suatu angka Reynolds di atas nilai tertentu aliran berubah dari laminer menjadi turbulen.

Berdasarkan pada percobaan aliran di dalam pipa, Reynolds menetapkan bahwa untuk angka Reynolds dibawah 2000, gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair, dan aliran pada kondisi tersebut adalah laminer. Aliran akan turbulen apabila angka Reynolds lebih besar dari 4000. Apabila angka Reynolds berada diantara kedua nilai tersebut  $2000 < Re < 4000$  aliran adalah transisi. Angka Reynolds pada kedua nilai diatas ( $Re = 2000$  dan  $Re = 4000$ ) disebut dengan batas kritik bawah dan atas.