

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Irigasi**

Menurut Sosrodarsono 1978, dalam jurnal (Lydia and Mutia 2015), irigasi merupakan pendistribusian air yang dibutuhkan guna pertumbuhan tanaman di atas tanah yang diolah dan pendistribusiannya adalah secara sistematis. Perancangan irigasi didasarkan kepada kondisi meteorologi di daerah yang bersangkutan dan kadar air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Bardan, 2014, yang termuat dalam (Izdihar Balqia, Mart Yupi, and Suyanto 2022) Irigasi secara umum didefinisikan sebagai cara-cara pengelolaan dan pemanfaatan air guna keperluan mencukupi pertumbuhan dan tumbuhnya tanaman terutama bagi tanaman pokok (di Indonesia yang utama ditujukan untuk tanaman padi dan palawija). Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 20 tahun 2006 (pp pemerintah 2006), Irigasi dapat dikatakan sebagai usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.

#### **2.2 Daerah Irigasi**

Berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum 2015), daerah irigasi merupakan kesatuan lahan yang mendapat air dari satu jaringan irigasi. Daerah irigasi biasanya diberi nama sesuai dengan nama daerah atau desa penting di daerah itu, yang umumnya berada di dekat jaringan bangunan utama atau sungai yang airnya diambil untuk keperluan irigasi (Eko Noerhayati 2018). Salah satu contohnya adalah Daerah Irigasi (DI) Nglambangan, dimana daerah irigasi tersebut terletak pada Desa Nglambangan, Kecamatan Tambarejo, Kabupaten Bojonegoro.

#### **2.3 Bangunan Irigasi**

Bangunan-bangunan yang ada dalam sistem irigasi, mulai dari tempat perolehan air hingga ke area pertanian terdiri atas berbagai bangunan yang mempunyai peran sebagai pendistribusi air, ada juga yang berguna untuk pengatur aliran air, dan sebagainya.

##### **2.3.1 Bangunan Utama**

Menurut (Direktorat Irigasi dan Rawa 2013), Bangunan utama irigasi merupakan seluruh konstruksi yang dirancang di sepanjang sungai atau aliran air dengan tujuan

mengalihkan sekaligus mengendalikan debit air agar dapat dialirkan ke dalam jaringan saluran irigasi, sehingga bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi.

#### 1. Bendung

Bendung adalah struktur yang berada di lintasan sungai yang berfungsi untuk meninggikan permukaan air sungai sehingga dapat mengalirkan air ke area yang memiliki tingkat elevasi yang lebih rendah yang membutuhkan, seperti daerah irigasi.

#### 2. Waduk

Waduk merupakan bangunan yang berfungsi sebagai tempat penampungan air ketika air yang kemudian nantinya dioergunakan saat dibutuhkan.

#### 3. Stasiun Pompa

Umumnya, pembangunan stasiun pompa pada sistem irigasi dilakukan apabila faktor ekonomi atau hambatan teknis tertentu menyebabkan pembangunan bendungan tidak layak atau tidak memberikan keuntungan. Oleh karena itu, stasiun pompa dimanfaatkan untuk menyalurkan air menuju area yang membutuhkan.

### 2.3.2 Bangunan Pembawa

Bangunan-bangunan pembawa mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir saluran. Aliran yang melalui bangunan ini dapat berada dalam keadaan superkritis atau subkritis.

#### 1. Bangunan Pembawa Dengan Aliran Superkritis

##### a. Bangunan terjun

Penggunaan bangunan terjun memungkinkan penurunan elevasi muka air dan energi aliran terkonsentrasi pada satu titik. Struktur ini dapat berbentuk terjun tegak maupun terjun miring. Apabila perbedaan tinggi energi cukup besar, hingga beberapa meter, maka pembangunan konstruksi berupa got miring perlu dipertimbangkan.

##### b. Got miring

Got miring biasanya dibangun ketika saluran melintasi wilayah dengan kemiringan curam dan perbedaan tinggi energi yang cukup besar. Bagian saluran ini diperkuat dengan dinding pelapis (lining), berfungsi mengalirkan air dalam kondisi superkritis, serta mengikuti kontur kemiringan alami lahan.

## 2. Bangunan Pembawa Dengan Aliran Subkritis (Bangunan Silang)

### a. Gorong-gorong

Gorong-gorong ditempatkan pada titik-titik di mana saluran harus melewati bawah konstruksi lain, seperti jalan raya atau rel kereta api, maupun ketika saluran pembuang melintas di bawah saluran irigasi. Aliran yang terjadi di dalam gorong-gorong pada umumnya berupa aliran bebas.

### b. Talang

Talang berfungsi menyalurkan aliran air irigasi melintas di atas saluran lain, alur pembuang alami, cekungan, maupun lembah. Jenis aliran yang terjadi di dalam talang umumnya merupakan aliran bebas.

### c. Sipon

Sipon dimanfaatkan untuk menyalurkan air irigasi dengan memanfaatkan gaya gravitasi agar dapat melewati bawah saluran pembuangan, cekungan, anak sungai, maupun sungai. Selain itu, sipon juga berfungsi untuk mengalirkan air di bawah jalan, rel kereta api, atau konstruksi lainnya. Sipon merupakan saluran tertutup yang dirancang untuk dialiri air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tekanan tinggi.

### d. Jembatan sipon

Jembatan sipon adalah saluran tertutup yang bekerja dengan prinsip tekanan tinggi, dan digunakan untuk menurunkan kebutuhan ketinggian konstruksi penopang saat melintasi lembah yang dalam.

### e. Flum (flume)

Terdapat beberapa jenis flum yang dimanfaatkan untuk mengalirkan air irigasi melalui medan tertentu, seperti:

1. Flum tumpu (bench flume), digunakan untuk mengalirkan air sepanjang lereng bukit yang curam.
2. Flum elevasi (elevated flume), digunakan untuk menyeberangkan air irigasi di atas saluran pembuangan atau jalur air lainnya.
3. Flum, digunakan saat lahan untuk konstruksi terbatas atau jika tanah tidak cocok untuk membuat potongan melintang saluran trapesium biasa. Flum mempunyai potongan melintang berbentuk segi empat atau setengah bulat. Aliran dalam flum adalah aliran bebas.

f. Saluran tertutup

Saluran tertutup diterapkan apabila jalur saluran terbuka melewati kawasan yang memerlukan galian dalam dengan lereng curam dan rawan longsor. Selain itu, saluran jenis ini juga sering dibangun di wilayah permukiman maupun di tepi sungai yang berisiko banjir. Bentuk penampang saluran tertutup, baik yang digali maupun ditimbun, biasanya berupa segi empat atau lingkaran. Pada umumnya, aliran yang terjadi di dalam saluran tertutup merupakan aliran bebas.

g. Terowongan

Terowongan biasanya dibangun apabila kondisi biaya dan anggaran mendukung pembuatan saluran tertutup guna mengalirkan air menembus perbukitan atau daerah dengan elevasi tinggi. Pada umumnya, aliran yang terjadi di dalam terowongan adalah aliran bebas.

### 2.3.3 Bangunan Sadap

Bangunan sadap terdiri atas 3 jenis, yaitu bangunan sadap sekunder, bangunan sadap teriser, dan bangunan bagi sadap kombinasi sistem proporsional.

1. Bangunan sadap sekunder

Bangunan pengambilan air sekunder berfungsi menyalurkan air ke saluran sekunder sehingga mampu melayani lebih dari satu petak tersier. Umumnya, kapasitas bangunan pengambilan ini melebihi 0,250 m<sup>3</sup>/detik. Terdapat empat tipe konstruksi yang dapat diterapkan sebagai bangunan pengambilan air sekunder:

- a. Alat ukur Romijn
- b. Alat ukur Crump-de Gruyter
- c. Pintu aliran bawah dengan alat ukur ambang lebar
- d. Pintu aliran bawah dengan alat ukur flume

Pemilihan tipe bangunan pengambilan air tergantung pada ukuran saluran sekunder yang akan diberi pasokan serta besarnya kehilangan tinggi energi yang diizinkan. Untuk kehilangan tinggi energi yang minimal, digunakan alat ukur Romijn hingga debit mencapai 2 m<sup>3</sup>/detik; dalam kondisi ini, biasanya dipasang dua atau tiga pintu Romijn secara berdampingan. Untuk debit yang lebih besar, sebaiknya dipilih pintu geser dengan alat ukur terpisah, yaitu menggunakan alat ukur ambang lebar. Apabila kehilangan tinggi energi cukup

tersedia, bangunan pengambilan air Crump-de Gruyter menjadi opsi yang sesuai. Bangunan ini dapat dirancang dengan satu pintu atau beberapa pintu, dengan kapasitas hingga 0,9 m<sup>3</sup>/detik per pintu.

## 2. Bangunan sadap tersier

Bangunan pengambilan air tersier berfungsi menyuplai air ke petak-petak tersier. Kapasitas bangunan ini berkisar antara 50 hingga 250 l/detik. Alat ukur Romijn merupakan pilihan yang paling tepat apabila tinggi muka air hulu dikendalikan oleh bangunan pengatur dan kehilangan tinggi energi menjadi perhatian utama.

Jika kehilangan tinggi energi tidak menjadi masalah dan terdapat fluktuasi tinggi air yang cukup besar, alat ukur Crump-de Gruyter dapat dijadikan alternatif. Dari sisi biaya, antara debit maksimum dan minimum, penggunaan alat ukur Crump-de Gruyter umumnya lebih ekonomis dibandingkan pintu Romijn.

Pada saluran irigasi yang harus terus menyalurkan air bahkan pada debit rendah, alat ukur Crump-de Gruyter lebih sesuai karena titik pengambilannya lebih rendah dibandingkan pintu Romijn. Secara umum, penggunaan lebih dari satu tipe bangunan pengambilan air tersier di satu area irigasi tidak dianjurkan; pemakaian satu jenis bangunan mempermudah pengoperasian.

Untuk bangunan pengambilan air tersier yang mengambil air dari saluran primer besar, di mana pembangunan bangunan pengatur sangat mahal dan ketinggian air yang diperlukan di petak tersier lebih rendah daripada elevasi air saat debit rendah di saluran, lebih menguntungkan menggunakan bangunan pengambilan air pipa sederhana dengan pintu geser sebagai penutup. Debit maksimum melalui pipa sebaiknya ditentukan berdasarkan rencana tinggi air di saluran primer dan petak tersier. Dengan demikian, meskipun debit terbatas, petak tersier masih dapat menerima pasokan air apabila muka air di saluran primer cukup tinggi untuk mengairi wilayah tersebut.

## 3. Bangunan bagi dan sadap kombinasi sistem proporsional

Pada daerah irigasi yang berlokasi pada area terpencil, pengoperasian pintu sadap dapat menjadi masalah yang kompleks, semakin sering jadwal pengoperasian dilakukan, semakin besar probabilitas pintu tidak dioperasikan secara tepat waktu. Dalam mengatasi kondisi seperti ini, solusi yang bisa digunakan adalah menerapkan pembagian air secara

proporsional. Sistem proporsional ini tidak membutuhkan pintu pengatur, pembagi, atau pengukur. Tetapi, sistem ini memiliki persyaratan khusus:

- a. Elevasi ambang harus seragam di semua arah.
- b. Bentuk ambang harus seragam untuk memastikan koefisien debit yang sama.
- c. Lebar ambang harus sesuai dengan luas area pertanian yang dialiri.

Syarat untuk menerapkan sistem ini adalah:

- a. Tanaman yang ditanam harus sejenis (monokultur).
- b. Penanaman dilakukan secara serentak.
- c. Ketersediaan air harus memadai.

Oleh sebab itu, penerapan sistem proporsional secara luas pada jaringan irigasi di Indonesia tidak memungkinkan karena sulit memenuhi persyaratan yang telah disebutkan sebelumnya. Menyadari keterbatasan pada sistem proporsional maupun sistem konvensional, dikembangkan alternatif berupa bangunan pengatur dan pengambilan air yang menggabungkan kedua sistem tersebut, yang dikenal sebagai sistem kombinasi. Bangunan ini memiliki fungsi ganda, yakni melayani sistem konvensional sekaligus sistem proporsional:

- a. Berdasarkan elevasi sawah tertinggi dari lokasi bangunan pengatur dan pengambilan air tersebut, ditetapkan elevasi muka air di pintu pengatur dan pengambilan air.
- b. Elevasi ambang pada setiap bangunan pengatur dan pengambilan air adalah seragam, yakni sama dengan elevasi ambang dari petak tersier yang memiliki elevasi sawah tertinggi.

Kebutuhan air ( $l/det/ha$ ) pada setiap bangunan pengatur dan pengambilan air harus homogen, sehingga perbandingan luas petak tersier, debit, dan lebar ambang pada setiap bangunan pengatur dan pengambilan air adalah sama (KP-04 2013).

#### **2.3.4 Bangunan Pengukur dan Pengatur**

Bangunan pengatur berfungsi untuk mengontrol tinggi muka air di saluran, terutama di lokasi bangunan pengambilan air sekunder dan tersier. Pada saluran dengan tinggi energi rendah—misalnya sebagian besar saluran garis tinggi—bangunan pengatur harus dirancang agar tidak menimbulkan hambatan berarti ketika debit air sesuai dengan rencana. Contohnya, pintu geser perlu bisa diangkat sepenuhnya di dalam air saat debit sesuai rencana, dan

kehilangan energi harus diminimalkan pada pintu skot balok ketika seluruh baloknya diangkat (KP-04 2013).

Pengukuran aliran dilakukan pada titik-titik tertentu, termasuk di hulu saluran primer, pada cabang saluran di jaringan primer, serta di bangunan pengambilan air sekunder dan tersier. Bangunan pengukur terbagi menjadi dua tipe utama, yaitu pengukur aliran atas bebas (free overflow) dan pengukur aliran bawah (underflow). Selain itu, beberapa bangunan pengukur juga berfungsi untuk mengendalikan aliran air.

Tabel 2. 1 Alat-alat Ukur

| Tipe                                  | Mengukur Dengan | Mengatur |
|---------------------------------------|-----------------|----------|
| Bangunan ukur ambang lebar            | Aliran atas     | Tidak    |
| Bangunan ukur <i>Parshall</i>         | Aliran atas     | Tidak    |
| Bangunan ukur Cipoletti               | Aliran atas     | Tidak    |
| Bangunan ukur <i>Romijn</i>           | Aliran atas     | Ya       |
| Bangunan ukur <i>Crump-de-Gruyter</i> | Aliran Bawah    | Ya       |
| Bangunan sadap pipa sederhana         | Aliran Bawah    | Ya       |
| <i>Constant-Head Orifice</i>          | Aliran Bawah    | Ya       |
| <i>Cut Throat Flume</i>               | Aliran atas     | Tidak    |

Sumber: Direktorat Irigasi dan Rawa (2013)

Agar operasi dan pemeliharaan lebih efisien, sebaiknya jumlah bangunan pengukur dalam suatu jaringan irigasi tidak terlalu banyak. Idealnya, alat-alat pengukur yang digunakan mampu sepenuhnya mengatasi kebutuhan distribusi air bagi para petani.

### 2.3.5 Bangunan Pengatur Muka Air

Bangunan pengatur muka air berfungsi mengendalikan tinggi muka air pada jaringan irigasi utama hingga batas tertentu agar pasokan debit ke bangunan pengambilan air tersier tetap stabil. Bangunan pengatur ini dilengkapi dengan komponen pengendali aliran yang bisa

bersifat tetap atau dapat disesuaikan. Untuk tipe yang dapat disesuaikan, penggunaan pintu radial (pintu geser) atau alternatif sejenis sangat dianjurkan.

Bangunan pengatur diperlukan terutama pada lokasi di mana tinggi muka air dalam saluran dipengaruhi oleh bangunan terjun atau gorong-gorong miring (chute). Untuk mencegah fluktuasi tinggi muka air dalam saluran, digunakan mercu tetap atau celah kontrol berbentuk trapezium.

### **2.3.6 Bangunan Lindung**

Bangunan ini dibutuhkan untuk melindungi saluran dari ancaman baik eksternal maupun internal. Dari sisi eksternal, bangunan ini berfungsi menahan limpasan air yang berlebihan, sedangkan dari sisi internal, bangunan mengendalikan aliran saluran yang berlebihan akibat eksploitasi yang tidak tepat atau infiltrasi air dari luar saluran.

#### **1. Bangunan pembuang silang**

Gorong-gorong adalah salah satu jenis bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan untuk perlindungan eksternal. Sipon biasanya diterapkan ketika saluran irigasi kecil harus melewati saluran pembuang yang lebih besar. Dalam kondisi tersebut, penggunaan sipon untuk menyalurkan air irigasi di bawah saluran pembuang dianggap lebih aman dan ekonomis. Overchute dirancang apabila elevasi dasar saluran pembuang di hulu saluran irigasi lebih tinggi dibandingkan permukaan air normal pada saluran tersebut.

#### **2. Pelimpah (spillway)**

Ada tiga jenis lindungan dalam yang biasanya digunakan, yakni saluran pelimpah, sipon pelimpah, dan pintu pelimpah otomatis. Pengatur pelimpah dibutuhkan pada bagian hulu bangunan pembawa, di ujung hilir saluran primer maupun sekunder, dan pada titik lokasi lain yang dianggap penting untuk menjaga keamanan jaringan. Bangunan pelimpah ini bekerja secara otomatis dengan bertambahnya permukaan air.

#### **3. Bangunan penggelontor sedimen (sediment excluder)**

Bangunan ini berfungsi untuk mengalirkan keluar endapan sedimen yang terkumpul di saluran primer maupun sekunder, terutama pada titik pertemuannya dengan sungai. Pada bagian tersebut, sedimen dibiarkan mengendap terlebih dahulu, lalu dibersihkan secara rutin dengan memanfaatkan pintu-pintu penguras.

#### **4. Bangunan penguras (wasteway)**



Bangunan penguras biasanya dilengkapi dengan pintu yang dikendalikan secara manual dan berfungsi untuk mengosongkan saluran sepenuhnya apabila terjadi kelebihan air, baik akibat kesalahan dalam pengoperasian maupun karena masuknya air dari luar saluran.

#### 5. Saluran pembuang samping

Secara umum, air buangan dialirkan menuju saluran pembuang terbuka yang posisinya sejajar dengan saluran irigasi. Saluran ini kemudian mengalirkan air tersebut ke bangunan pembuang silang atau, apabila debitnya jauh lebih kecil dibandingkan aliran utama irigasi, air dapat dialirkan kembali ke saluran irigasi melalui lubang pembuang.

#### 6. Saluran gendong

Saluran gendong adalah saluran pembuang yang dibangun sejajar dengan saluran irigasi dan berfungsi menahan aliran permukaan dari luar kawasan irigasi agar tidak bercampur dengan air dalam saluran irigasi. Air yang tertampung di saluran gendong kemudian dialirkan menuju saluran pembuang alami atau jaringan drainase terdekat.

### 2.3.7 Bangunan Pelengkap

Tanggul berfungsi melindungi kawasan irigasi dari ancaman banjir yang dapat berasal dari sungai maupun saluran pembuang berukuran besar. Pada umumnya, tanggul dibangun di sepanjang aliran sungai, khususnya di bagian hulu tikungan, atau di sisi saluran primer. Selain itu, keberadaan sarana operasional juga sangat diperlukan agar pengelolaan jaringan irigasi dapat berjalan secara efisien dan aman. Fasilitas tersebut mencakup kantor lapangan, bengkel, perumahan petugas irigasi, jaringan komunikasi, penanda hektometer, papan informasi eksploitasi, papan duga, serta sarana pendukung lainnya.

## 2.4 Sistem Jaringan Irigasi

### 2.4.1 Sistem Jaringan Irigasi

Sistem irigasi menurut (Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya dan Lingkungan 2013), terbagi menjadi 3 klasifikasi yaitu :

#### 1. Sistem Irigasi Gravitasi

Irigasi gravitasi merupakan salah satu sistem irigasi tertua yang banyak dimanfaatkan dalam kegiatan pertanian. Pada sistem ini, air irigasi berasal dari sumber-sumber permukaan seperti sungai, waduk, atau danau yang berada di dataran lebih tinggi.

Penyaluran serta pengaturan air menuju lahan pertanian dilakukan secara alami dengan memanfaatkan gaya tarik gravitasi bumi.

## 2. Sistem Irigasi Pompa

Sistem irigasi dengan pompa dapat dijadikan alternatif ketika penyaluran air secara gravitasi tidak memungkinkan. Metode ini membutuhkan investasi awal yang relatif kecil, tetapi pengeluarannya cukup tinggi pada tahap operasional. Sumber air yang dapat dipompa untuk keperluan irigasi dapat diambil dari sungai, misalnya Stasiun Pompa Semanding di daerah sungapan manding.

## 3. Sistem Irigasi Pasang Surut

Sistem Irigasi Pasang Surut adalah metode irigasi yang memanfaatkan fluktuasi muka air sungai akibat pengaruh pasang dan surutnya air laut. Daerah yang dapat menerapkan sistem ini adalah kawasan yang langsung terkena dampak perubahan tinggi muka air laut. Sebagai contoh, di wilayah Kalimantan, area yang terdampak dapat membentang sekitar 30–50 km sepanjang garis pantai dan masuk ke daratan sejauh 10–15 km. Pada saat air laut surut, air tawar dari sungai masuk ke daratan, membantu menekan sekaligus membersihkan tanah dari kandungan sulfat masam, yang kemudian terbuang kembali ketika air laut mengalami surut berikutnya.

Dalam klasifikasi jaringan irigasi berdasarkan metode pengaturan, teknik pengukuran aliran, serta sarana yang digunakan, sistem ini dibagi ke dalam tiga tingkatan berbeda, yaitu:

### 1. Jaringan Irigasi Sederhana

Pada sistem irigasi sederhana, distribusi air tidak diukur maupun dikendalikan, sehingga aliran air lebih sering mengarah ke saluran pembuangan. Ketersediaan air umumnya berlimpah, sementara kemiringan lahan berada pada tingkat sedang hingga curam. Dengan kondisi tersebut, metode pengaturan air yang kompleks hampir tidak dibutuhkan..

Meskipun mudah diorganisir, jaringan irigasi ini memiliki beberapa kelemahan serius, yaitu:

- a) Terjadi pemborosan air karena jaringan ini umumnya berada di wilayah yang tinggi, akibatnya air yang terbuang tidak selalu dapat mencapai daerah rendah yang subur.

- b) Memerlukan biaya yang cukup tinggi dari penduduk dalam melakukan pemeliharaan endapan pada saluran, hal tersebut karena setiap desa membuat jaringan dan pengambilan air secara mandiri.
  - c) Umur bangunan penangkap air relatif tidak lama karena bukan termasuk bangunan permanen.
2. Jaringan Irigasi Semi Teknik

Pada jaringan irigasi semi-teknis, bendung ditempatkan di aliran sungai dan dilengkapi pintu pengambilan, namun tidak disertai bangunan pengukur di bagian hilir. Umumnya, terdapat beberapa konstruksi permanen yang dibangun di sepanjang saluran utama. Pola distribusi airnya sebagian besar menyerupai sistem pada irigasi sederhana. Bangunan pengambilan berfungsi untuk mengairi wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan cakupan layanan pada jaringan sederhana.

3. Jaringan Irigasi Teknis

Salah satu prinsip utama pada jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara saluran pembawa dengan saluran pembuang. Artinya, masing-masing saluran memiliki fungsi tersendiri, yaitu saluran pembawa menyalurkan air irigasi menuju lahan sawah, sementara saluran pembuang bertugas menyalurkan kelebihan air dari lahan ke saluran pembuangan.

Jaringan irigasi teknis yang dirancang berdasarkan prinsip tersebut menjadi sistem distribusi air paling efisien karena memperhitungkan variasi pasokan air serta kebutuhan petani. Melalui sistem ini, pengukuran debit, distribusi air irigasi, dan pembuangan kelebihan air dapat dilaksanakan secara lebih optimal. Jika petak tersier hanya memperoleh pasokan dari satu titik pada jaringan utama, jumlah bangunan di saluran primer dapat dikurangi, sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan dan menekan biaya pemeliharaan. Selain itu, kesalahan dalam pengelolaan air di petak tersier tidak akan memengaruhi pembagian air pada jaringan utama.

#### **2.4.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi**

Menurut Sidharta, 1997, yang termuat dalam jurnal (Dwiwana, Nurhayati, and Umar 2019) klasifikasi jaringan irigasi dapat dijelaskan pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jaringan Irigasi Sidharta (1997)

|    |                                                      | Klasifikasi Jaringan                          |                                                          |                                    |
|----|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
|    |                                                      | Non Teknis                                    | Semi Teknis                                              | Teknis                             |
| 1. | Bangunan Utama                                       | Bangunan Sementara                            | Bangunan Permanen atau Semi Permanen                     | Bangunan Permanen                  |
| 2. | Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit | Jelek                                         | Sedang                                                   | Baik                               |
| 3. | Jaringan Saluran                                     | Saluran irigasi dan pembuangan jadi satu      | Sal. irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah      | Sal. irigasi dan pembuang terpisah |
| 4. | Petak Tersier                                        | Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan | Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang | Dikembangkan Sepenuhnya            |
| 5. | Efisiensi secara keseluruhan                         | < 40%                                         | 40 – 50%                                                 | 50 - 60%                           |
| 6. | Ukuran                                               | < 500 ha                                      | Sampai 2000 ha                                           | Tak ada batasan                    |

Sumber : Sidharta (1997)

#### A. Jaringan Irigasi Non Teknis

Jaringan Irigasi Non Teknis mempunyai luas kurang dari 500ha dan bersifat sementara atau tidak permanen. Bangunan irigasi Non Teknis memiliki kemampuan yang kurang memadai dalam mengukur dan mengatur debit, dimana saluran irigasi dan pembuangan menjadi satu, sehingga belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan dengan efisiensi jaringan kurang dari 40%

#### B. Jaringan Irigasi Semi Teknis

Jaringan Irigasi Semi Teknis mempunyai ukuran yang lumayan luas yakni bisa sampai 2000ha dan bersifat semi permanen. Bangunan irigasi Semi Teknis memiliki kemampuan yang cukup memadai dalam mengukur dan mengatur debit, dimana sudah ada bangunan pemisah saluran irigasi dan pembuangan namun tidak sepenuhnya terpisah, dengan efisiensi jaringan kurang dari 40-50%

### C. Jaringan Irigasi Teknis

Jaringan Irigasi Teknis merupakan tipe jaringan irigasi yang paling kompleks dibanding jenis jaringan irigasi yang lain dengan efisiensi 50-60%. Hal ini tentunya dikarenakan jaringan irigasi teknis sudah terdapat bangunan pemisah antara jaringan irigasi dan jaringan pemisah. Hal yang membuat efisiensi jaringan irigasi teknis lebih tinggi dari yang lain adalah petak tersiernya sudah sepenuhnya dikembangkan. Jaringan irigasi teknis biasanya tidak memiliki batasan dalam ukuran.

#### 2.4.3 Petak Irigasi

Pada umumnya petak irigasi dibagi menjadi 3 bagian, sebagai berikut :

##### 1. Petak Primer

Petak primer terdiri atas sejumlah petak sekunder yang memperoleh air secara langsung dari saluran primer. Satu saluran primer biasanya menyalurkan air dari sumber utama, umumnya sungai, untuk mengairi sebuah petak primer. Pada beberapa proyek irigasi, terdapat dua saluran primer sehingga terbentuk dua petak primer. Wilayah yang terletak di sepanjang jalur saluran primer kerap sulit dijangkau bila hanya mengandalkan aliran dari saluran sekunder. Apabila saluran primer dibangun mengikuti garis kontur ketinggian, maka daerah di sekitarnya perlu menerima pasokan air langsung dari saluran primer tersebut.

##### 2. Petak Sekunder

Petak sekunder terdiri atas sejumlah petak tersier yang seluruhnya mendapatkan suplai air dari satu saluran sekunder. Pada umumnya, petak sekunder memperoleh pasokan air melalui bangunan pengatur yang terletak di saluran primer maupun sekunder. Batas wilayah petak sekunder biasanya ditentukan oleh elemen topografi yang jelas, misalnya saluran pembuang. Luas petak sekunder dapat berbeda-beda sesuai dengan kondisi setempat. Saluran sekunder umumnya dibangun di punggung medan sehingga dapat menyalurkan air ke dua sisi hingga mencapai saluran pembuang yang menjadi batasnya. Selain itu, saluran sekunder juga dapat dirancang sebagai saluran garis tinggi yang hanya menyalurkan air ke lereng dengan elevasi lebih rendah.

##### 3. Petak Tersier

Rencana dasar dalam pengelolaan unit lahan berada pada tingkat petak tersier. Petak ini memperoleh aliran irigasi melalui bangunan pengambilan air tersier, yang menjadi

tanggung jawab Dinas Pengairan. Dari struktur pengambilan tersebut, air dialirkan ke saluran tersier. Pada petak tersier, pengaturan distribusi air, pemanfaatannya, serta pemeliharaan diserahkan kepada kelompok petani dengan arahan dari pemerintah. Faktor tersebut turut menentukan luas petak tersier. Apabila luas petak terlalu besar, efisiensi pembagian air akan menurun. Aspek lain yang berpengaruh meliputi jumlah petani dalam satu petak, jenis komoditas yang dibudidayakan, serta kondisi topografi. Untuk lahan sawah padi, ukuran ideal petak tersier adalah maksimal 50 hektar, tetapi dalam situasi tertentu dapat diperluas hingga 75 hektar, menyesuaikan kondisi lahan dan kemudahan pengelolaan, agar operasi dan pemeliharaan tetap praktis. Petak tersier sebaiknya memiliki batas alami maupun buatan yang jelas, seperti parit, jalan, batas administrasi desa, atau perubahan kontur lahan.

Petak tersier kemudian dibagi menjadi unit-unit lebih kecil yang disebut petak kuarter, dengan luas sekitar 8 hingga 15 hektar masing-masing. Apabila kondisi topografi memungkinkan, bentuk petak tersier idealnya berupa bujur sangkar atau persegi panjang, sehingga memudahkan penataan tata guna lahan dan meningkatkan efisiensi pembagian air. Petak tersier juga perlu berbatasan langsung dengan saluran primer atau saluran pembuangan. Jika posisinya tidak berdekatan dengan jaringan irigasi utama dan membutuhkan tambahan saluran tersier untuk membatasi wilayah, kondisi ini sebaiknya dihindari. Panjang saluran tersier yang ideal tidak melebihi 1.500 meter, meskipun dalam praktik bisa mencapai 2.500 meter. Adapun saluran kuarter disarankan memiliki panjang di bawah 500 meter, walaupun kenyataannya terkadang dapat mencapai 800 meter

#### **2.4.4 Saluran Irigasi**

Saluran irigasi pada umumnya dibagi menjadi 4 bagian utama, yaitu :

##### **1. Jaringan saluran irigasi utama (Primer)**

Saluran primer berfungsi menyalurkan air dari jaringan utama menuju saluran sekunder serta ke petak-petak tersier yang berada dalam jangkauannya. Ujung saluran primer ditandai oleh bangunan bagi terakhir. Sementara itu, saluran sekunder menyalurkan air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang menjadi wilayah pelayanannya. Batas akhir saluran sekunder ditentukan oleh bangunan sadap terakhir.

## 2. Jaringan saluran irigasi tersier

Saluran irigasi tersier mengalirkan air dari bangunan sadap tersier di jaringan utama ke dalam petak tersier, kemudian air dialirkan melalui saluran kuarter. Batas ujung dari saluran ini terletak pada box bagi kuarter yang terakhir. Saluran kuarter membawa air dari box bagi kuarter melalui bangunan sadap tersier.

## 3. Jaringan saluran pembuang utama

Saluran pembuangan primer mengalirkan kelimpahan air dari saluran pembuangan sekunder keluar dari daerah irigasi. Saluran pembuangan primer biasanya berupa saluran pembuangan alami yang mengarahkan kelebihan air ke sungai, anak sungai, atau laut.

Saluran pembuang sekunder menyalurkan air yang berasal dari jaringan pembuang tersier, kemudian mengalirkannya menuju saluran pembuang primer atau langsung ke saluran alami agar keluar dari area irigasi.

## 4. Jaringan saluran pembuang tersier

Saluran pembuang tersier terletak di antara petak-petak tersier yang berada dalam satu unit irigasi sekunder, dengan fungsi menampung aliran air dari saluran pembuang kuarter maupun dari lahan sawah. Air yang terkumpul kemudian dialirkan ke jaringan pembuang sekunder. Selanjutnya, saluran pembuang sekunder menerima aliran buangan yang berasal dari saluran pembuang kuarter.

## 2.5 Analisa Hidrologi

### 2.5.1 Uji Kualitas Data

Setelah proses pengukuran selesai, data hidrologi dikirim ke pusat pengolahan untuk dikumpulkan, dicek kebenarannya, disimpan, dan diolah agar siap digunakan. Pengiriman data tersebut dapat dilakukan secara konvensional, seperti melalui pos, maupun dengan memanfaatkan teknologi modern seperti gawai, radio, telex, satelit, dan berbagai media komunikasi lainnya. Data yang telah diterima di pusat pengolahan kemudian disusun berdasarkan urutan waktu sehingga membentuk deret waktu. Selanjutnya, deret data ini dianalisis lebih lanjut untuk keperluan evaluasi dan validasi data hidrologi Soewarno (1995) dalam penelitian (Az Zahrah Tsaniyah Permata, Ussy Andawayanti 2025)

### 2.5.1.1 Uji Konsistensi Data ( Kurva Massa Ganda)

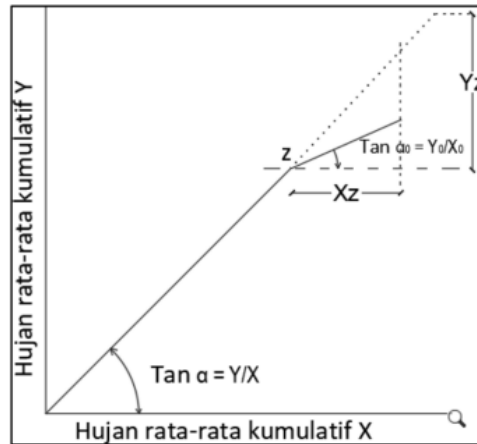
Pengujian ini dilakukan guna memastikan tidak adanya kekeliruan dalam aktivitas pencatatan curah hujan di lapangan. Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan pendekatan kurva massa ganda, yaitu teknik grafis yang berfungsi menilai keteraturan serta konsistensi data hidrologi pada suatu titik pengamatan. Perubahan pada kemiringan kurva massa ganda dapat muncul akibat sejumlah faktor, antara lain adanya modifikasi dalam prosedur pencatatan, variasi metode pengolahan data, maupun pemindahan letak pos pengamatan.

Dalam praktiknya, analisis kurva massa ganda dilakukan dengan cara membandingkan secara visual data curah hujan kumulatif dari stasiun yang diuji (contohnya pos A) dengan data acuan dari stasiun pembanding (misalnya pos B). Data yang digunakan dari pos B merupakan rata-rata dari sejumlah pos hujan di sekitar pos A yang memiliki kesamaan kondisi topografi maupun iklim. Supaya hasil pengujian dapat dipertanggungjawabkan, data yang dianalisis harus mencakup periode pengamatan minimal 10 tahun berturut-turut.

Pada grafik aritmetika, data kumulatif dari pos A ditempatkan pada sumbu tegak (ordinat), sedangkan data kumulatif dari pos B digambarkan pada sumbu mendatar (absis). Dengan mengamati hubungan pola antara kedua data tersebut, konsistensi data dari pos A dapat dievaluasi. Jika garis pada grafik membentuk pola lurus tanpa perubahan arah, maka data dari pos A dinyatakan konsisten. Namun, apabila terlihat adanya patahan pada garis, berarti data tersebut memerlukan penyesuaian atau koreksi.

Menurut Soewarno (1995) dalam (Freddy Ilfan 2019) besarnya koreksi ditentukan dari perbedaan kemiringan garis lurus pada grafik. Jika nilai kemiringan sebelum terjadi perubahan adalah  $b$  dan setelah perubahan menjadi  $a$ , maka data curah hujan dari pos A sebelum titik perubahan perlu disesuaikan dengan cara mengalikan data tersebut dengan faktor koreksi, yaitu rasio  $a/b$ . Koreksi dibutuhkan dengan tujuan agar data lama tetap sejalan dengan data terbaru yang lebih akurat serta dapat mencerminkan kondisi sebenarnya





Gambar 2. 1 Grafik Analisis Kurva Massa Ganda

Sumber: Soewarno (2000)

Berikut persamaan dari perhitungan grafik diatas :

$$C = Fk \times C'$$

$$Fk = \left( \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_c} \right)$$

Dimana:

C : Data hujan yang diperbaiki (mm)

C' : Data hujan hasil pengamatan (mm)

Tan  $\alpha$  : Kemiringan sebelum ada perubahan (°)

Tan  $\alpha_c$  : Kemiringan setelah ada perubahan (°)

### 2.5.1.2 Uji Kepanggahan Data (Metode RAPS)

Uji kepanggahan data curah hujan dilakukan untuk menjamin ketepatan hasil pengamatan di lapangan agar bebas dari kesalahan, baik dalam proses pencatatan maupun penyampaian data. Dalam (Afdal, Yusuf, and Cangara 2024), Sri Harto 1993 menyebutkan bahwa ketidak panggahan data dapat diuji dengan cara analisis kurva massa ganda berupa penggambaran besaran hujan komulatif stasiun yang diuji dengan besaran hujan komulatif rata-rata hujan dari beberapa stasiun acuan di sekitarnya. Salah satu teknik yang umum dipakai untuk menguji konsistensi data curah hujan adalah *Rescaled Adjusted Partial Sums*

(RAPS). Metode ini diterapkan secara mandiri pada tiap stasiun pengamatan atau yang disebut *stand alone station*, tanpa perlu membandingkannya dengan stasiun lain.

Tujuan dari uji konsistensi ini adalah untuk mengidentifikasi adanya ketidakselarasan atau perubahan pola pada data dari satu stasiun yang sama, dengan melihat pergeseran nilai rata-rata secara statistik. Proses pengujian dilakukan melalui analisis penyimpangan kumulatif terhadap nilai rata-rata, yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Sk^*_0 = 0$$

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy}$$

Dimana:

$X_i$  : Data hujan ke- i

$\bar{X}$  : Rerata curah hujan

n : Jumlah data

k : 1,2,3,...,n.

Pada data curah hujan yang konsisten atau bersifat homogen, nilai  $Sk^*$  akan berada di sekitar nol. Grafik kumulatif dimanfaatkan untuk mendeteksi titik perubahan, yaitu ketika grafik menampilkan pergeseran yang jelas. Dalam metode ini, nilai maksimum dari  $Sk^*$  dijadikan penanda untuk menentukan letak titik perubahan

nilai  $Sk^*$  terhadap simpangan baku  $Dy$ , sehingga didapatkan nilai yang telah dinormalisasi dan bisa dipakai untuk dasar untuk menilai konsistensi data secara statistik.

Pengujian konsistensi data yang memanfaatkan informasi dari stasiun itu sendiri dilakukan dengan metode kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata, kemudian dibagi dengan akar dari kumulatif rata-rata penyimpangan kuadrat terhadap nilai rata-rata tersebut. Perhitungan nilai statistik  $Q_y$  dan  $R_y$  dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$Q_y = \text{Maks } |Sk^{**}|$$

$$R_y = \text{Maks } |Sk^{**}| - \text{Min } |Sk^{**}|$$

Dimana:

$Sk^*_0$  : Simpangan awal

$Sk^*$  : Simpangan mutlak

$Sk^{**}$  : Nilai konsistensi data

$Q$  : Nilai statistik untuk  $0 \leq k \leq n$

$n$  : Jumlah data

$D_y$  : Simpangan rata-rata

$R$  : Statistik *range*

Berdasarkan nilai-nilai statistik tersebut, kemudian dapat dihitung rasio  $\frac{Q_y}{\sqrt{n}}$  dan  $\frac{R_y}{\sqrt{n}}$ .

Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang syarat. Jika hasilnya lebih kecil dari batas yang ditetapkan, maka data tersebut dinyatakan masih berada dalam batas konsistensi. Mengacu pada Harto (1993) dalam jurnal (Jass and Syadida 2020) nilai ambang statistic Q dan R dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2. 3 Nilai Statistik  $\frac{Q_y}{\sqrt{n}}$  dan  $\frac{R_y}{\sqrt{n}}$

| Banyak Data | $\frac{Q_y}{\sqrt{n}}$ |      |      | $\frac{R_y}{\sqrt{n}}$ |      |      |
|-------------|------------------------|------|------|------------------------|------|------|
|             | 90%                    | 95%  | 99%  | 90%                    | 95%  | 99%  |
| n           |                        |      |      |                        |      |      |
| 10          | 1.05                   | 1.14 | 1.29 | 1.21                   | 1.28 | 1.38 |
| 20          | 1.1                    | 1.22 | 1.42 | 1.34                   | 1.43 | 1.6  |
| 30          | 1.12                   | 1.24 | 1.46 | 1.4                    | 1.5  | 1.7  |
| 40          | 1.13                   | 1.26 | 1.5  | 1.42                   | 1.53 | 1.74 |
| 50          | 1.14                   | 1.27 | 1.52 | 1.44                   | 1.55 | 1.78 |
| 100         | 1.17                   | 1.29 | 1.55 | 1.5                    | 1.62 | 1.86 |
| infinite    | 1.22                   | 1.36 | 1.63 | 1.62                   | 1.75 | 2    |

Sumber : Harto (1993)

### 2.5.1.3 Uji Ketiadaan Trend

Dalam analisis deret waktu (time series), nilai pada titik tertentu bisa menunjukkan penyimpangan yang konsisten, yang menandakan adanya perubahan kecenderungan atau arah tren. Jika kondisi ini muncul, maka deret waktu tersebut dianggap tidak lagi homogen sehingga sebagian datanya tidak sesuai untuk dipakai dalam analisis hidrologi.

Deret waktu yang menampilkan perubahan jangka panjang dengan arah yang relatif tetap, baik meningkat maupun menurun, disebut tren (trend). Pola semacam ini umumnya terlihat pada data dengan rentang waktu lebih dari sepuluh tahun. Adapun tren musiman atau variasi musiman (seasonal trend/seasonal variation) menunjukkan pola perubahan yang berulang dalam satu tahun.

Untuk data deret waktu dengan periode kurang dari sepuluh tahun, identifikasi tren sering kali menjadi sulit. Hal ini disebabkan kemungkinan bahwa pola yang tampak hanya mewakili satu siklus (cyclical time series), bukan tren yang berulang. Siklus sendiri merupakan pola gerakan yang tidak teratur dari suatu tren.

Jika sebuah deret waktu menunjukkan indikasi adanya tren, maka data tersebut sebaiknya tidak digunakan untuk analisis hidrologi tertentu, seperti analisis peluang atau simulasi. Apabila tetap digunakan, maka tren yang terbentuk harus dipertimbangkan dan diikuti dalam analisis.

Keberadaan maupun ketiadaan tren dalam suatu deret waktu dapat diuji dengan berbagai metode. Secara visual, tren dapat dilihat dengan memplot data pada grafik aritmatika. Di sisi lain, tren juga bisa ditelaah sebagai hubungan antara variabel waktu dengan variabel hidrologi. Untuk itu, koefisien korelasi dapat dimanfaatkan dalam menguji keberadaan tren pada data. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk tujuan tersebut adalah Metode Spearman Rank Correlation sebagaimana dijelaskan oleh Soewarno (1995) dalam penelitian (Az Zahrah Tsaniyah Permata, Ussy Andawayanti 2025):

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$t = KP \left| \frac{n-2}{1-KP^2} \right|^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

Kp : Koefisien korelasi peringkat Spearman.

N : Jumlah data.

Dt : Rt – Tt.

Tt : Peringkat waktu.

Rt : Peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala.

T : Nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu.

#### 2.5.1.4 Uji Persitensi

Persistensi diartikan sebagai kondisi di mana setiap nilai pada deret waktu bersifat saling bebas atau tidak bergantung satu sama lain. Untuk menguji persistensi, terlebih dahulu perlu dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode Spearman, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (di)^2}{m^3 - m}$$

$$t = KS \left| \frac{m-2}{1-KS^2} \right|^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

KS : Koefisien korelasi serial

n : Jumlah data

m : n - 1

di : Perbedaan nilai antara peringkat data ke  $X_i$  dan ke  $X_{i+1}$

t : Nilai dari distribusi-t pada derajat kebebasan  $m = 2$  dan derajat kepercayaan tertentu

Dalam analisis distribusi peluang, biasanya disyaratkan bahwa data yang digunakan berasal dari sampel acak, sehingga perlu dilakukan pengujian. Persistensi (Persistence) sendiri didefinisikan sebagai kondisi di mana setiap nilai dalam deret waktu tidak saling ketergantungan, (Soewarno, 1995) dalam jurnal (Ramadhani et al. 2026). Untuk melakukan

uji persistensi, langkah awal yang harus ditempuh adalah menghitung nilai koefisien korelasi serial. Salah satu metode yang umum dipakai dalam menentukan koefisien korelasi serial adalah metode Spearman.

#### 2.5.1.5 Uji Stationer F & T

Jika hasil pengujian memperlihatkan bahwa deret data tidak mengandung tren, maka sebelum digunakan pada analisis lanjutan perlu dilakukan uji stasioneritas terlebih dahulu. Namun, apabila data menunjukkan adanya tren, analisis selanjutnya dapat dilaksanakan dengan memperhatikan serta mengikuti pola garis tren yang terbentuk.

Pemilihan model matematis dalam analisis regresi ditentukan berdasarkan bentuk maupun kecenderungan garis tren yang terbentuk. Di sisi lain, uji stasioneritas dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan nilai rata-rata serta varians pada deret waktu, sekaligus memastikan apakah data tersebut bersifat homogen atau sebaliknya.

Pengujian varians pada data deret waktu dapat dilakukan menggunakan Uji F, dengan cara membagi data ke dalam dua atau lebih kelompok, kemudian membandingkan varians di antara dua kelompok tersebut. Apabila hasil pengujian menolak hipotesis nol, maka varians antar kelompok dinyatakan berbeda atau tidak homogen. Dalam kondisi ini, deret waktu dianggap tidak stasioner sehingga tidak perlu dilanjutkan ke tahap pengujian berikutnya. Sementara itu, untuk menilai kestabilan rata-rata dapat digunakan Uji-t. Uji-t dinyatakan valid apabila memenuhi kriteria  $t_{hitung} < t_{kritis}$ , (Soewarno, 1995) dalam (Ramadhani et al. 2026):

##### 1. Uji Kestabilan Varian (Uji-F)

$$F = \frac{N1.S1^2(N2-1)}{N2.S2^2(N1-1)}$$

Dimana:

F : Fungsi distribusi F

N1 : Jumlah sampel kelompok sampel ke-1

N2 : Jumlah sampel kelompok sampel ke-2

S1 : Standar deviasi kelompok sampel ke-1

S2 : Standar deviasi kelompok sampel ke-2

##### 2. Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji-T)

$$\sigma = \left( \frac{N_1.S_1^2 + N_2.S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dimana:

t : Variable t terhitung

$\bar{X}_1$  : Rata-rata hitung kelompok sampel ke-1

$\bar{X}_2$  : Rata-rata hitung kelompok sampel ke-2

N1 : Jumlah sampel kelompok sampel ke-1

N2 : Jumlah sampel kelompok sampel ke-2

#### 2.5.1.6 Uji Abnormalitas (Oulier – Inlier)

Sebelum data hidrologi digunakan dalam analisis lebih lanjut, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mendeteksi adanya data yang menyimpang atau tidak normal. Uji ini bertujuan menentukan apakah nilai maksimum maupun minimum dalam suatu deret data masih layak dipertahankan sebagai bagian dari analisis atau sebaliknya perlu dieliminasi Chow (1998) dalam (Marta, Suhartanto, and Fidari 2022). Tahapan perhitungannya dilakukan sebagai berikut:

1. Data diurutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya (X)
2. Menghitung harga  $Y = \log X$
3. Menghitung  $Y_{\text{rerata}}$
4. Menghitung  $S_d$
5. Menentukan harga  $K_n$  sesuai jumlah data dengan melihat Tabel 2.4
6. Menghitung batas atas dan batas bawah harga abnormalitas data dengan rumus:
7. Menentukan data yang dapat dipakai atau tidak dapat dipakai sesuai dengan batas atas dan batas bawah abnormalitas data

Tabel 2. 4 Nilai  $K_n$  Untuk Uji Outlier-Inlier

| Jumlah Data | $K_n$ | Jumlah Data | $K_n$ | Jumlah Data | $K_n$ | Jumlah Data | $K_n$ |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| 10          | 2.036 | 24          | 2.467 | 38          | 2.661 | 60          | 2.84  |

|    |       |    |       |    |       |     |      |
|----|-------|----|-------|----|-------|-----|------|
| 11 | 2.088 | 25 | 2.486 | 39 | 2.671 | 65  | 2.87 |
| 12 | 2.134 | 26 | 2.502 | 40 | 2.682 | 70  | 2.89 |
| 13 | 2.175 | 27 | 2.519 | 41 | 2.692 | 75  | 2.92 |
| 14 | 2.213 | 28 | 2.534 | 42 | 2.700 | 80  | 2.94 |
| 15 | 2.247 | 29 | 2.549 | 43 | 2.710 | 85  | 2.96 |
| 16 | 2.279 | 30 | 2.563 | 44 | 2.719 | 90  | 2.98 |
| 17 | 2.309 | 31 | 2.577 | 45 | 2.727 | 95  | 3.00 |
| 18 | 2.335 | 32 | 2.591 | 46 | 2.736 | 100 | 3.02 |
| 19 | 2.361 | 33 | 2.604 | 47 | 2.744 | 110 | 3.05 |
| 20 | 2.385 | 34 | 2.616 | 48 | 2.753 | 120 | 3.08 |
| 21 | 2.408 | 35 | 2.628 | 49 | 2.760 | 130 | 3.10 |
| 22 | 2.429 | 36 | 2.639 | 50 | 2.768 | 140 | 3.13 |
| 23 | 2.448 | 37 | 2.650 | 55 | 2.804 |     |      |

Sumber: Chow (1998)

## 2.5.2 Analisa Curah Hujan Daerah

Curah hujan daerah ialah total volume air hujan yang jatuh di suatu kawasan pada kurun waktu eksklusif, contohnya selama satu tahun. Penghitungan curah hujan daerah dilakukan sesuai data curah hujan yg diperoleh berasal beberapa titik pengukuran pada area tersebut, kemudian dihitung nilai rata-ratanya Sosrodarsono dan Takeda (2003) didalam (Lubis 2016). Terdapat tiga metode yang awam digunakan dalam analisis curah hujan daerah, yaitu Metode rata-rata Aljabar, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isoyet.

### 2.5.2.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Cara paling sederhana dalam menghitung rata-rata curah hujan pada suatu wilayah salah satunya menggunakan metode aljabar. Pendekatan ini mengibaratkan bahwa setiap stasiun penakar hujan memiliki kontribusi yang sama terhadap curah hujan wilayah tersebut. Langkah perhitungannya dilakukan dengan menambahkan seluruh data curah hujan yang tersedia, kemudian membagi data curah hujan dengan jumlah total stasiun pengamatan (n). Rumus perhitungan tinggi curah hujan menggunakan metode ini mengacu pada Sosrodarsono dan Takeda (2003) didalam (Lubis 2016):

$$\bar{U} = \frac{1}{n}(U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + \dots + U_n)$$

Dimana:

n : 1, 2, 3, ..., n



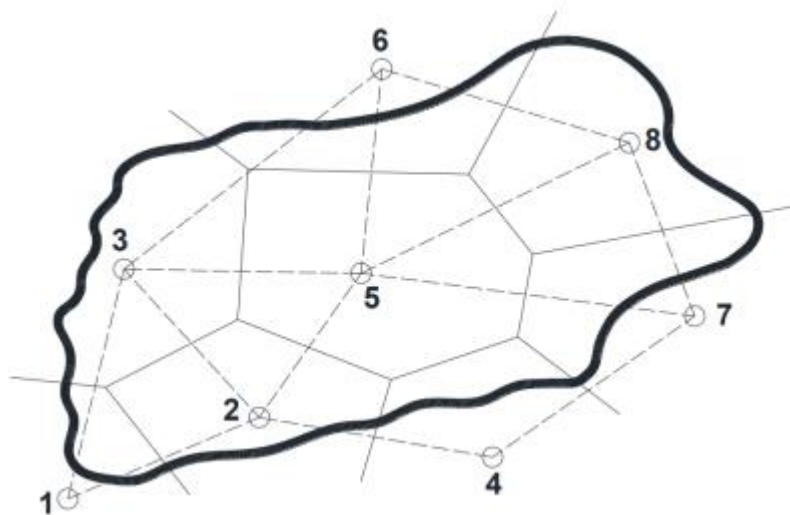
$\bar{U}$  : Curah hujan daerah (mm)

n : Jumlah pos hujan pengamatan (1, 2, 3, ..., n)

$U_n$  : Curah hujan pada titik pengamatan ke-n

### 2.5.2.2 Metode Poligon Thiessen

Metode ini bertumpu pada anggapan bahwa curah hujan di suatu daerah dapat divisualkan oleh stasiun cuaca yang paling dekat. Dalam metode ini, daerah tersebut dibagi atas beberapa bagian yang dinamakan Zona Thiessen, dimana masing-masing mengelilingi satu stasiun pengamatan. Selanjutnya, curah hujan rata-rata dari setiap zona yang nantinya dihitung dan digunakan untuk menentukan curah hujan rata-rata seluruh kawasan.



Gambar 2. 2 Poligon Theissen

Sumber : Sosrodarsono dan Takeda (2003)

Dalam perhitungan curah hujan rerata daerah dengan metode Polygon Thiessen dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Sosrodarsono and Takeda 2003) didalam (Lubis 2016):

$$\bar{X} = \frac{X_1A_1 + X_2A_2 + X_3A_3 + \dots + X_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Dimana:

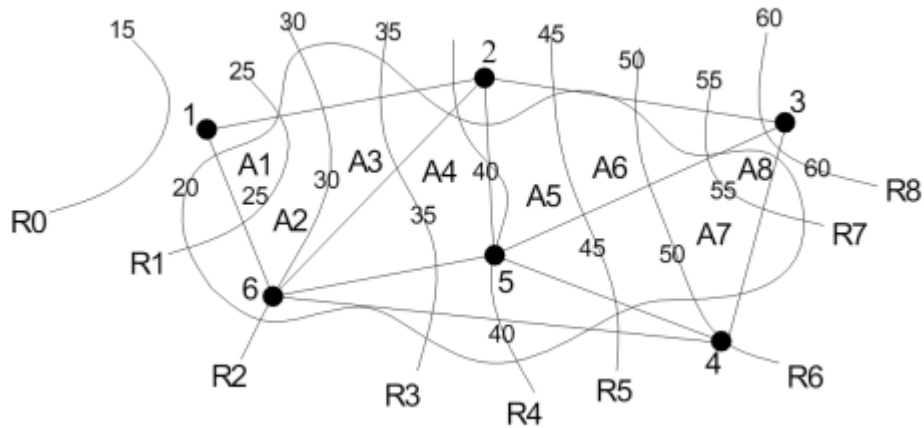
$\bar{X}$  : Curah hujan rata-rata daerah (mm)

$X_1, X_2, X_3, X_n$  : Curah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

$A_1, A_2, A_3, A_n$  : Luas daerah yang diwakili tiap titik pengamatan ( $\text{km}^2$ )

### 2.5.2.3 Metode Isohyet

Metode ini meliputi penyusunan peta isohyet, yakni peta yang memuat garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan jumlah curah hujan yang sama pada suatu wilayah yang dikaji. Setelah peta isohyet dibuat, curah hujan rata-rata wilayah dapat dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari seluruh besaran curah hujan pada setiap garis isohyet yang terdapat di peta tersebut.



Gambar 2. 3 Metode Isohyet

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda (2003)

Perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan metode Isohyet dapat diperoleh menurut persamaan berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 2003) didalam (Lubis 2016):

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_2+R_3}{2}A_2 + \dots + \frac{R_{n-1}+R_n}{2}A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum A \left[ A \left( \frac{R_1+R_2}{2} A_1 \right) \right]}{\sum A}$$

Dimana:

$\bar{R}$  : Curah hujan rata-rata daerah (mm)

$R_1, R_2, R_3, R_n$  : Curah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

$A_1, A_2, A_3, A_n$  : Luas areal isohyet

Metode dapat dikatakan sebagai pendekatan yang paling rasional jika garis-garis isohyet dapat divisualkan secara cermat. Namun, jika jumlah titik pengamatan cukup banyak serta curah hujan di wilayah tersebut cukup bervariasi, maka dalam proses penyusunan peta isohyet memungkinkan terjadinya kesalahan subjektif maupun kekeliruan individu.

### 2.5.3 Analisa Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan merupakan besaran hujan yang dianggap dapat dipercaya ketersediaannya dalam periode waktu tertentu. Nilai ini ditetapkan berdasarkan kala ulang tertentu serta peluang kejadian yang sudah ditentukan, dengan mempertimbangkan pula tingkat risiko kegagalan yang mungkin terjadi.. Kemungkinan keandalan yang digunakan pada bidang irigasi yaitu 80% (R80),

Perhitungan curah hujan andalan dapat dilakukan dengan metode tahun dasar perencanaan (Basic Year) dengan persamaan sebagai berikut (Limantara 2010).

$$R80 = \frac{n}{\left(\frac{100\%}{100\% - X}\right)} + 1$$

Dimana:

R80 : Curah hujan historis dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan (mm).

N : Durasi pengamatan curah hujan (tahun)

X = Probabilitas keandalan yang diinginkan (R80%)

Langkah-langkah penentuan curah hujan andalan adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan selama n tahun diatur dengan mengurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar.
2. Hasil dari pengurutan data curah hujan kemudian dilanjutkan dengan menggunakan persamaan 2-4, dapat diketahui data curah hujan yang sesuai dengan keandalan yang diinginkan.

### 2.5.4 Analisa Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Untuk tanaman padi, curah hujan efektif adalah 80% dari curah hujan rerata 1/3

bulanan dengan kemungkinan tidak terpenuhi adalah sebesar 20%. Hal tersebut dilakukan dengan mengingat tidak seluruh hujan yang turun diserap oleh tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman, tetapi menjadi air permukaan (run off) (Bardan, 2014:70) dalam (Nopebrian 2017).

Untuk Tanaman Padi,  $Re = 0.7 \times R80$

Keterangan:

$Re$  = Curah Hujan Efektif

$R80$  = Curah hujan rerata 10 harian dengan 20% peluang tidak terpenuhi

$R$  = Hujan rerata Bulanan

Disisi lain untuk tanaman palawija, curah hujan efektif ditentukan dengan curah hujan rerata bulanan dengan probabilitas 50% terpenuhi yang dihubungkan dengan evapotranspirasi rata-rata bulanan.

Untuk Tanaman Palawija,  $Re = 0.7 \times R50$

Keterangan:

$Re$  = Curah Hujan Efektif

$R50$  = Curah hujan andalan dengan peluang terlampaui 50%

$R$  = Hujan rerata Bulanan

### **2.5.5 Debit Andalan**

Definisi debit andalan ialah proses penentuan debit minimal untuk memenuhi kebutuhan air. Dalam menentukan debit andalan data di urutkan dari data tertinggi hingga dengan data dengan nilai kecil lalu dihitung persentase keandalannya dengan rumus  $m/n$ . Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% agar diperoleh perhitungan debit andalan yang baik, untuk itu diperlukan data pencatatan debit dengan jangka waktu panjang minimal 10 tahun terakhir (Afdal et al. 2024).

Pada perhitungan debit andalan umumnya dilakukan dengan menjumlah debit rata-rata bulanan, setengah bulanan atau debit rata-rata sepuluh harian yang sudah ditetapkan berdasarkan pola operasi bendungan (Nugroho Hadisusanto 2010) dalam (Tiurma

Elita Saragi, Eben Oktavianus Zai 2023). Apabila digunakan debit andalan sebesar 80%, maka konsekuensinya adalah terdapat risiko sekitar 20% dari jumlah pengamatan yang menunjukkan debit aktual lebih kecil dibandingkan debit andalan tersebut.

Probablilitas keandalan yang ddimanfaatkan pada bidang irigasi yaitu 80% (R80), dimana dapat dituliskan dengan persamaan weibull sebagai berikut:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

- P : Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)
- m : Nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar kekecil
- n : Jumlah data

Dalam (Tiurma Elita Saragi, Eben Oktavianus Zai 2023), pada tahun 1973, Dr. F.J. Mocktelah memperkenalkan metode penghitungan aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi DAS untuk memprediksi besar debit sungai dengan interval waktu bulanan. Cara ini dikenal dengan nama model Dr. Mock.

Ketentuan perhitungan yang di perlukan dalam metode Mockadalah sebagai berikut:

1. Data meteorologi (Data curah hujan dan hari hujan)
2. Data klimatologi (Data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari).
3. Keseimbangan air
4. Aliran dan penyimpanan air tanah
5. Debit aliran sungai

## 2.6 Kebutuhan Air Irigasi

### 2.6.1 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses berkurangnya air ke atmosfer yang terjadi melalui penguapan dari permukaan tanah maupun vegetasi. Besarnya laju evapotranspirasi berbeda-beda, dipengaruhi oleh tingkat kelembapan tanah serta jenis tanaman yang tumbuh di atasnya. Sudjarwadi, (1979) dalam (Tiurma Elita Saragi, Eben Oktavianus Zai 2023), nilai evapotranspirasi potensial dapat ditentukan dengan menggunakan metode Penman yang telah dimodifikasi agar sesuai dengan kondisi iklim di Indonesia, dan dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$E_{to} = c [ W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d) ]$$

Dimana:

$E_{to}$  : Evapotranspirasi (mm/hari)

$W$  : Faktor koreksi terhadap temperatur

$R_n$  : Radiasi netto (mm/hari)

$f(u)$  : Fungsi angin

$e_a - e_d$  : Perbedaan antara tekanan udara uap air lembab pada temperatur udara rata-rata dan tekanan uap air aktual rata-rata (mbar)

$c$  : Angka koreksi Penman

#### 2.6.1.1 Evaporasi

Proses transformasi air dari fase cair menjadi uap atau gas dapat disebut evaporasi. Istilah ini juga dapat diartikan sebagai banyaknya air yang berubah menjadi uap dari suatu permukaan, baik itu permukaan tanah maupun air. Menurut (Hadisusanto 2010) proses evaporasi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis.

##### 1. Evaporasi aktual

Yakni Evaporasi yang berjalan dengan alami terjadi pada wilayah dan waktu tertentu, sehingga besarnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ada pada saat proses tersebut berlangsung.

## 2. Evaporasi potensial

Evaporasi jenis ini berlangsung pada suatu permukaan yang mempunyai ketersediaan air cukup. Proses tersebut kerap diartikan sebagai kapasitas suatu permukaan dalam melepaskan air melalui penguapan.

(Triatmojo 2008) dalam (Polimengo et al. 2024), menyebutkan bahwa pada proses evaporasi terdapat sejumlah faktor yang memengaruhi besar kecilnya laju evaporasi, yaitu sebagai berikut::

### 1. Radiasi matahari

Panas laten yang dibutuhkan dalam proses penguapan bersumber dari radiasi matahari maupun radiasi tanah. Matahari berperan sebagai sumber energi panas utama yang memengaruhi besarnya laju evaporasi pada permukaan bumi, dengan intensitas yang bervariasi tergantung pada posisi garis lintang suatu wilayah serta perbedaan musim.

### 2. Temperatur

Suhu udara di sekitar permukaan tempat terjadinya evaporasi memiliki peran besar terhadap laju penguapan. Kenaikan suhu udara akan meningkatkan kapasitas udara dalam menampung uap air, sehingga jumlah evaporasi yang terjadi pun semakin besar.

### 3. Kelembaban

Ketika proses penguapan berlangsung, tekanan udara pada lapisan tipis di atas permukaan air menjadi lebih rendah dibandingkan tekanan di permukaan air itu sendiri. Selisih tekanan inilah yang memicu terjadinya evaporasi. Pada saat penguapan terjadi, udara bercampur dengan uap air dari permukaan sehingga kandungan uap air di dalam udara meningkat. Udara lembap merupakan gabungan antara uap air dan udara kering. Jika udara di atas permukaan air telah mencapai kondisi jenuh, yakni tekanannya sama dengan tekanan uap jenuh, maka proses penguapan akan berhenti. Tingkat kelembapan udara biasanya dinyatakan dalam bentuk kelembapan relatif.

### 4. Kecepatan angin

Salah satu faktor utama yang memengaruhi evaporasi adalah kecepatan angin. Angin berperan dalam menggantikan massa udara yang sudah jenuh akibat proses penguapan yang berlangsung terus-menerus. Pada wilayah terbuka dengan hembusan angin yang

cukup, laju penguapan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang terlindung dan memiliki kondisi udara relatif tenang.

#### **2.6.1.2 Transpirasi**

Menurut (Hadisusanto 2010), transpirasi adalah proses keluarnya air dari jaringan tanaman. Jika kelembapan di sekitar daun sangat rendah, maka uap air yang dilepaskan melalui transpirasi dapat mengalami pengembunan pada permukaan daun, dan peristiwa ini dikenal dengan istilah gutasi. Proses transpirasi sendiri dapat dibedakan ke dalam dua kelompok utama, yaitu:

1. Transpirasi aktual,

Suatu peristiwa transpirasi dimana terjadi terhadap suatu jenis tanaman yang tumbuh saat waktu tertentu serta kondisi tertentu pula.

2. Transpirasi potensial,

Peristiwa transpirasi yang terjadi pada suatu tanaman, yang tumbuh pada kondisi yang tidak pernah mengalami kekurangan air selama pertumbuhannya.

#### **2.6.1.3 Evapotranspirasi Potensial**

Menurut (Hadisusanto 2010), evapotranspirasi potensial berdasarkan metode Penman didefinisikan sebagai proses pelepasan air yang berlangsung pada tanaman hijau, berukuran tidak terlalu tinggi, tumbuh seragam, mampu menutupi tanah sepenuhnya, serta tidak mengalami kekurangan air sepanjang fase pertumbuhannya. Metode penman digunakan dengan pertimbangan keempat faktor meteorologi secara lengkap, yakni suhu udara, kelembapan udara, kecepatan udara dan penyinaran matahari matahari. Di samping itu metode Penman sangat sesuai dengan kondisi daerah di Indonesia yang beriklim tropis, Suhardjono, (1994) dalam (Syarifudin et al. 2024). Besarnya evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan Penman sebagai berikut:

$$E_t = c \cdot E_o$$

$$E_o^* = W \cdot (0,7 \cdot R_s - R_{n1}) + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)$$

Dimana:

$E_o^*$  = evapotranspirasi potensial sebelum di koreksi / evapotranspirasi mula air bebas



W = faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah

Rs = radiasi gelombang pendek, dalam setahun evaporasi ekivalen (mm/hari)

$$= (0,25 + 0,54 n/N) \times Ra$$

Ra = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer atau angka angot (mm/hari).

Rnl = radiasi bersih gelombang Panjang (mm/hari)

$$= f(t) \cdot f(ed) \cdot F(n/N)$$

F(t) = Fungsi suhu

$$= \sigma \cdot Ta^4$$

F(ed) = fungsi tekanan uap

$$= 0,344 - 0,44 \cdot Ed^{0,5}$$

$$F(n/N) = 0,1 + (1+u/100)$$

F(u) = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00 m (m/detik)

$$= 0,27 (1+u/100)$$

Ea = Perbandingan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap sebenarnya.

Ed = ea.Rh

Rh = kelembapan relatif (%)

### 2.6.2 Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman yakni jumlah air yang dibutuhkan untuk menggantikan air yang hilang yang akibat oleh penguapan. Penguapan pada air bisa melalui permukaan air ataupun melalui daun-daun tanaman. (Suhardjono 1994) dalam (Nopebrian 2017), besar penguapan air permukaan (evaporasi) berhubungan dengan faktor iklim yakni:

- a. Suhu udara
- b. Kecepatan angin
- c. Kelembaban udara

d. Kecerahan penyinaran matahari

Sedangkan besarnya air yang menguap melalui daun-daun tanaman (transpirasi), selain dipengaruhi oleh keadaan iklim, juga erat berhubungan dengan faktor tanaman, yakni:

- a. Jenis tanaman
- b. Varitas (macam) tanaman
- c. Umur pertumbuhan tanaman

Dengan jumlah kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang hilang karena proses evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ET_c = k_c \cdot E_t$$

Dimana:

$ET_c$  : Kebutuhan air tanaman (mm/hr)

$k_c$  : Koefisien tanaman, yang besarnya tergantung pada jenis, macam, dan umur tanaman

$E_t$  : Evapotranspirasi potensial (mm/hr)

Koefisien tanaman ( $k_c$ ) menggambarkan hasil evapotranspirasi tertentu yang tumbuh dalam keadaan optimum, koefisien tanaman untuk bermacam jenis tanaman sangat berbeda dan tergantung pada:

1. Macam tanaman (padi, palawija, tebu dan lainnya)
2. Macam varietas dan usia tanaman
3. Masa pertumbuhan

Berdasarkan Suhardojo (1994) yang termuat dalam (Nopebrian 2017), koefisien tanaman padi ( $k_c$ ), Standar Perencanaan Irigasi, disajikan dalam Tabel 2.5 untuk padi varietas unggul dan biasa menurut NDECO dan FAO, sedangkan untuk beberapa tanaman tersaji dalam gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Diagram Alir Untuk Kebutuhan Air Tanaman

Sumber: Suhardjono (1994)

Tabel 2. 5 Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi

| Bulan | Ndeco/Prosida  |                 | FAO            |                 |
|-------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|       | Varietas Biasa | Varietas Unggul | Varietas Biasa | Varietas Unggul |
| 0.5   | 1.20           | 1.20            | 1.10           | 1.10            |
| 1.0   | 1.20           | 1.27            | 1.10           | 1.10            |
| 1.5   | 1.32           | 1.33            | 1.10           | 1.05            |
| 2.0   | 1.40           | 1.30            | 1.10           | 1.05            |
| 2.5   | 1.35           | 1.30            | 1.10           | 0.95            |
| 3.0   | 1.24           | 0               | 1.05           | 0               |
| 3.5   | 1.12           |                 | 0.95           |                 |
| 4.0   | 0              |                 | 0              |                 |

Sumber: Direktorat Irigasi dan Rawa (2013)

Tabel 2. 6 Koefisien beberapa tanaman  $\frac{1}{2}$  bulanan menurut FAO

| Tanaman  | Jml Hari | 1   | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13 |
|----------|----------|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|----|
| Kedelai  | 85       | 0.5 | 0.75 | 1    | 1    | 0.82  | 0.45* |      |      |      |      |      |      |    |
| Jagung   | 80       | 0.5 | 0.59 | 0.96 | 1.05 | 1.02  | 0.95* |      |      |      |      |      |      |    |
| K. Tanah | 130      | 0.5 | 0.51 | 0.66 | 0.85 | 0.95  | 0.95  | 0.95 | 0.55 | 0.55 |      |      |      |    |
| Bawang   | 70       | 0.5 | 0.51 | 0.69 | 0.9  | 0.95* |       |      |      |      |      |      |      |    |
| Buncis   | 75       | 0.5 | 0.64 | 0.89 | 0.95 | 0.88  |       |      |      |      |      |      |      |    |
| Kapas    | 195      | 0.5 | 0.5  | 0.58 | 0.75 | 0.75  | 1.04  | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 0.78 | 0.65 | 0.65 | 0  |

Keterangan: \*untuk sisa kurang dari  $\frac{1}{2}$  bulan

Sumber: (Direktorat Irigasi dan Rawa 2013)

### 2.6.3 Perkolasi

Perkolasi merupakan proses Bergeraknya air dari lapisan tanah yang masih berada pada zona tidak jenuh, yaitu antara permukaan tanah hingga permukaan air tanah, menuju ke zona jenuh yang terletak di bawah muka air tanah. Laju maksimum pergerakan air ini dikenal sebagai daya perkolasi ( $P_p$ ), yang dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan kedalaman muka air tanah. Peristiwa perkolasi akan berlangsung ketika kondisi tanah pada zona tidak jenuh telah mencapai kapasitas lapang (field capacity) (Limantara 2010).

Kecepatan perkolasi dipengaruhi secara langsung oleh karakteristik fisik tanah. Pada jenis tanah lempung berat yang memiliki kondisi olah cukup baik, nilai perkolasi umumnya berkisar antara 1 hingga 3 mm per hari. Sebaliknya, pada tanah bertekstur ringan, laju perkolasi cenderung lebih besar, Anonim/KP-01, (1986) dalam (Nopebrian 2017)

Laju perkolasi lahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Tekstur tanah, halus dan kasarnya tekstur tanah berpengaruh pada angka perkolasi, tekstur tanah halus memiliki nilai perkolasi yang kecil pula, begitu juga sebaliknya.
2. Permeabilitas tanah, adalah gaya untuk rembesan melewati ruang antar butir tanah. nilai permeabilitas tanah yang tinggi akan memberikan tingginya tingkat perkolasi, begitu pula sebaliknya.
3. Tebal lapisan tanah atas, tipisnya lapisan tanah bagian atas, maka mempengaruhi kecilnya daya perkolasi.
4. Tanaman penutup, tumbuh-tumbuhan lindung yang padat mengakibatkan daya infiltrasi yang semakin besar, dapat dikatakan daya perkolasi semakin besar.

Berdasarkan (Ruslan Wirosodarmo 2019) besarnya perkolasi, Dpat dilihat pada Tabel 2.7 berikut:

Tabel 2. 7 Laju perkolasi untuk berbagai jenis tekstur tanah

| Tekstur Tanah    | Perkolasi<br>(mm/hari) |
|------------------|------------------------|
| Liat Lempung     | 1-2                    |
| Lempung          | 2-3                    |
| Lempung Berpasir | 3-6                    |

Sumber: Wirosodarmo (2019)

#### 2.6.4 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan lahan

Proses penyiapan lahan (IR atau LP = Irrigation Requirement atau Land Preparation) umumnya menjadi penentu dalam memperkirakan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu sistem irigasi (Bardan 2014). Besarnya kebutuhan air tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang telah diuraikan oleh Dirjen Pengairan Dep. PU, (1986) dalam (Nopebrian 2017)

- A. Durasi waktu yang diperlukan guna menuntaskan pekerjaan penyiapan lahan.
- B. Jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama dilakukannya penyiapan lahan, digunakan metode yang telah dikembangkan oleh van de Goor dan Zijlstra, dalam Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum,(1986) yang dikutip oleh (Nopebrian 2017). Dikemukakan 18 lebih lanjut, bahwa metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt selama periode penyiapan lahan serta menghasilkan rumus sebagai:

$$IR = \frac{Me^k}{(e^k - 1)}$$

$$M = Eo - P$$

$$K = \frac{MT}{s}$$

Keterangan:

IR : Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

- M : Kebutuhan air pengganti hilangnya air akibat proses evaporasi serta perkolasi di sawah yang telah jenuh
- Eo : Evaporasi di daerah terbuka, diambil  $1,1 \times E_{To}$  selama waktu penyiapan lahan (mm/hari)
- P : Perkolasi
- T : Durasi penyiapan lahan (hari)
- S : Kebutuhan air guna penjenuhan (mm)
- e : Bilangan dasar (2,718281828) Kebutuhan air irigasi selama masa penyiapan lahan, diberikan oleh Dirjen Pengairan Dep. PU seperti pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 . Kebutuhan air selama penyiapan lahan

| Eo + P (mm/hari) | T = 30 Hari |         | T = 45 Hari |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | S = 250     | S = 300 | S = 250     | S = 300 |
| 5.0              | 11          | 12.7    | 8.4         | 9.5     |
| 5.5              | 11.4        | 13      | 8.8         | 9.8     |
| 6.0              | 11.7        | 13.3    | 9.1         | 10.1    |
| 6.5              | 12          | 13.6    | 9.4         | 10.4    |
| 7.0              | 12.3        | 13.9    | 9.8         | 10.8    |
| 7.5              | 12.6        | 14.2    | 10.1        | 11.1    |
| 8.0              | 13          | 14.5    | 10.5        | 11.4    |
| 8.5              | 13.3        | 14.8    | 10.8        | 11.8    |
| 9.0              | 13.6        | 15.2    | 11.2        | 12.1    |
| 9.5              | 14          | 15.5    | 11.6        | 12.5    |
| 10.0             | 14.3        | 12.8    | 12          | 12.9    |
| 10.5             | 14.7        | 16.2    | 12.4        | 13.2    |
| 11.0             | 15          | 16.5    | 12.8        | 13.6    |

Sumber: : Direktorat Irigasi dan Rawa (2013)

### 2.6.5 Pergantian Lapisan Air (*Water Layer Requirement*)

Pergantian lapisan air memiliki keterkaitan erat dengan tingkat kesuburan tanah. Setelah proses penanaman, air yang menggenang di permukaan sawah biasanya membawa zat-zat yang tidak diperlukan, bahkan dapat berpotensi merusak tanaman. Oleh karena itu, air genangan tersebut perlu diganti dengan air baru yang lebih bersih agar tidak menimbulkan kerusakan pada tanaman di lahan (Hirijanto 2013).

Pelaksanaan pergantian lapisan air (WLR) umumnya dilakukan setelah periode pemupukan selesai. Penggantian ini sebaiknya dijadwalkan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Namun, apabila tidak terdapat pengaturan jadwal yang terperinci, maka pergantian

dilakukan sebanyak dua kali, masing-masing sebesar 50 mm per bulan (setara dengan 1,7 mm per hari selama satu bulan), yaitu satu bulan setelah tanam dan dua bulan setelah kegiatan transplantasi (Bardan 2014).

#### **2.6.6 Kebutuhan Air Sawah**

Air merupakan faktor penting yang dibutuhkan tanaman agar dapat tumbuh optimal dan menghasilkan produksi yang baik. Ketersediaan air bagi tanaman dapat diperoleh dari curah hujan maupun melalui suplai irigasi. Irigasi sendiri adalah penyediaan air yang umumnya diambil dari sumber utama seperti sungai atau waduk, kemudian dialirkan melalui jaringan irigasi untuk menjaga keseimbangan pasokan air di lahan pertanian Suhardjono, (1994), dalam (Syaifudin et al. 2024).

Kebutuhan air untuk tanaman sangat dipengaruhi oleh (Bardan 2014):

- a. Jenis tanaman
- b. Jenis tanah
- c. Kehilangan air
- d. Pemakaian air yang ekonomis (cara pemakaian atau pemberian air)

Kebutuhan air pada lahan pertanian sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman yang dibudidayakan. Sebagai contoh, tanaman padi membutuhkan suplai air yang relatif lebih besar dibandingkan dengan komoditas lain seperti tebu maupun palawija, sehingga perbedaan jenis tanaman akan berimplikasi langsung pada jumlah air yang harus disediakan melalui sistem irigasi.

Kebutuhan air bagi tanaman atau biasa disebut kebutuhan bersih air atau NFR (Netto Farm Requirement) ditentukan oleh (Bardan 2014):

1. Penyiapan lahan (LP)
2. Penggunaan konsumtif (ET<sub>c</sub>)
3. Perkolasi (P)
4. Pergantian lapisan air (WLR)
5. Curah hujan efektif (Re)
6. Efisiensi irigasi (ef)
7. Pola tanam.

Kebutuhan air total di lahan sawah atau Gross Farm Requirement (GFR) meliputi faktor-faktor 1 hingga 4, sedangkan kebutuhan air bersih di sawah atau Net Farm Requirement (NFR) turut memperhitungkan curah hujan efektif yang terjadi. Nilai kebutuhan air bersih di sawah biasanya dinyatakan dalam satuan mm/hari atau liter per detik per hektar (l/dt/ha), sementara dalam perhitungannya juga harus disesuaikan dengan efisiensi irigasi untuk menentukan kebutuhan pengambilan air dari sumber utama dalam satuan m<sup>3</sup>/detik. Estimasi kebutuhan air irigasi secara rinci dirumuskan berdasarkan Dirjen Pengairan, Dep PU Bagian Penunjang Standar Perencanaan, (1986:6) dalam (Nopebrian 2017), sebagai berikut:

1. Kebutuhan bersih air sawah untuk tanaman padi

$$NFR = LP + ETc + P - Re + WLR)$$

2. Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re$$

3. Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan

$$DR = NFR / ef$$

Dimana:

Etc : Penggunaan air konsumtif (mm/hari)

P : Perkolasi (mm/hari)

Re : Curah hujan efektif

WLR : Penggantian lapisan air

Ef : Efisiensi irigasi secara keseluruhan

## 2.7 Neraca Air

(Patirajawane 2016) Neraca air digunakan untuk mengetahui selisih antara ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu daerah irigasi, dimana informasi mengenai adanya kelebihan maupun kekurangan air dari hasil perhitungan neraca tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi terhadap kinerja penyediaan air irigasi yang telah berjalan. Lebih jelasnya, neraca air adalah perhitungan antara pemasukan dan pengeluaran air pada suatu wilayah dalam periode tertentu, sehingga dapat diketahui surplus dan defisit air pada area yang dihitung. Informasi mengenai kondisi ketersediaan air ini sangat penting



untuk mengantisipasi potensi permasalahan yang mungkin muncul, sekaligus menjadi dasar dalam upaya pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya air secara optimal.

## 2.8 Sistem Informasi Geografis (Geographic Information System)

Untuk menentukan batas daerah irigasi dapat menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode dengan bantuan software GIS (Geographic Information System) yang digunakan pada penelitian ini adalah QGIS 3.18.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

| No. | Penulis                              | Judul                                                                                      | Tahun Terbit | Tujuan                                                                                                                                        | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Sulwan Permana, Diana Puspa Ramadhan | Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Irigasi Daerah Irigasi Citameng II Kabupaten Garut | 2022         | Menganalisis kebutuhan dan ketersediaan air sehingga dapat ditetapkan pola tanam yang efektif untuk daerah irigasi Citameng II seluas 341 ha. | Berdasarkan perhitungan ketersediaan air sawah masih tercukupi pada bulan Januari hingga dengan bulan Juni selanjutnya pada bulan November sampai Desember air mengalami defisit dan pada bulan Juli sampai Desember ketersediaan air tidak dapat mencukupi seluruh lahan maka pemberian air secara bergilir perlu dilaksanakan di petak tersier atau di saluran sekunder. |

| No. | Penulis                                   | Judul                                                                  | Tahun Terbit | Tujuan                                                                                     | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.  | Leni Dwiwana, Nurhayati, Umar             | Analisa Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Irigasi Di Daerah Irigasi Terdu | 2019         | Menentukan besarnya ketersediaan dan kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi (DI) Terdu. | Hasil didapat debit andalan 80% Sungai Tangkit sebesar 0,028 m <sup>3</sup> /detik atau 28 liter/detik. Analisa imbangan air dengan membandingkan debit ketersediaan dan debit dipintu pengambilan diperoleh hasil dari kedua pola tanam yang dianalisa menunjukan ketersediaan air memungkinkan penanaman dengan pola padi-padi dan pola tanam padi padi jagung. |
| 3.  | Muhammad Wahid Afdal, Andi Rumpang Yusuf, | Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Irigasi Di Kalukku             | 2024         | Mengetahui besarnya debit andalan yang bisa diandalkan untuk ketersediaan air pada DAS     | Hasil penelitian menunjukkan debit andalan (Q80) curah hujan sebesar 21,96 m <sup>3</sup> /dtk, Q50 adalah 39,00 m <sup>3</sup> /dtk, dan                                                                                                                                                                                                                         |

| No. | Penulis               | Judul                 | Tahun Terbit | Tujuan                                                                                                                      | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | Satriawati<br>Cangara | Dengan Metode FJ Mock |              | Kalukku dan mengetahui berapa besar nilai ketersediaan air baku dalam memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi di Kalukku | Q20 adalah 60,06 m <sup>3</sup> /dtk Ketersediaan air irigasi di D.I Kalukku cukup dalam memenuhi kebutuhan tanaman padi pada tiga musim tanam. Terdapat surplus air pada MT1 dan pasokan yang memadai pada MT2 dan MT3. Ini menunjukkan bahwa D.I Kalukku mempunyai pasokan air yang cukup untuk pertanian padi di musim tanam tersebut. Ketersediaan air irigasi sebesar 128,9 m <sup>3</sup> /dtk sedangkan kebutuhan irigasi sebesar 17,7 m <sup>3</sup> /dtk. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat cukup air yang tersedia untuk |

| No. | Penulis                                        | Judul                                                                                                                 | Tahun Terbit | Tujuan                                                                                                                                                                                                                    | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                |                                                                                                                       |              |                                                                                                                                                                                                                           | memenuhi kebutuhan tanaman pada MT.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4.  | Muhammad Alwi Hasyim ,Bambang Suprpto, Warsito | Analisis Ketersediaan Air Bendung Kerep Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Di Kabupaten Magetan | 2025         | Mengetahui besar kebutuhan air sawah yang sesuai dengan pola tanam, mengetahui debit andalan yang dibutuhkan untuk kebutuhan air irigasi pada Bendung Kerep, dan mengetahui besarnya ketersediaan air pada Bendung Kerep. | Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa debit yang tersedia pada semua musim termasuk musim kemarau di Bendungan Kerep lebih kecil dari kebutuhan air. Rata-rata ketersediaan air hujan sebesar 1,05 m <sup>3</sup> /detik dan rata-rata Pos Pengaman Air sebesar 1,63 m <sup>3</sup> /detik lebih besar dari rata-rata kebutuhan air sebesar 0,97 m <sup>3</sup> /detik dan rata-rata tingkat kebutuhan air di Daerah Irigasi Bendung Kerep |

| No. | Penulis            | Judul                                                                                          | Tahun Terbit | Tujuan                                                                                                                   | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                |
|-----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                    |                                                                                                |              |                                                                                                                          | sebesar 0,97 m <sup>3</sup> /detik.                                                                                                                                             |
| 5.  | Arlan Marzan, dkk. | Analisis Debit Andalan Dengan Metode Fj-Mock Untuk Ketersediaan Air Irigasi Di Cisihih, Banten | 2025         | Penelitian ini bertujuan menganalisis ketersediaan air irigasi menggunakan metode FJ-Mock melalui pendekatan neraca air. | Hasil analisis menunjukkan ketersediaan air di Sub DAS Cisihih masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan irigasi, meskipun diperlukan pengelolaan yang adaptif di musim kemarau. |