

## **BAB II. LANDASAN TEORI**

### **2.1. Umum**

Fenomena umum seringkali dijumpai oleh Pemerintah, Konsultan, atau seorang *decision maker* lain dalam pengambilan keputusan, salah satunya di bidang pengelolaan irigasi khususnya di Saluran Induk Mataram. Kesulitan & pertimbangan yang timbul dirinci meliputi :

1. Bersifat kompleks, multi sektor dan multi aktor.
2. Memerlukan keterpaduan antara aspek teknik dan non-teknik.

Oleh karena itu, DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) dibutuhkan dengan pertimbangan :

1. Prosedur analisis secara sistematis yang mampu memadukan berbagai maksud yang saling kompetitif.
2. DSS merupakan bagian penting sebagai alat analisis untuk pengambilan keputusan

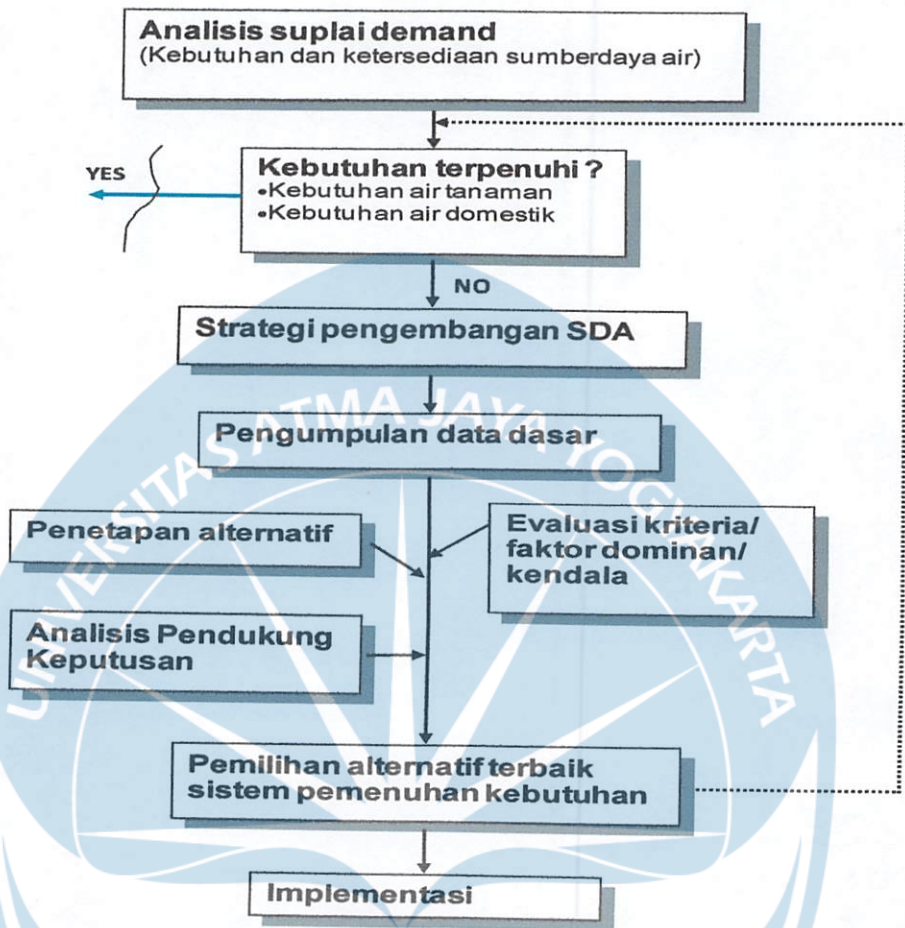
Dalam menggunakan DSS harus memperhatikan beberapa komponen utama dalam penilaian aset jaringan irigasi, yaitu :

1. Komponen identifikasi persoalan (kualitatif & kuantitatif).
2. Komponen penyedia data dasar untuk menyusun alternatif solusi persoalan.
3. Komponen untuk assessment tiap alternatif sesuai dengan criteria yang ditetapkan.
4. Model/metode analisis pengambilan keputusan

Bila komponen-komponen utama tersebut telah diidentifikasi dan ditetapkan maka pengambilan proses penilaian aset jaringan irigasi dapat dilakukan. Tentunya proses tersebut juga menggunakan pertimbangan :

1. Selalu terkait dengan persoalan penetapan alternatif solusi terbaik dengan pertimbangan multi kriteria.
2. Kategori dan kuantifikasi tujuan harus jelas.
3. Diperlukan identifikasi sumberdaya air dan sumber informasi untuk menyusun opsi penyelesaian masalah.
4. Menyusun alternatif dan kriteria pemilihan.

5. Evaluasi alternatif dan penetapan solusi terbaik menggunakan metode/model analisis yang sesuai.



Gambar II-1 Skema model DSS untuk pengembangan SDA

Proses pengelolaan sumber daya air dapat dinilai berhasil jika sesuai dengan beberapa faktor di bawah ini :

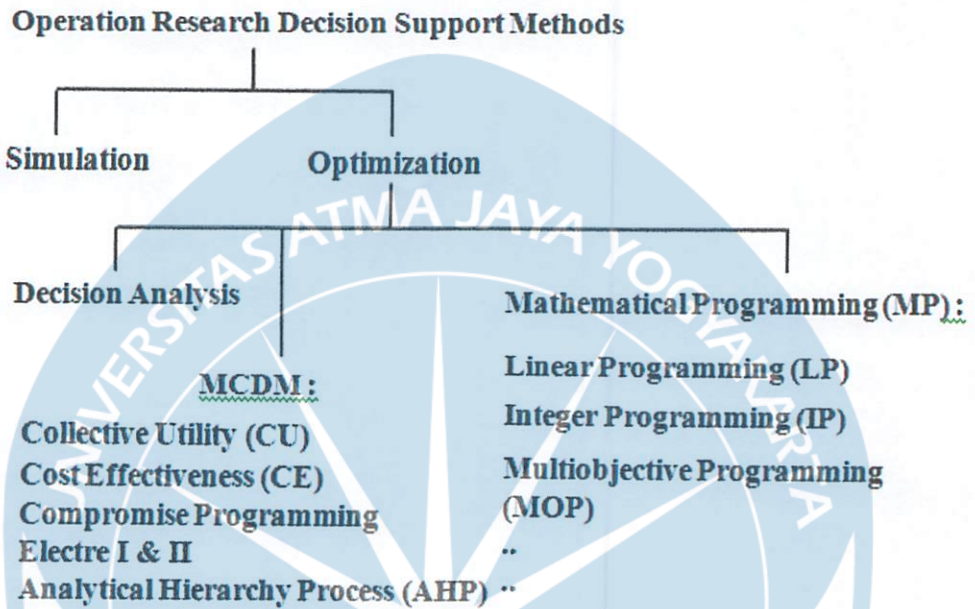
1. Proses pengambilan keputusan harus fair, terbuka dan jujur.
2. Melibatkan peran serta masyarakat.
3. Fleksibel terhadap perubahan.
4. Adanya kontinuitas.
5. Solusi harus diterima oleh semua pihak.
6. Terdokumentasi dengan baik

Adapun metode analisis DSS yang sering digunakan yaitu :

1. Kategori umum persoalan :
  - a. Beberapa alternatif penyelesaian potensial masalah telah ditentukan.
  - b. Beberapa alternatif penyelesaian potensial masalah belum ditentukan.

2. Metode analisis untuk penetapan solusi persoalan :
  - a. Multiple criteria decision making (MCDM),
  - b. Multiobjective programming (MOP).

Gambaran mengenai DSS dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar II-2 Bagan Metode Analisis DSS**

Ada satu metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dimana akan diuraikan bab berikutnya.

## 2.2. Operasi Jaringan Irigasi

Kegiatan operasi jaringan irigasi dalam arti luas adalah proses kegiatan pemanfaatan jaringan irigasi agar dapat berdayaguna dan berhasil guna secara maksimal sehingga terjadi keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air. Sedangkan dalam arti sempit Operasi Irigasi adalah proses kegiatan pengaturan, pengambilan air dari sumber air, pengaliran air ke dalam jaringan irigasi dan pembagian air secara rasional ke areal tanah yang diairi secara efektif, efisien, adil dan merata serta pembuangan air kelebihan ke saluran-saluran pembuang.

Pengelolaan operasi suatu sistem irigasi sangat bervariasi karena mengandung banyak ketidakpastian. Diperlukan kehati-hatian di dalam memprediksi seluruh kondisi sistem operasi. Sering kali ditemukan keadaan tidak normal seperti debit sungai yang tidak menentu, perubahan atmosfer sehingga besarnya evaporasi tidak tetap, areal irigasi yang berbeda-beda, curah hujan, dan masih banyak hal yang lain. Oleh karena itu pengelolaan irigasi harus



dilengkapi dengan ilmu dan teknologi termasuk pengetahuan praktis tentang hubungan antara air, tanah dan tanaman serta para pemakai air. Koordinasi yang baik harus selalu diadakan di antara teknisi, lembaga pertanian dan sosial ekonomi meliputi sistem operasi untuk meningkatkan pembagian yang lebih efektif dan pada akhirnya air dapat dimanfaatkan secara optimal oleh para pemakai.

Dalam kegiatan Operasi, pemantauan dan evaluasi adalah aktivitas yang sangat penting, dengan dua tujuan utama yaitu :

1. **Jangka pendek;**  
Bertindak sebagai alat pengontrol manajemen dengan membandingkan pada distribusi air yang sebenarnya terhadap apa yang harus dibantu untuk mengatasi adanya perbedaan pendapat; dan
2. **Jangka panjang :**  
Informasi kepada masyarakat tentang kebutuhan air dan kejadian-kejadian dan lain-lain pada musim tanam yang lalu sebagai petunjuk untuk merencanakan dan melaksanakan pada musim yang akan datang.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006 tentang irigasi yang dimaksud Operasi Jaringan Irigasi ialah upaya pengaturan air irigasi dan pembuangnya, termasuk kegiatan :

1. **Menyusun rencana tata tanam**
2. **Menyusun sistem golongan**
3. **Menyusun rencana pembagian air**
4. **Memperkirakan debit tersedia**
5. **Membuka menutup pintu bangunan irigasi**

Adapun konsep dasar sistem operasi daerah irigasi ialah :

1. **Perencanaan operasi (persiapan perencanaan operasi disesuaikan dengan perencanaan pemeliharaan).**
2. **Pelaksanaan rencana operasi (pembagian air).**
3. **Monitoring dan evaluasi operasi (pengumpulan data berkala dan persiapan penyusunan laporan-laporan, penilaian pencapaian dibanding target, dan lain-lain).**

Agar dicapai efisiensi dan efektifitas kerja, petugas O&P harus mempunyai kemampuan yang cukup dan mempunyai pengetahuan khususnya mengenai sistem pembagian air dan dituntut untuk memahami karakteristik lokasi daerah kerjanya. Tenaga lapangan diharapkan memahami sistem prosedur operasi sehingga akan menambah pengetahuan dan mampu melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya dengan baik serta dapat melakukan penyesuaian dengan cepat apabila ada perubahan dalam perencanaan prosedur maupun ke arah komputersasi perencanaan operasi di waktu yang akan datang.

### **2.3. Pemeliharaan Jaringan Irigasi**

Definisi Pemeliharaan Jaringan Irigasi menurut Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006 ialah upaya menjaga dan mengamankan jaringan irigasi agar selalu dapat berfungsi dengan baik guna memperlancar pelaksanaan operasi dan mempertahankan kelestariannya. Kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi adalah usaha-usaha dan kegiatan untuk menjaga agar jaringan irigasi selalu dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat dioperasikan secara normal, dan terjaga kelestariannya.

Pemeliharaan yang benar adalah untuk pengoperasian sistem irigasi yang efisien. Pemeliharaan yang buruk mengurangi usia kerja sistem. Tujuan dari pemeliharaan yang benar adalah :

1. Memastikan sistem bekerja pada kondisi yang bagus di setiap waktu,
2. Memperoleh penggunaan maksimal dari fasilitas sistem dengan pemeliharaan dan penggantian yang tepat,
3. Memastikan umur kerja dari sistem tanpa harus melakukan rehabilitasi sebelum batas waktu yang ditentukan,
4. Melaksanakan program pemeliharaan dengan biaya rendah yang layak.

Tujuan tersebut dapat dicapai pertama-tama dengan melaksanakan pengawasan secara sistematis dan rutin dari semua saluran dan bangunan utama yang berada di bawah pengawasan Cabang Dinas untuk menentukan kebutuhan biaya pemeliharaan. Kebutuhan tersebut dibagi berdasarkan kategori dan prioritas untuk merancang program pemeliharaan dan anggaran biayanya. Pelaksanaannya oleh Staf Pemeliharaan Kepala Cabang melalui swakelola atau oleh Pemborong yang sesuai dengan pekerjaan pemeliharaan yang dibutuhkan, dapat juga pelaksanaannya bekerjasama dengan P3A / GP3A / IP3A setempat.

Pekerjaan pemeliharaan dibagi menjadi pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala dan pemeliharaan darurat. Tugas pemeliharaan rutin dilaksanakan oleh staf lapangan, dengan beberapa pekerjaan membutuhkan penambahan tenaga terampil di bawah rencana swakelola. Perawatan berkala dilaksanakan secara swakelola atau melalui kontrak kecil yang diurus oleh Dinas Pengairan Kabupaten. Perbaikan darurat dapat dilaksanakan oleh salah satu atau gabungan dari rencana di atas dengan bantuan dari petani dan masyarakat tergantung dari kegawatan dan kepentingan pekerjaan perbaikan. Secara umum kegiatan pemeliharaan terdiri dari 3 (tiga) macam yaitu :

1. Kegiatan pemeliharaan rutin

Pemeliharaan harian terhadap bangunan irigasi dan drainase dianggap sebagai pemeliharaan rutin. Pekerjaan tersebut meliputi membersihkan endapan lumpur pada alat pengukur, membersihkan puing-puing yang mengapung pada saluran dan meminyaki serta mengecat kembali pintu-pintu. Hal ini merupakan perawatan ringan atau pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin dan dilaksanakan sepanjang tahun. Pemeliharaan rutin merupakan pekerjaan paling baik dan menguntungkan dari segi biaya karena perawatan ringan lebih awal dapat mengantisipasi dan menghentikan masalah yang lebih besar. Pemeliharaan rutin, jika dilaksanakan secara memuaskan, dapat mengurangi keperluan perawatan utama yang menggunakan jasa pemborong di kemudian hari. Pekerjaan ini hanya membutuhkan sedikit bahan bangunan dan menggunakan peralatan sederhana tiap hari.

2. Kegiatan pemeliharaan berkala

Pekerjaan pemeliharaan berkala merupakan pekerjaan perbaikan utama yang tidak mempengaruhi normalnya sistem irigasi bekerja atau kegagalan sistem yang dapat dilaksanakan selama waktu tertentu khususnya ketika penutupan saluran. Beberapa pekerjaan perbaikan termasuk peninggian dan pelebaran tanggul, memperbaiki pengatur aliran saluran utama dan bangunan pengukur, pengerukan lumpur dan pembersihan tanaman pengganggu. Pemeliharaan berkala terdiri dari pekerjaan sedang sampai besar, dan memerlukan perencanaan yang lebih rinci serta pengawasan untuk inspeksi, pembuatan gambar beserta perhitungannya dan selama pelaksanaannya.

3. Kegiatan pemeliharaan khusus

Pekerjaan darurat adalah memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh bencana alam misalnya banjir, gempa bumi dan angin topan. Pemeliharaan darurat terutama untuk

kebocoran tanggul saluran dan tanggul pengaman sungai atau anak sungai. Kerusakan bangunan mungkin terjadi jika kurangnya perhatian terhadap pemeliharaan bendung, alat pengatur, dan Gorong-gorong.

## **2.4. Analisis Neraca Air**

Tujuan melakukan analisa neraca air adalah untuk mengetahui gambaran global mengenai ketersediaan dan kebutuhan air, dan pengaturan pemberian air yang wajar sesuai hasil perhitungan neraca air tersebut. Karena Saluran Induk Mataram merupakan daerah irigasi interkoneksi, dimana sumber air dan areal irigasi layanannya tidak hanya satu, maka metode perhitungan neraca dilakukan secara seksama dan sesuai standar perencanaan irigasi. Adapun tahapan analisis neraca air yang akan dilakukan dapat diuraikan di bawah ini :

### **2.4.1. Analisis Hidrologi**

Kondisi hidrologi dan iklim daerah irigasi akan berpengaruh pada pola tanam budi daya yang diusahakan dalam usaha mencapai peningkatan produksi sekaligus pendapatan petani. Data air di lahan persawahan seperti curah hujan, tinggi muka air sungai, debit air dan kualitas air digunakan sebagai dasar dalam penetapan perencanaan jaringan, bangunan bangunan pengatur dan pelengkap lain yang dibutuhkan dalam kegiatan pengembangan irigasi.

#### **1. Plotting Stasiun Hujan pada Peta Digital**

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui posisi / letak stasiun hujan pada peta digital sehingga dari letak stasiun tersebut dapat diketahui stasiun hujan yang berpengaruh terhadap area irigasi di Saluran Induk Mataram. Peta digital Wilayah pekerjaan ini diperoleh dari BPSWS Madiun. Peta tersebut diolah dengan menggunakan Software Map Info yang mempunyai fasilitas koordinat lintang dan bujur. Koordinat semua stasiun hujan di wilayah lokasi pekerjaan dimasukkan pada peta tersebut dan dengan fasilitas dalam Software Map Info.

Gambaran mengenai distribusi hujan di seluruh daerah aliran sungai, dapat diketahui dari beberapa stasiun yang tersebar di seluruh DAS. Stasiun terpilih adalah stasiun yang berada dalam cakupan areal DAS dan memiliki data pengukuran iklim secara lengkap. Metode yang dapat dipakai untuk menentukan curah hujan rata-rata adalah :

##### **a. Metode Thiessen,**

Pada metode Thiessen dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu. Metode perhitungan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar  $R_n$  akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup  $A_n$ . Perbandingan luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya  $A_n/A$ . Thiessen memberi rumusan sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dimana :  
 $R$  = Curah hujan daerah rata rata  
 $R_1, \dots, R_n$  = Curah hujan ditiap titik pos Curah hujan  
 $A_1, \dots, A_n$  = Luas daerah Thiessen yang mewakili titik pos curah hujan  
 $n$  = Jumlah pos curah hujan

b. Metode Arithmetik,

Pada metode aritmetik dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu dengan merata rata langsung stasiun penakar hujan yang digunakan. Metode arithmetik memberi rumusan sebagai berikut :

$$r = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2)$$

dimana :  
 $R$  = Curah hujan rata rata daerah  
 $R_1, \dots, R_n$  = Curah hujan ditiap titik pos curah hujan  
 $n$  = Jumlah pos curah hujan

c. Metode Peta Isohyet.

Menggunakan peta Isohyet, yaitu peta dengan garis garis yang menghubungkan tempat tempat dengan curah hujan yang mana. Besar curah hujan rata rata bagi daerah seluruhnya didapat dengan mengalikan CH rata rata diantara kontur kontur dengan luas daerah antara kedua kontur, dijumlahkan dan kemudian dibagi luas seluruh daerah. CH rata rata di antara kontur biasanya diambil setengah harga dari kontur.



## 2. Kelengkapan Data Curah Hujan

Data hujan yang tercatat di stasiun hujan sering ditemukan data tidak terekam oleh karena catatan hilang dan sebab-sebab lain sehingga data hujan pada hari tertentu tidak diketahui. Hal tersebut berbeda bila memang pada hari tersebut tidak terjadi hujan, atau hujan 0 mm. Kalau hal seperti ini terlalu sering terjadi akan sangat merugikan dan hal inilah yang kadang-kadang digunakan sebagai salah satu alasan untuk tidak menggunakan data di stasiun tersebut secara keseluruhan dalam analisis, tanpa disadari bahwa dengan berkurangnya jumlah stasiun dalam analisis justru akan mengundang kesalahan lain.

Umumnya, data yang hilang tersebut dianalisis untuk memperkirakan besaran data yang hilang dengan menggunakan metode rasional (*rational method*) (Linsley, 1958) dan *reciprocal method* (Simanton, 1980). Dalam pengujian yang dilakukan di sejumlah DAS di Pulau Jawa, ditemukan bahwa kedua cara tersebut ternyata menghasilkan data hujan yang menyimpang jauh dari yang sebenarnya. Hal ini disebabkan karena variabilitas-ruang hujan yang sangat tinggi, sehingga andaian yang melandasi kedua cara tersebut terlalu jauh dari kenyataan. Oleh sebab itu, disarankan untuk tidak memperkirakan kembali data yang hilang tersebut, sebelum ditemukan cara terbaik yang sesuai dengan kondisi di Indonesia yang mempunyai kesalahan sekecil mungkin. Data yang hilang hendaknya dibiarkan saja dan dianggap pada hari itu stasiun tersebut tidak ada (Sri Harto, 2000).

### 2.4.2. Analisis Debit Andalan

Pemberian air irigasi dihitung berdasarkan data pemberian air pada bangunan pengambilan ataupun data alokasi air. Ketersediaan air di bendung dilakukan dengan analisis debit andalan berdasarkan data aliran di sungai.

Ketersediaan air di bangunan pengambilan adalah air yang tersedia di suatu bangunan pengambilan yang dapat digunakan untuk mengairi lahan pertanian melalui suatu sistem irigasi. Ketersediaan air di sungai (debit andalan) pada bangunan pengambilan merupakan informasi yang sangat berharga dalam mengevaluasi sebuah sistem irigasi. Debit andalan adalah debit sungai untuk kemungkinan terpenuhi tertentu yang dapat dipakai untuk irigasi (Standar Perencanaan Irigasi, KP 01, 1986). Dalam memenuhi kepentingan perencanaan sistem irigasi, debit sungai ditetapkan 80%, yang dapat diartikan bahwa kemungkinan (probabilitas) debit sungai lebih rendah dari debit andalan tersebut sebesar 20%.

Prosedur analisis debit andalan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan data monitoring debit. Jika bangunan pengambilan yang telah tersedia bangunan pencatat debit, maka analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan melakukan analisis frekuensi / statistik terhadap data debit yang cukup panjang. Apabila data debit tidak tersedia cukup panjang (lebih dari 10 tahun) maka analisis ketersediaan air irigasi dapat dilakukan dengan menggunakan model hujan aliran. Salah satu contoh model hujan aliran yang sering digunakan untuk perencanaan irigasi adalah Model Mock.

a. Analisis Frekuensi Statistik

Debit sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, dapat dianalisis dengan analisis probabilitas. Prinsip yang digunakan adalah, jika suatu variabel hidrologi sama dengan atau lebih besar dari  $x$  yang terjadi dalam  $T$  tahun, maka akan mempunyai probabilitas  $p$  sama dengan  $1$  dalam  $T$  tahun, atau dapat ditulis secara matematis sebagai berikut :

$$p = \frac{1}{T} \quad (3)$$

Weibull mengusulkan untuk menghitung besaran hidrologi berdasarkan pandangan probabilitas dapat menggunakan persamaan berikut :

$$p = \frac{m}{(n+1)} \quad (4)$$

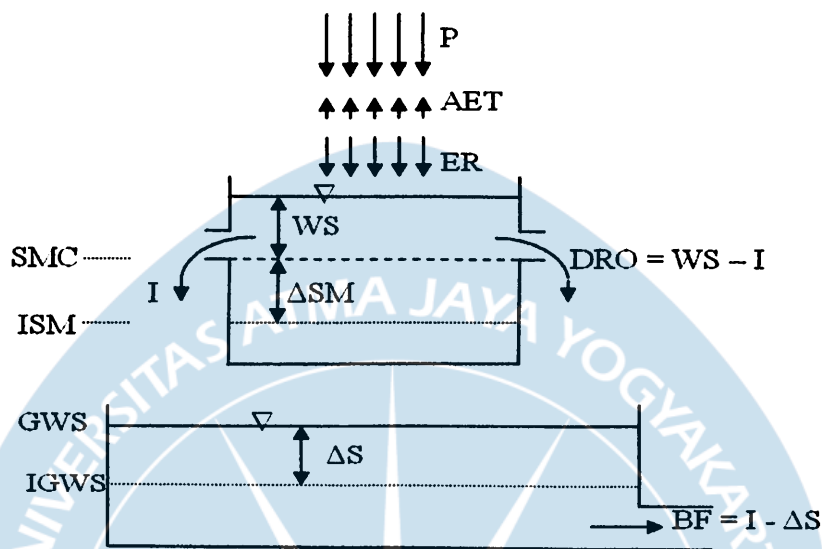
dimana

$p$	:	= Probabilitas
$m$	:	= Nomor urut data dari besar ke kecil
$n$	:	= Jumlah data

b. Analisis Model Mock

Ketersediaan data debit aliran sungai pada umumnya sangat terbatas beberapa tahun saja, sedangkan data hujan pada suatu DAS pada umumnya tersedia cukup lengkap dalam rentang waktu yang panjang (lebih dari 10 tahun). Oleh karena itu, suatu analisis penunjang dibutuhkan untuk mengestimasi ketersediaan air permukaan. Pengalihragaman hujan menjadi aliran dianalisis dengan model hidrologi yang cukup sederhana dan telah dikembangkan di beberapa daerah aliran sungai (DAS) di Pulau Jawa yaitu model pengalihragaman hujan menjadi aliran (*rainfall runoff model*). Model hujan-aliran yang digunakan dalam kegiatan

ini adalah Model Mock yang didasarkan pada hitungan simulasi imbang air pada daerah tangkapan dengan input data hujan, klimatologi dan parameter DAS. Perhitungan model ini relatif sederhana dan mudah penerapannya.



Gambar II-3 Model Tangki Mock

Gambar II-3 menunjukkan struktur Model Mock yang terdiri atas 3 bagian utama yaitu hujan dan penguapan, aliran permukaan, dan aliran dasar. Persamaan dasar Model Mock dijabarkan sebagai berikut :

$$AET = CF.PET \quad (5)$$

$$ER = P - AET \quad (6)$$

$$\Delta SM = SMC - ISM \quad (7)$$

$$WS = ER - \Delta SM \quad (8)$$

$$I = Cds.WS \quad (9)$$

$$I = Cws.WS \quad (10)$$

$$GWS = 0,5.(1 + K)I.GWS \quad (11)$$

$$\Delta S = GWS - IGWS \quad (12)$$

$$BF = I - \Delta S \quad (13)$$

$$DRO = WS - I \quad (14)$$

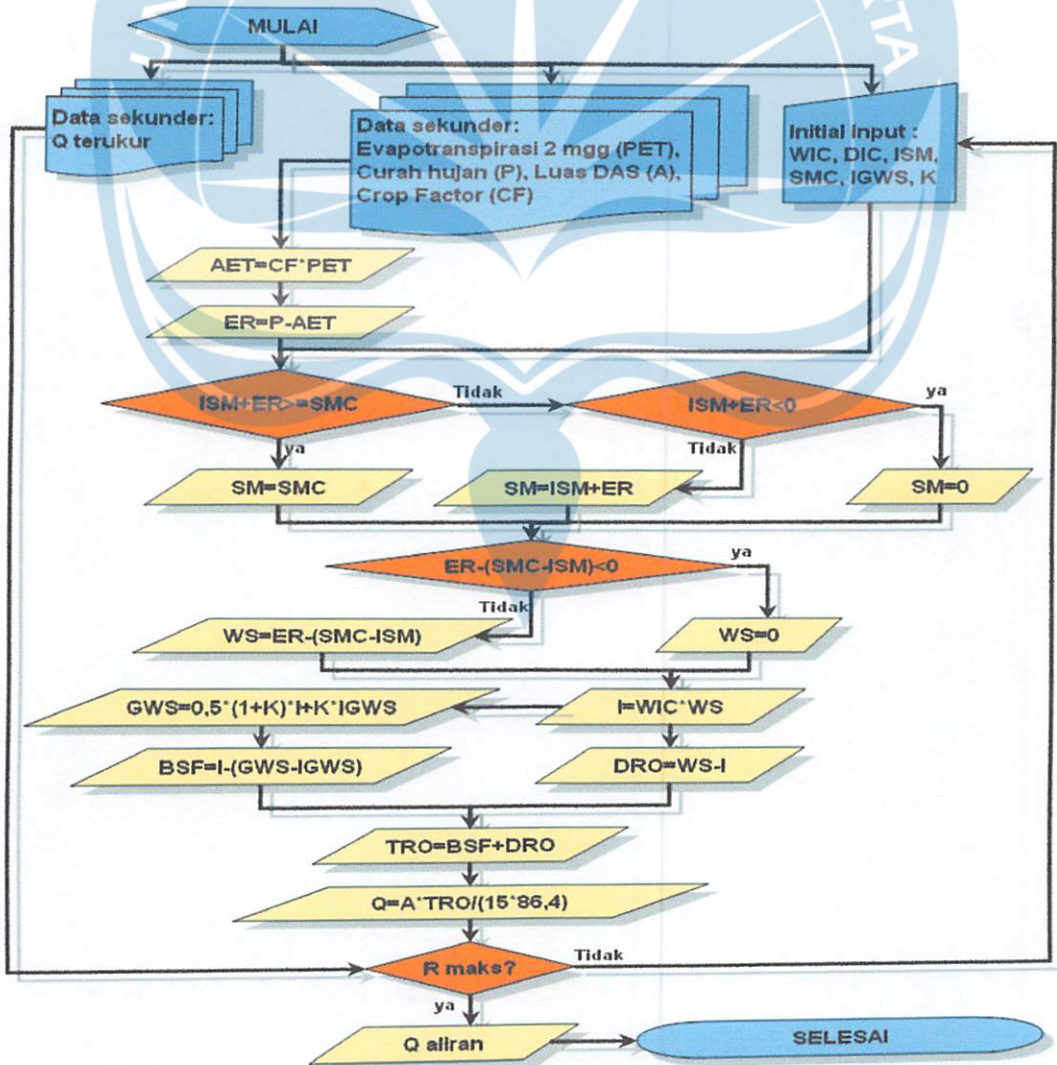
$$TRO = DRO + BF \quad (15)$$

$$QRO = ATRO \quad (16)$$

dimana :

- AET = Actual Evapotranspirasi (mm/hari)
- CF = Crop Factor
- PET = Evapotranspirasi, evaporasi yang terjadi pada permukaan tanah, tanaman dan sungai (mm/hari)
- ER = Exces Rainfall, hujan langsung yang sampai permukaan tanah (mm/bulan)

- P = Perkolasi, mm/hari  
 SM = Soil Moisture (mm)  
 SMC = Soil Moisture Capacity (mm)  
 ISM = Initial Soil Moisture (mm)  
 WS = Water Surplus, sisa air dari air hujan setelah digunakan untuk memenuhi Soil Moisture (mm)  
 I = Infiltrasi, sisa air yang meresap ke dalam tanah (mm)  
 Cds = Koefisien infiltrasi musim kemarau  
 Cws = Koefisien infiltrasi musim kemarau dan musim penghujan  
 GWS = Ground Water Storage (mm)  
 IGWS = Initial Ground Water Storage (mm)  
 BF = Base Flow (mm/bulan)  
 DRO = Direct Run Off (mm/bulan)  
 TRO = Total Run Off (mm/bulan)  
 QRO = Debit Run Off (m<sup>3</sup>/det)  
 A = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)



Gambar II-4 Bagan Alir Pengalirragaman Hujan – Aliran



Bagan alir analisa debit aliran (Gambar II-4) menggambarkan proses simulasi analisa pengalih ragaman hujan menjadi aliran. Sebelum simulasi hujan-aliran dilakukan, kalibrasi model Mock terlebih dahulu harus dilakukan untuk mendapatkan nilai beberapa parameter DAS yang bisa mewakili kondisi DAS. Oleh karena itu, analisis ini membutuhkan data debit terukur minimal satu tahun untuk melakukan kalibrasi parameter DAS. Setelah parameter DAS hasil kalibrasi didapatkan, kemudian dilakukan verifikasi model Mock. Parameter DAS hasil kalibrasi dan verifikasi yang akan mengalihragamkan curah hujan menjadi debit runoff harus memiliki korelasi ( $R$ )  $\geq 95\%$  dan tingkat kesalahan  $\leq 0,01\%$ . Parameter DAS hasil verifikasi inilah yang akan disimulasikan ke data curah hujan selanjutnya.

Tahapan pengalihragaman hujan menjadi aliran disampaikan berikut ini :

- 1) Mencari nilai *excess rainfall* dan *water surplus*. *Excess rainfall* ialah curah hujan dikurangi dengan evaporasi terbatas. *Water surplus* ialah kelebihan air di atas tanah, setelah kelembaban tanah mencapai maksimum oleh hujan yang jatuh di atas tanah, atau water surplus dapat diartikan secara matematis adalah *excess rainfall* dikurangi *soil moisture deficiency*. Kelembaban awal diasumsikan sama dengan kelembaban maksimum.
- 2) Mencari nilai koefisien infiltrasi dan koefisien resesi air tanah dengan cara :
  - a) Dicoba dulu koefisien infiltrasi dan koefisien resesi tanah dengan nilai tertentu, misalkan  $i = 0,5$  dan  $k = 0,6$  serta  $i = 0,6$  dan  $k = 0,6$  dan seterusnya, kemudian menghitung besarnya infiltrasi air ke dalam tanah.
  - b) Dari nilai besar infiltrasi air ke dalam tanah dapat dianalisa aliran langsung dan aliran dasar (*base flow*) serta aliran sungai. Aliran sungai atau aliran total ialah hasil penjumlahan antara aliran langsung dan aliran dasar.
- 3) Melaksanakan kalibrasi antara data aliran total hasil simulasi dengan data observasi. Dengan berbagai nilai  $i$  dan  $k$ , dapat diperoleh berbagai nilai aliran sungai yang tidak sama, dihitung korelasi antara data simulasi dan data observasi. Aliran sungai ditentukan berdasarkan korelasi antara hasil simulasi dan data observasi yang terbesar.

### 2.4.3. Analisis Klimatologi

Metode perhitungan untuk menentukan kebutuhan air bagi tanaman yang merupakan pengembangan rumus-rumus empiris berdasarkan kondisi yang ada di lapangan. Rumus-rumus tersebut antara lain : Blaney Criddle, Hergreaves, Penman, Penman Modifikasi Penman Mountheith, Radiasi, Panci Evaporasi, Thornthwaite, Wickman, IRRI, Lowry Johnson Christiansen, dan lain-lainnya. Dalam kegiatan ini, kebutuhan air dianalisis dengan menggunakan Metode Penman yang disederhanakan sesuai dengan rekomendasi Badan Pangan & Pertanian PBB (FAO) pada Tahun 1977. Metode ini dikembangkan berdasarkan hasil empiris yang merupakan pendekatan konsep keseimbangan energi radiasi matahari. Selain itu, metode tersebut menggunakan variabel suhu rerata bulanan, kelembaban relatif bulanan rerata, kecerahan matahari bulanan, kecepatan angin bulanan rerata, letak lintang daerah, dan angka koreksi (c) sesuai dengan bulan yang ditinjau.

Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan sebagai pengganti sejumlah air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan air maupun melalui daun-daun tanaman. Bila kedua proses penguapan tersebut terjadi bersamaan, terjadilah proses evapotranspirasi, yaitu gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Dengan demikian, besar kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses evapotranspirasi.

Evapotranspirasi (ET) yang merupakan kombinasi antara evaporasi dan transpirasi, adalah penguapan total baik dari permukaan air, daratan, maupun dari tumbuh-tumbuhan. Banyak faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi ini antara lain: suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari, ketinggian lokasi proyek, dan lain sebagainya. Umumnya besar kebutuhan air bagi tanaman secara detail terbentur pada kesukaran untuk mendapatkan hasil pengukuran yang teliti di lapangan.

H.L. Penman (1948) mengembangkan rumus empiris radiasi guna perhitungan  $ET_0$  sebagai berikut :

$$ET_0 = C \cdot ET_0^* \quad (17)$$

Sedangkan besaran  $ET_0^*$  dihitung dengan rumus :

$$ET_0^* = w \cdot \left[ 0,75 \cdot R_s - R_{n1} \right] \cdot \left( 1 - w \right) \cdot f(u) \cdot \left( e_a - e_d \right) \quad (18)$$

Nilai  $R_s$ ,  $R_{n1}$ ,  $f(u)$ ,  $(e_a - e_d)$  pada persamaan (18) dihitung dengan rumus :

$$R_s = (a + b \cdot n/N) R_a \quad (19)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s, \alpha = 0,25 \quad (20)$$

$$R_{n1} = f(d) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \quad (21)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \quad (22)$$

$$ed = (RH/100) \cdot ea \quad (23)$$

$$f(d) = 0,34 - 0,044 \cdot \sqrt{ed} \quad (24)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot n/N \quad (25)$$

dimana	:
ET <sub>0</sub>	= evapotranspirasi tanaman acuan, mm/hari
c	= faktor yang menunjukkan pengaruh perbedaan kecepatan angin pada siang dengan malam hari
W	= faktor pembobot
R <sub>n</sub>	= energi radiasi bersih yang menghasilkan evaporasi, mm/hari
f(u)	= fungsi kecepatan angin rata-rata yang diukur pada ketinggian 2 m, km/hari
ed	= tekanan uap aktual, mbar
ea	= tekanan uap sebenarnya, mbar
(ea-ed)	= perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap aktual, mbar
u	= kecepatan angin harian rata-rata pada ketinggian 2 m, Km/hari
RH	= kelembaban udara relatif (%)
R <sub>a</sub>	= radiasi yang sampai pada lapisan atas atmosfer, mm/hari
a	= 0,25
b	= 0,5
R <sub>s</sub>	= radiasi yang sampai ke bumi, mm/hari
R <sub>ns</sub>	= radiasi bersih matahari gelombang pendek, mm/hari
R <sub>n1</sub>	= radiasi bersih gelombang panjang, mm/hari
R <sub>n</sub>	= radiasi bersih, mm/hari
n/N	= perbandingan jam cerah aktual dengan jam cerah teoritis, yang besarnya sama dengan persentasi penyinaran matahari
f(n/N)	= fungsi kecerahan
f(ed)	= fungsi tekanan uap
f(t)	= fungsi suhu
α	= albedo atau persentase radiasi yang dipantulkan, untuk tanaman acuan rumus Penman Modifikasi diambil α = 0,25

Kecepatan angin dihitung dengan ketentuan :

**Kecepatan angin f(u)**

**Fungsi Kecepatan Angin f(u)**

$f(u) = 0,27 * (1 + (u + c) / 100)$   
U dalam satuan Km/hari

$f(u) = 0,27 * (1 + 0,864 * u * c)$   
U dalam satuan m/detik

Close

**Faktor koreksi (c) untuk u yang diukur pada ketinggian tertentu**

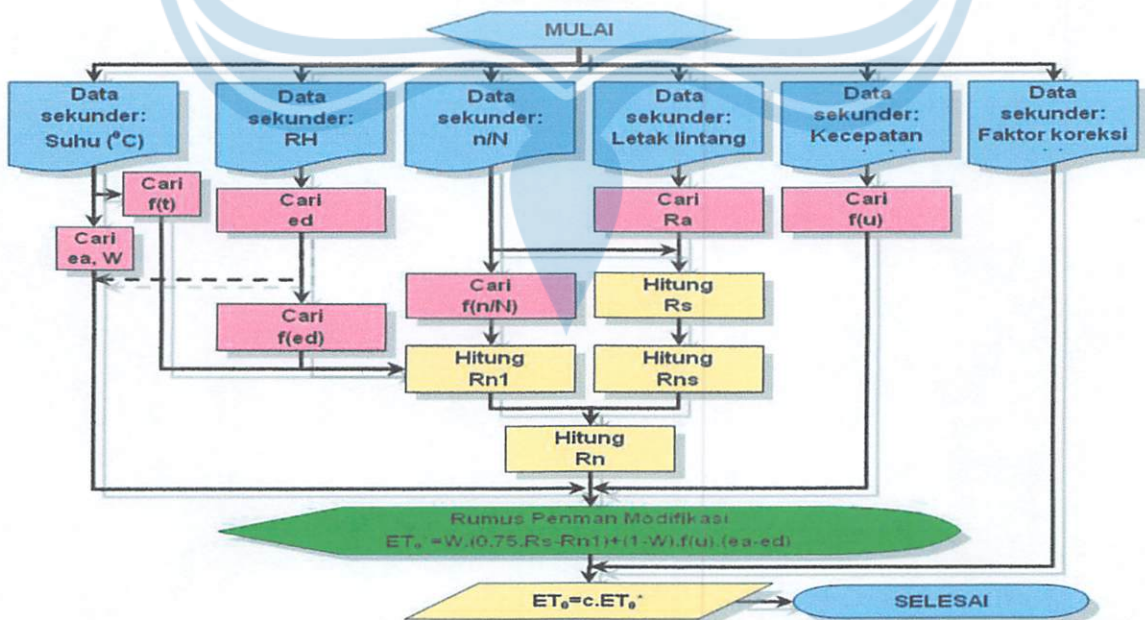
Ketinggian tempat pengukuran (m)	faktor koreksi
0,5	1,35
1	1,15
1,5	1,06
2	1
3	0,93
4	0,88
5	0,85
6	0,8

Gambar II-5 Rumus dan Koreksi Kecepatan Angin

Data terukur yang diperlukan antara lain :

1. Suhu rerata bulanan ( $0C$ )
2. Kelembaban relatif bulanan rerata, RH (%)
3. Kecerahan matahari bulanan, n/N (%)
4. Kecepatan angin bulanan rerata (m/s)
5. Letak lintang daerah

Nilai  $ET_0$  dapat dihitung secara manual dengan bagan alir analisis ditampilkan pada Gambar II-6.



Gambar II-6 Bagan Alir Metode Penman Modifikasi



#### 2.4.4. Kebutuhan Air

Kebutuhan air irigasi bisa ditentukan berdasarkan pada kebutuhan air irigasi di daerah irigasi sekitarnya atau kebiasaan yang sudah berjalan selama ini dengan mempertimbangkan karakteristik dan kondisi yang berbeda. Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan irigasi adalah sebagai berikut :

1. Penyiapan lahan
2. Kebutuhan air untuk tanaman
3. Perkolasi dan rembesan
4. Penggantian lapisan air
5. Curah hujan efektif

Penanaman yang terus menerus pada lahan dengan tanaman sejenis tidak memberikan kesempatan pada tanah untuk melakukan pertukaran unsur hara. Hal tersebut dapat dihindari dengan melakukan pergiliran tanam sehingga memungkinkan terjadinya siklus unsur hara pada tanah. Faktor faktor yang berpengaruh pada kebutuhan air irigasi di sawah adalah :

1. Penyiapan lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan, umumnya mempunyai nilai yang paling besar. Oleh karenanya, kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi umumnya ditentukan berdasarkan kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditentukan oleh faktor-faktor berikut ini, yaitu jangka waktu untuk penyiapan lahan dan jumlah air untuk penjemuran serta lapisan air. Dalam kegiatan ini jangka waktu untuk penyiapan lahan diambil 1 bulan. Sedangkan jumlah air untuk penjemuran dan lapisan air untuk lahan yang tidak dibiarkan bera sebesar 250 mm (200 mm untuk penjemuran tanah dan 50 mm untuk penggenangan lapisan air awal setelah transplantasi atau pemindahan bibit ke petak sawah selesai).

Besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh Van De Goor dan Zijlstra, seperti diperlihatkan pada rumus :

$$IR = \frac{M.e^k}{e^k - 1} \quad (26)$$

$$M = E_0 + P \quad (27)$$

$$k = \frac{MT}{S} \quad (28)$$

dimana	:
IR	= kebutuhan air untuk penyiapan lahan, mm/hari
M	= kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan tanahnya, mm/hari
$E_0$	= evaporasi air terbuka yang diambil $1,1 \cdot ET_0$ , mm/hari
P	= perkolasi, mm/hari
T	= jangka waktu penyiapan lahan, hari
S	= jumlah air untuk penjenuhan dan lapisan air

## 2. Kebutuhan air untuk tanaman

Penggunaan konsumtif dihitung dengan menggunakan rumus :

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad (29)$$

dimana	:
$ET_c$	= kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman, mm/hari
$K_c$	= koefisien tanaman,
$ET_0$	= evapotranspirasi potensial tanaman acuan (dihitung dengan rumus Penman Modifikasi, lihat rumus 19 di bawah), mm/hari

Evaporasi  $ET_0$  dihitung dengan menggunakan metode “Penman Modifikasi”. Nilai koefisien tanaman padi ditentukan oleh angka angka yang diperkenalkan FAO Tahun 1975. Pola tanam dan jadwal tanam terpilih ditentukan berdasarkan luasan lahan yang ada semaksimal mungkin dapat terairi (100%) atau lebih.

## 3. Perkolasi dan rembesan

Laju perkolasi sangat tergantung pada jenis dan sifat tanah. Selanjutnya digunakan standar kriteria “Pedoman Proyek Proyek Pengairan”. Perkolasi adalah kehilangan air pada petak sawah baik yang meresap ke samping ke bawah (vertikal) maupun yang meresap ke samping (horizontal). Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh sifat tanah dan kedalaman permukaan tanah terutama sifat fisik tanah seperti *clay*, *clayloam*, *loam*, *silty clay*, & sebagainya. Struktur tanah lahan sawah baru belum padat dan belum terbentuk lapisan yang jenuh air sehingga kebutuhan air (lt/det/ha) masih tergantung pada jenis tanah dan aktifitas pengelolaan. Harga perkolasi berkisar antara 1 – 6 mm/hari.

Penggantian air genangan diperlukan untuk pemberian pupuk pada tanaman yang terjadi pengurangan air pada petak sawah sebelum pemberian pupuk. Besarnya adalah 50 mm selama  $\frac{1}{2}$  bulan atau sebesar 3,33 mm /hari pada bulan 1 dan ke 2. Sedangkan

kebutuhan air untuk pembibitan dianggap sudah tercakup dalam pengolahan tanah (areal untuk pembibitan sempit dan waktu bersamaan  $\pm 30$  hari).

**Tabel II-1 Nilai perkolasi untuk berbagai tekstur tanah**

Tekstur tanah	Kedalaman Perkolasi (mm/hari)
Clay	1,0 – 1,5
Silty clay	1,5 - 2,0
Clay loam, silty clay loam	2,0 – 2,5
Mudy clay loam	2,5 – 3,0
Sandy loam	3,0 – 6,0

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Pengairan, 1986, Standar Perencanaan Irigasi, KP-03, Jakarta.

4. Penggantian lapisan air

Pergantian lapisan air dilakukan 2 (dua) kali selama masa pertumbuhan tanaman padi, masing masing :

- Selama 15 hari (0,5 bulan) setelah transplantasi
- Setelah 30 hari (1 bulan) setelah padi berumur 2 (dua) bulan

Penggantian lapisan air dilakukan sebanyak 3,3 mm/bulan. Masa tanam dilakukan secara bertahap, pada seluruh petak tersier, maka besarnya penggantian lapisan air adalah sebesar 1,65 mm tiap setengah bulan.

5. Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang langsung mempengaruhi pemberian air di sawah. Untuk keperluan perencanaan persawahan di sawah dibagi menjadi 2, yaitu :

- Curah hujan untuk tanaman padi  
Besarnya curah hujan efektif ditentukan dengan 70% dari curah hujan rata rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan R80). Besarnya R80 didapat dengan mengurutkan data dengan menggunakan rumus Harza.
- Curah hujan efektif untuk tanaman palawija.  
Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija dipengaruhi oleh besarnya tingkat evapotranspirasi dan curah hujan bulanan rata rata dari daerah yang bersangkutan. Besar curah hujan efektif ditentukan 50% dari curah hujan rata rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 50 % (curah hujan R50).

## 2.5. Ratio Pelaksanaan Pembagian Air (RPPA)

Salah satu konsep kinerja jaringan irigasi adalah membandingkan debit air nyata yang dikirim ke pintu dan debit air rencana yang dihitung untuk periode irigasi yang dimaksud. Hal ini merupakan pendekatan yang cepat dan sederhana dan dapat dilaksanakan di mana saja pada suatu sistem dimana terdapat pintu dan bangunan pengukur lainnya. Lebih cepat lagi dengan mengisi papan eksploitasi yang memperlihatkan perbandingan kedua data tersebut. Perbandingan yang tepat dapat dibuat jika papan eksploitasi dilaksanakan semestinya. Perbandingan antara 2 (dua) debit air dihasilkan dengan menghitung RPPA, yang dirumuskan :

$$RPPA = \frac{\text{debit sebenarnya}}{\text{debit rencana}} \quad (1-2)$$

Urutan nilai-nilai RPPA yang telah ditentukan dapat dilihat pada Tabel II-2 sehingga dapat disimpulkan apakah jaringan, sub jaringan atau sadap tersier dioperasikan dengan benar.

**Tabel II-2 Urutan nilai-nilai RPPA**

No	RPPA	Nilai
1	0,75 - 1,25	Baik
2	0,60 - 0,75 atau 1,25 - 1,40	Cukup
3	0,40 - 0,60 atau 1,40 - 1,60	Buruk
4	< 0,40 atau > 1,60	Sangat Buruk

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Pengairan, 1986, Standar Perencanaan Irigasi, KP-03, Jakarta.

Nilai RPPA yang lebih besar dari satu akan menunjukkan kelebihan air. Sebaliknya dengan RPPA kurang dari satu, tanaman menerima air kurang dari yang direncanakan.

Begitu inspeksi lapangan telah dilakukan oleh Pengamat, penting bagi dia untuk membahas hasil-hasilnya dengan Juru Pengairan atau Penjaga Pintu Air yang bersangkutan. Apabila debit rencana dipertahankan, maka staf lapangan harus diberitahu bahwa mereka melakukan pekerjaan dengan baik. Apabila debit rencana tidak di dalam kisaran yang diterima ( $0,75 < RPPA < 1,25$ ) maka penyebabnya harus ditemukan. Apabila disebabkan oleh kesulitan-kesulitan pengoperasian, maka Pengamat akan mencatatnya & mengadakan perubahan-perubahan pada waktu merencanakan debit untuk 15 hari mendatang. Apabila staf lapangan lalai maka mereka harus diberi petunjuk, dibimbing untuk meningkatkan pekerjaannya.