

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini penulis memaparkan dua penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan dibahas mengenai analisis keseimbangan air pada daerah irigasi Pemali Hilir Kabupaten Brebes, Jawa Tengah.

Gilang Idfi (2010) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Keseimbangan Air Pada Daerah Irigasi Delta Brantas (Saluran Mangetan Kanal) Untuk Kebutuhan Irigasi dan Industri” memaparkan mengenai analisis keseimbangan air dengan menggunakan beberapa parameter penelitian diantaranya analisa ketersediaan air, analisa kebutuhan air, dan analisa keseimbangan air. Analisa ketersediaan air dilakukan dengan perhitungan debit andalan dengan tingkat keandalan sebesar 80% dengan membagi menjadi tiga musim yaitu debit andalan musim hujan, musim kemarau 1, dan musim kemarau 2. Selain perhitungan debit andalan, ada juga perhitungan curah hujan efektif dengan tingkat keefektifan sebesar 80% yang digunakan untuk pemanfaatan kehilangan air akibat evapotranspirasi, perkolasi, dan lain-lain. Analisa kebutuhan air dilakukan dengan perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi tiap bulanan dari perhitungan rerata data klimatologi Stasiun Meteorologi Karang Ploso. Selain itu, terdapat perhitungan untuk analisa kebutuhan air diantaranya perhitungan perkolasi, penyiapan lahan, koefisien tanaman, penggolongan, dan efisiensi irigasi.

Yenni Syahreni Siagian dan A. P. Mulia Tarigan (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Neraca Air Daerah Irigasi Panca Arga Di Kabupaten Asahan” memaparkan mengenai keseimbangan air dengan melakukan analisa ketersediaan air dan analisa kebutuhan air. Analisa ketersediaan air terlebih dahulu dilakukan perhitungan curah hujan dan perhitungan evapotranspirasi. Perhitungan curah hujan diperoleh dari tiga stasiun hujan dengan periode data 10 tahun dan menghitung curah hujan efektif maksimum dan minimum dengan metode curah hujan rata-rata. Curah hujan

maksimum diperoleh pada bulan September I sebesar 262 mm dan curah hujan minimum pada bulan Februari sebesar 61 mm. Perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi sebesar 80% dan tanaman palawija sebesar 50%. Hasil dari data curah hujan digunakan untuk menghitung debit andalan dengan metode FJ. Mock dan diperoleh debit andalan maksimum sebesar 13,10 m³/det pada bulan Agustus I dan debit andalan minimum sebesar 4,83 m³/det pada bulan Maret I. Analisa kebutuhan air dilakukan dengan melakukan perhitungan evapotranspirasi, penyiapan lahan, perkolasi, pergantian lapisan air, dan koefisien tanaman padi dan palawija. Berdasarkan perhitungan kebutuhan air yang dilakukan persetengah bulannya diperoleh nilai NFR (*Net Field Requirement*) yang terkecil sebesar 5,18 mm/hari dengan alterhatif yang digunakan alternative 14 dan penyiapan lahan pada periode bulan Juli II.

Simpulan yang didapat dari hasil pemaparan dua penelitian ini menunjukkan bahwa dalam analisa ketersediaan air irigasi dilakukan perhitungan debit andalan menggunakan metode FJ. Mock dari data curah hujan dan data debit dengan periode data 10 tahun. Untuk analisa kebutuhan air irigasi dilakukan perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi dari data klimatologi tahun terbaru. Dari hasil analisa ketersediaan air irigasi dan analisa kebutuhan air irigasi dapat dihitung nilai keseimbangan air irigasi. Berdasarkan penjelasan diatas dapat digunakan sebagai acuan untuk pembahasan mengenai keseimbangan air irigasi agar produktifitas pertanian lebih maju dan berkembang.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi Irigasi

Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. Dalam dunia modern, saat ini sudah banyak model irigasi yang dapat dilakukan manusia.

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman. Meskipun demikian, suatu definisi yang lebih umum dan termasuk sebagai irigasi adalah penggunaan air pada tanah untuk setiap jumlah kegunaan sebagai berikut :

1. Menambah air ke dalam tanah untuk menyediakan cairan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanam-tanaman.
2. Untuk menyediakan jaminan panen pada saat musim kemarau yang pendek.
3. Untuk mendinginkan tanah dan atmosfer, sehingga menimbulkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanam-tanaman.
4. Untuk mengurangi bahaya pembekuan.
5. Untuk mencuci atau mengurangi garam dalam tanah.
6. Untuk mengurangi erosi dalam tanah.
7. Untuk melunakkan pembajakan dan gumpalan tanah.
8. Untuk memperlambat pembekuan tunas dengan pendinginan karena penguapan.

2.2.2 Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit yang tersedia yang dapat diperhitungkan untuk keperluan tertentu (irigasi, PLTA, air minum) sepanjang tahun dengan resiko yang telah diperhitungkan. Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam persentase tertentu misalnya 90%, 80% atau nilai persentase lainnya sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan air irigasi.

Debit andalan dapat dihitung berdasarkan data debit intake pada masing-masing pintu pengambilan dengan periode 10 harian yang nantinya debit tersebut akan digunakan sebagai patokan ketersediaan debit yang masuk ke jaringan irigasi. Pada pengerjaan tugas akhir ini, debit andalan yang digunakan adalah debit yang berasal dari Bendung Notog Kabupaten Brebes.

2.2.3 Kebutuhan Air Untuk irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontibusi air tanah. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air yang didalam tanah. Kekurangan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhenti. Secara umum perkiraan banyaknya air irigasi yang diperlukan untuk tanaman padi and palawija diuraikan sebagai berikut :

1. Kebutuhan air untuk padi
2. Kebutuhan air untuk palawija
3. Penggantian Lapisan Air (WLR)
4. Kebutuhan air untuk Penyiapan Lahan (PL)
5. Kebutuhan Air Konsumtif (Etc)
6. Perkolasi
7. Efisiensi irigasi
8. Asumsi dalam perhitungan kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air untuk tanaman pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto Kebutuhan Air Lapang (*Net Field Requirement, NFR*)

2.2.4 Pola Tata Tanam

Pola tanam merupakan gambaran rencana tanam berbagai jenis tanaman yang akan dibudidayakan dalam suatu lahan beririgasi dalam satu tahun. Penetapan pola tata tanam diperlukan untuk usaha peningkatan produksi pangan. Pola tata tanam yang berlaku pada setiap daerah akan berbeda dengan daerah lain, karena karakteristik setiap daerah juga berbeda (Wirosoedarmo, 1985).

Faktor – faktor yang mempengaruhi pola tata tanam adalah :

- a. Iklim. Keadaan pada musim hujan dan musim kemarau akan berpengaruh pada persediaan air untuk tanaman dimana pada musim hujan maka persediaan air untuk tanaman berada dalam jumlah besar, sebaliknya pada musim kemarau persediaan air akan menurun.
- b. Topografi. Letak atau ketinggian lahan dari permukaan air laut berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban udara dimana keduanya mempengaruhi pertumbuhan tanaman.
- c. Debit air yang tersedia. Debit air pada musim hujan akan lebih besar dibandingkan pada musim kemarau, sehingga harus diperhitungkan mencukupi jika akan ditanam suatu jenis tanaman tersebut.
- d. Jenis tanah. kondisi ini menjelaskan tentang keadaan fisik, biologis, dan kimia tanaman.
- e. Social ekonomi. Dalam usaha pertanian faktor ini merupakan faktor yang sulit untuk diubah, sebab berhubungan dengan kebiasaan petani dalam menanam suatu jenis tanaman.

Tujuan pola tanam adalah untuk memanfaatkan persediaan air irigasi seefektif mungkin, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Sedangkan tujuan dari pola tata tanam adalah sebagai berikut :

- a. Menghindari ketidakseragaman tanaman.
- b. Menetapkan jadwal waktu tanam agar memudahkan dalam usaha pengelolaan air irigasi.
- c. Peningkatan efisiensi irigasi.
- d. Meningkatkan hasil produksi pertanian.

2.2.5 Keseimbangan Air Untuk Irigasi

Dalam proses sirkulasi air, penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) disuatu daerah untuk suatu periode tertentu disebut keseimbangan air (*water balance*). Analisis keseimbangan air merupakan bagian penting dalam tahapan kegiatan analisis hidrologi. Keseimbangan air dimaksudkan merupakan perhitungan jumlah masukan (*inflow*) dan keluaran (*outflow*) dalam tinjauan waktu tertentu pada suatu sub-sistem hidrologi (Sri Hartono,2000). Persamaan dasar hitungan keseimbangan air adalah sebagai berikut :

$$I = O \pm \Delta S \quad (2.1)$$

Keterangan :

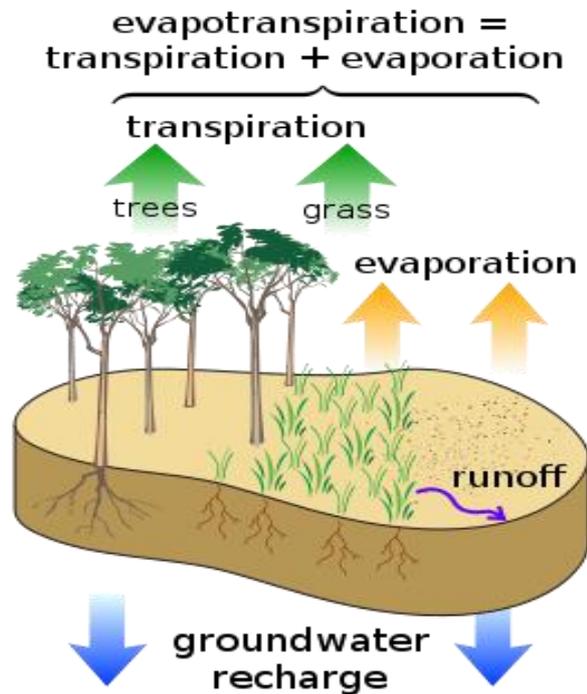
I = Total Inflow

O = Total Outflow

ΔS = Perubahan tampungan atau selisih antara jumlah inflow dan outflow.

2.2.6 Analisa Evapotranspirasi

Pada analisa klimatologi, akan dihitung besarnya evaporasi potensial pada wilayah studi. Evapotranspirasi merupakan gabungan antara evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber seperti tanah, atap, dan badan air. Transpirasi merupakan pergerakan air di dalam tumbuhan yang hilang melalui stomata akibat diuapkan oleh daun. Evapotranspirasi potensial adalah nilai yang menggambarkan kebutuhan lingkungan, sekumpulan vegetasi, atau kawasan pertanian untuk melakukan evapotranspirasi yang ditentukan oleh beberapa faktor, seperti intensitas penyinaran matahari, kecepatan angin, kelembapan, temperatur udara, dan lebar daun.



Gambar 2.1 Proses Evapotranspirasi

(Sumber: Wikipedia)

Dari perhitungan evaporasi potensial ini dapat diketahui besarnya evapotranspirasi tanaman, sehingga nantinya akan didapat kebutuhan air untuk setiap jenis tanaman. Banyak rumus tersedia untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang terjadi, salah satunya adalah Metode Penman Modifikasi sebagai berikut :

$$ET_o = c \times ET_o^* \quad (2.8)$$

$$ET_o^* = W (0,75 \times R_s - R_{n1}) + (1 - W) \times (f(u) \times (e_a - e_d)) \quad (2.9)$$

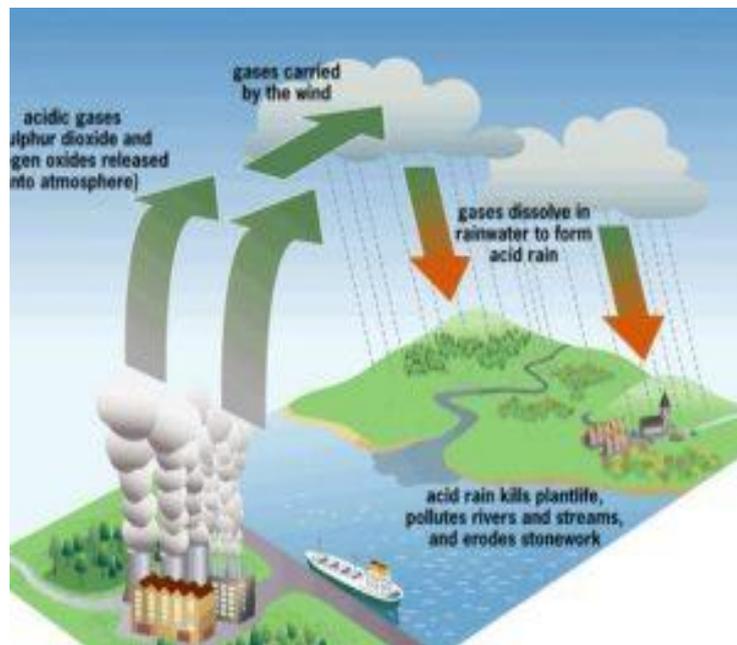
Dimana :

- c = Faktor pergantian cuaca akibat siang dan malam.
- W = Faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial (mengacu pada tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian)
- (1 - W) = Faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban Pada ET_o .

- $(e_a - e_d)$ = Perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar) dimana $e_d = e_a \times RH$.
- R_n = Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hari).
- R_n = $R_{ns} - R_{n1}$
- R_{ns} = $R_s (1 - \alpha)$; α = koefisien pemantulan = 0,25).
- R_s = $(0,25 + 0,5 (n/N)) \times R_a$
- R_{n1} = $2,01 \times 10^9 \times T (0,34 - 0,44 e_d^{0,5}) (0,1 + 0,9 n/N)$
- $f(u)$ = Fungsi pengaruh pada ETo.
 = $0,27 \times (1 + U_2/100)$ dimana U_2 merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari di ketinggian 2 m.

2.2.7 Analisa Curah Hujan

Hujan adalah sebuah presipitasi berwujud cairan, berbeda dengan presipitasi non-cair seperti salju, batu es dan slit. Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemui suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi.



Gambar 2.2 Proses Hujan

(Sumber: Google Image)

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dan secara langsung dipergunakan memenuhi kebutuhan air tanaman untuk pertumbuhan. Analisis curah hujan efektif dapat dilakukan dengan mengurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil kemudian diperoleh besarnya curah hujan efektif dengan tingkat keandalan 80%.

Analisa curah hujan ini dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif (R_{eff}) ditentukan berdasarkan besarnya R_{80} yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dilampaui 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang terjadi lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%. Curah hujan efektif dapat dihitung dengan menggunakan cara empiris seperti berikut :

$$R_{80} = (n/5) + 1 \quad (2.10)$$

Dimana :

$R_{eff} = R_{80}$: Curah hujan efektif 80% (mm/hari)

$n/5 + 1$: Rangkaian curah hujan dihitung dari curah hujan terkecil

n : Jumlah data

2.2.8 Perkolasi

Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat - sifat tanah. dari hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan genangan berkisar antara 1 sampai 3 mm/hari. Di daerah dengan kemiringan diatas 5%, paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan.

2.2.9 Kebutuhan Air Untuk Konsumtif Tanaman

Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di area pertanian pada kondisi cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik.

Untuk menghitung kebutuhan air konsumtif tanaman digunakan persamaan empiris sebagai berikut :

$$\text{Etc} = \text{Kc} \times \text{Eto} \quad (2.11)$$

Dimana :

Etc : Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

Kc : Koefisien tanaman

Eto : Evaporasi potensial

Tabel 2.1 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1	1.2	1.27	1.1	1.1
1.5	1.32	1.33	1.1	1.05
2	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.35	1.3	1.1	0.95
3	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4	0		0	

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP – 01 : 1986

Tabel 2.2 Koefisien Tanaman Palawija

Tanaman	Masa Tumbuh (Hari)	0.5	1	1.5	2	2.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Kedelai	85	0.50	0.75	1.00	1.00	0.82	0.45							
Jagung	80	0.50	0.59	0.96	0.96	1.05	1.02	0.95						
Kacang Tanah	130	0.30	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55				
Bawang	70	0.50	0.54	0.69	0.69	0.90	0.95							
Buncis	75	0.50	0.64	0.89	0.89	0.95	0.88							
Kapas	195	0.50	0.50	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP – 01 : 1986

2.2.10 Kebutuhan Penyiapan Lahan

Pada Standart Perencanaan Irigasi disebutkan bahwa kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Ada 2 (dua) faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan ialah :

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Metode yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan salah satunya adalah metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968). Metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama penyiapan lahan dan menghasilkan rumus berikut :

$$LP = M \times e^k / (e^k - 1) \quad (2.12)$$

Dimana :

LP : Kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah (mm/hari)

M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi

Dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan = (Eo + P)

Eo : Evaporasi air terbuka (mm/hari) = (ETo × 1,10)

P : Perkolasi (mm/hari) = (Tergantung tekstur tanah)

- T : Jangka waktu penyiapan lahan (hari)
 S : Kebutuhan air, untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air
 50 mm
 k : MT/S

2.2.11 Pergantian Lapisan

Pergantian lapisan air dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Setelah pemupukan, usahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan.
- b. Jika ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 (dua) kali, masing – masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama setengah bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

2.2.12 Efisiensi Irigasi

Efisiensi merupakan persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalanannya dari saluran primer, sekunder, hingga tersier.

Tabel 2.3 Besaran Efisiensi

Efisiensi Irigasi	
jaringan primer	80%
jaringan sekunder	90%
jaringan tersier	90%
total EI	65%

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP – 01 : 1986

2.2.13 Kebutuhan Air Di Sawah

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan ketersediaan air yang di dalam tanah. kekurangan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhenti. Kebutuhan air untuk tanaman pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan untuk tanaman untuk pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto Kebutuhan Air Lapang (*Net Field Requirement, NFR*).

Besarnya kebutuhan air untuk tanaman di sawah ditentukan oleh beberapa faktor, yakni penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air dan curah hujan. Faktor lain yang juga perlu diperhatikan adalah efisiensi irigasi karena faktor tersebut dapat mengurangi jumlah air irigasi pada tingkat penyaluran air.

Berikut ini adalah rumusan yang digunakan dalam mencari besaran kebutuhan air di sawah untuk beberapa jenis tanaman :

$$\text{NFR}_{\text{padi}} = \text{ETC}_{\text{padi}} + P - \text{Re}_{\text{padi}} + \text{WLR} \quad (2.13)$$

$$\text{NFR}_{\text{palawija}} = \text{ETC}_{\text{palawija}} - \text{Re}_{\text{palawjai}} \quad (2.14)$$

$$\text{NFR}_{\text{tebu}} = \text{ETC}_{\text{tebu}} - \text{Re}_{\text{padi}} \quad (2.15)$$

Dimana :

ETC : Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman (mm/hari)

P : Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re : Curah hujan efektif (mm/hari)

WLR : Pergantian lapisan air (mm/hari)

NFR : Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

2.3 Kerangka Pemikiran

Pada penelitian ini membahas mengenai analisis keseimbangan air pada suatu daerah irigasi. Dalam melakukan analisa keseimbangan air, langkah pertama yaitu menentukan besarnya kebutuhan air masing – masing jenis tanaman dan ketersediaan air sungai. Untuk menentukan besarnya kebutuhan air masing-masing jenis tanaman dilakukan perhitungan nilai evapotranspirasi tiap bulan dengan menggunakan metode Penman Modifikasi. Data – data yang diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi yaitu data klimatologi Stasiun Meteorologi Kota Tegal yang terdiri dari data temperatur udara, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, dan kelembaban relative. Kemudian langkah selanjutnya yaitu mencari nilai curah hujan efektif dari data curah hujan Stasiun Hujan Bendung Notog, penyiapan lahan, nilai perkolasi, kebutuhan air konsumtif, efisiensi irigasi, dan kebutuhan air di sawah.

Setelah diperoleh besarnya kebutuhan air tanaman, selanjutnya mencari besarnya ketersediaan air irigasi. Perhitungan ini dimaksudkan apakah dengan debit yang tersedia mampu mengairi lahan pertanian dengan luasan tertentu serta kebutuhan air masing-masing tanaman. Perhitungan ketersediaan air dilakukan dengan melakukan analisa debit andal pada data debit sungai Pemali dengan metode Basic Year. Setelah diperoleh besarnya ketersediaan air irigasi, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan analisa pola tata tanam. Analisa pola tata tanam dilakukan untuk mengetahui jadwal pola tanam dengan mengacu kebutuhan air dan ketersediaan, sehingga diperoleh jadwal pola tata tanam yang efektif. Setelah diperoleh jadwal pola tanam, langkah terakhir yaitu menghitung keseimbangan air daerah irigasi pemali Hilir.