

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

2.1.1 Pengertian Irigasi

Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) adalah saluran dan bangunan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk pengaturan dan penyaluran irigasi air tanah yang mencakup penyediaan, pengambilan, penyaluran dan pembagian (Irigasi, 2011).

Berikut ini beberapa pengertian irigasi :

- a) Berdasarkan keputusan menteri No. 32 tahun 2007, irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang meliputi permukaan, rawa, air bawah tanah, pompa dan tambak.
- b) Menurut Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air tahun 2009, irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuatan bangunan air untuk menunjang usaha pertanian, termasuk di dalamnya tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan.

2.1.2 Fungsi Irigasi

Irigasi tidak hanya dilakukan untuk mendistribusikan air, ada juga beberapa fungsi irigasi antara lain :

- a) Membasahi tanah, hal ini merupakan salah satu tujuan terpenting karena tumbuhan banyak memerlukan air selama masa tumbuhnya. Pembasahan tanah ini bertujuan untuk memenuhi kekurangan air apabila hanya ada sedikit air hujan.
- b) Merabuk tanah atau membasahi tanah dengan air sungai yang banyak mengandung mineral.
- c) Mengatur suhu tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dengan suhu yang optimal. Air irigasi dapat membantu tanaman untuk mencapai suhu yang optimal tersebut.
- d) Membersihkan tanah dengan tujuan untuk menghilangkan hama tanaman seperti ular, tikus, serangga, dan lain-lain. Selain itu dapat juga membuang zat-zat yang tidak dibutuhkan oleh tanaman ke saluran pembuang.

- e) Memperbesar ketersediaan air tanah karena muka air tanah akan naik apabila digenangi air irigasi yang meresap. Dengan naiknya muka air tanah, maka, debit sungai pada musim kemarau akan naik.

2.1.3 Jenis-jenis Irigasi

Ada 4 jenis irigasi yang banyak ditemui yakni :

a) Irigasi permukaan (*surface irrigation*)

Irigasi permukaan merupakan jenis irigasi paling kuno dan pertama di dunia. Irigasi dilakukan dengan cara mengambil air langsung dari sumber air terdekat kemudian disalurkan ke area permukaan lahan pertanian menggunakan pipa/saluran/pompa sehingga akan meresap sendiri ke pori-pori tanah. Sistem irigasi ini masih banyak dijumpai disebagian besar masyarakat karena tekniknya yang praktis.



Gambar 2.1 Irigasi Permukaan

(Sumber : (Ashar, 2015))

b) Irigasi bawah permukaan (*sub surface irrigation*)

Irigasi bawah permukaan adalah irigasi yang dilakukan dengan cara meresapkan air ke dalam tanah di bawah zona penakaran tanaman melalui sistem saluran terbuka maupun dengan pipa bawah tanah. Pada sistem ini air dialirkan dibawah permukaan melalui saluran-saluran yang ada di sisi-sisi petak sawah. Adanya air ini mengakibatkan muka air tanah pada petak sawah naik. Kemudian air tanah akan mencapai daerah penakaran secara kapiler sehingga kebutuhan air akan dapat terpenuhi.



Gambar 2.2 Irigasi Bawah Permukaan

(Sumber : (Ashar, 2015))

c) Irigasi pancaran (*sprinkle irrigation*)

Irigasi pancaran adalah irigasi modern yang menyalurkan air dengan tekanan sehingga menimbulkan tetesan air seperti hujan ke permukaan lahan pertanian. Pancaran air tersebut diatur melalui mesin pengatur baik manual maupun otomatis. Selain untuk pengairan, sistem ini juga dapat digunakan untuk proses pemupukan.



Gambar 2.3 Irigasi Pancaran

(Sumber : (Ashar, 2015))

d) Irigasi tetes (*drip irrigation*)

Irigasi tetes adalah sistem irigasi dengan menggunakan pipa atau selang berlubang dengan menggunakan tekanan yang nantinya air akan keluar dalam bentuk tetesan langsung pada zona tanaman.



Gambar 2.4 Irigasi Tetes

(Sumber : (Ashar, 2015))

2.1.4 Sumur Bor dan Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT)

1. Sumur Bor

Sumur dapat dirancang dan dibangun dengan sejumlah cara tergantung pada kondisi geologi, anggaran pembangunan, dan kapasitas yang diinginkan. Berikut ini adalah pembuatan sumur berdasarkan jenis dan metode konstruksi yang digunakan :

a. Sumur Gali

Sumur gali adalah lubang atau lubang yang digali secara manual ke dalam tanah untuk memanfaatkan air tanah (*water table*). Sumur digali hingga kedalaman 15 meter, dengan diameter mulai 1 meter sampai 1,5 meter. Dinding sumur biasanya dibuat/dilapisi dengan batu beton, batu bata, batu kali, atau diperkuat beton untuk mencegah dinding rusak atau berlubang.



Gambar 2.5 Sumur Gali

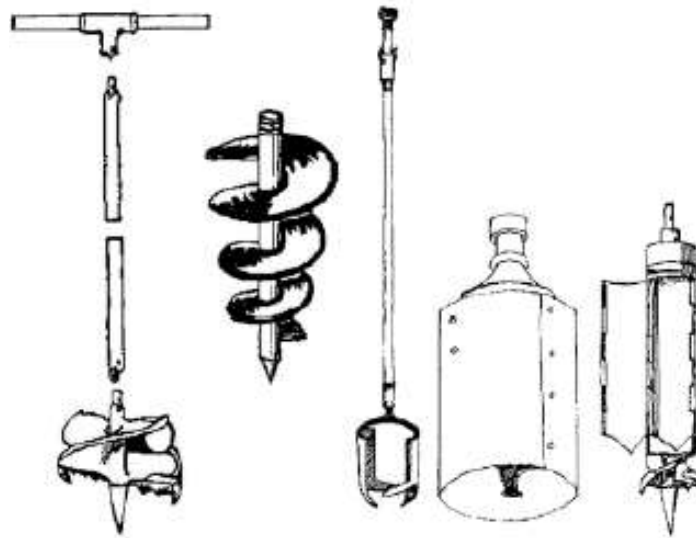
(Sumber : (PAMSIMAS, 2015))

b. Driven Wells (*Tube wells*)

Tube wells sama seperti sumur gali, yaitu menyadap air di bagian dangkal akuifer bebas. Sumur ini mudah dibuat dan relatif murah yang dibangun di lokasi dengan kondisi tanah yang tidak berbatu.

c. Sumur Bor (*Bored Wells*)

Sumur bor dibangun secara manual dengan menggunakan bor (*augers*), biasanya tanah yang akan di bor bersifat kohesif lembut atau tanah tak beronggga yang mengandung tanah liat. Kedalaman sumur bor bisa mencapai 15 meter.



Gambar 2.6 Jenis Bor (*Augers*)

(Sumber : (PAMSIMAS, 2015))

d. Sumur Bor Dalam (*Drilled Wells*)

Sumur bor biasanya dibor oleh ahli sumur bor profesional yang mempunyai pengalaman dan peralatan memadai agar memperoleh air tanah dengan kedalaman lebih daripada sumur lainnya. Berbagai metode pengeboran sumur telah dikembangkan sesuai kondisi geologi mulai dari tanah keras (*hard rock*) seperti granit dan dolomit hingga sedimen yang sepenuhnya terkonsolidasi seperti pasir aluvial dan kerikil. Metode pengeboran tertentu bisa jadi lebih dominan di daerah tertentu karena paling efektif dalam menembus akuifer setempat, sehingga dapat menghemat biaya.

Sumur bor dalam ini yang digunakan pada lokasi yang ada dengan menambahkan solar cell sebagai bantuan tenaga memompa air di dalam sumur.



Gambar 2.7 Contoh Solar Cell

(Sumber : (Permata, 2013))

2. Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT)

JIAT adalah sistem penyiraman dengan menggunakan alat yang dinamakan *big gun sprinkler* dan pipa PVC beserta kelengkapannya untuk jaringan irigasi. Sistem pengisian dan penekanan airnya menggunakan pompa turbin vertikal. Untuk dapat memanfaatkan air tanah yang keberadaannya pada lapisan pembawa air atau akifer, yang berada di bawah permukaan tanah, menyebabkan diperlukan fasilitas sumur serta mesin pompa (News.com).

Penggunaan JIAT dapat dilakukan pada setiap sistem jaringan irigasi gravitasi, daerah yang bergelombang atau perbukitan, dan tanah poros (mudah menyerap air) yang memiliki mata air. Berbeda dengan sistem irigasi permukaan yang hanya memanfaatkan gravitasi untuk mengalirkan air ke sawah dan tidak mengeluarkan biaya sama sekali. Sedangkan JIAT setelah selesai membangun sumur, masih memerlukan mesin pompa supaya air yang ada di dalam sumur dapat mencapai sawah. Hal ini menyebabkan biaya operasi mesin pompa cukup besar.

Manfaat JIAT dibandingkan dengan jaringan irigasi permukaan yaitu aman dari gangguan pengebolan secara liar karena tertanam di bawah tanah, sehingga tidak perlu pemeliharaan secara khusus. Selain itu, dapat mengatur suhu lingkungan di sekitarnya dan juga kehilangan air akibat penguapan dan kebocoran kecil. Sementara itu permasalahan dari JIAT yang sering dihadapi adalah biaya pemasangan awal yang besar karena peralatan cukup mahal. Kemudian, biaya eksploitasi tinggi karena menggunakan bahan bakar untuk pompa air. Jika ada kerusakan mekanik akan menyebabkan masalah yang besarnya sesuai dengan tingkat kerusakan.

2.2 Kebutuhan Air Irigasi

2.2.1 Pengertian

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.

Penyediaan air irigasi ditetapkan dalam PP No. 20 Tahun 2006 tentang irigasi, khususnya Pasal 36 yaitu :

“Air irigasi ditujukan untuk mendukung produktivitas lahan dalam rangka meningkatkan produksi pertanian yang maksimal, diberikan dalam batas tertentu untuk pemenuhan kebutuhan lainnya”.

Untuk memperoleh hasil yang optimal, pemberian air harus sesuai dengan jumlah dan waktu yang diperlukan tanaman (Susilawati & Pentewati, 2006).

2.2.2 Faktor-faktor Yang Menentukan Besarnya Kebutuhan Air Irigasi

Faktor-faktor yang menentukan besarnya kebutuhan air irigasi untuk tanaman adalah sebagai berikut :

1. Jenis tanaman

Kebutuhan air untuk berbagai jenis tanaman tidak sama, ada tanaman yang hanya memerlukan air sedikit untuk pertumbuhannya, ada juga tanaman yang akan tumbuh dengan baik kalau tanahnya selalu digenangi air dan pemberian airnya untuk jangka waktu tertentu harus dilakukan terus menerus seperti halnya tanaman padi sawah. Selanjutnya ada tanaman yang sesudah menghisap air dari dalam tanah tidak memerlukan air yang mengalir diatas tanah, dan sebaliknya ada tanaman yang tidak dapat menghisap air yang agak dalam dibawah permukaan tanah. Pada umumnya tanah harus selalu dalam keadaan basah yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan dari jenis-jenis tanaman (Petergo, 2011). Jenis tanaman akan dibahas lebih lanjut dalam aspek analisa penelitian.

2. Cara pemberian air

Cara pemberian air kepada tanaman yang memerlukannya akan mempengaruhi banyaknya air irigasi yang diperlukan. Pada sistim irigasi yang baik dengan adanya saluran pembawa dan pembuang akan membutuhkan air irigasi yang lebih banyak. Cara pemberian air secara bergiliran (rotasi) akan menghemat pemberian air irigasi dari pada dengan cara terus menerus (Petergo, 2011). Cara pemberian air selanjutnya akan dibahas dalam analisa penelitian.

3. Jenis tanah yang digunakan

Tekstur tanah mempunyai pengaruh yang besar akan kemampuan tanah di dalam menahan air, jadi akan menentukan kapasitas kapiler tanah. Bilamana tanah mempunyai butir-butir yang seragam, jadi teksturnya beraturan, maka liang reniknya

mempunyai volume yang tidak ditentukan oleh besarnya butir. Permeabilitas tanah banyak dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah, juga oleh alur-alur pembajakan, akar-akar tumbuh-tumbuhan, lubang-lubang cacing atau keaktifan jenis makhluk yang terdapat di dalam tanah. Memelihara permeabilitas tanah pertanian yang baik untuk sesuatu jenis tanaman akan menjamin hasil baik produksi tanaman (Petergo, 2011). Jenis tanah yang digunakan tidak dimasukkan dan dibahas dalam aspek analisa penelitian.

4. Cara pengelolaan pemeliharaan saluran dan bangunan

Bilamana keadaan saluran dan bangunan irigasi dalam keadaan kurang baik, maka akan terjadi banyak kehilangan air baik karena rembesan maupun kebocoran, sehingga akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air irigasi yang diperlukan (Petergo, 2011). Cara pengelolaan pemeliharaan saluran dan bangunan, selanjutnya akan dibahas dalam analisa penelitian.

5. Pengolahan tanah

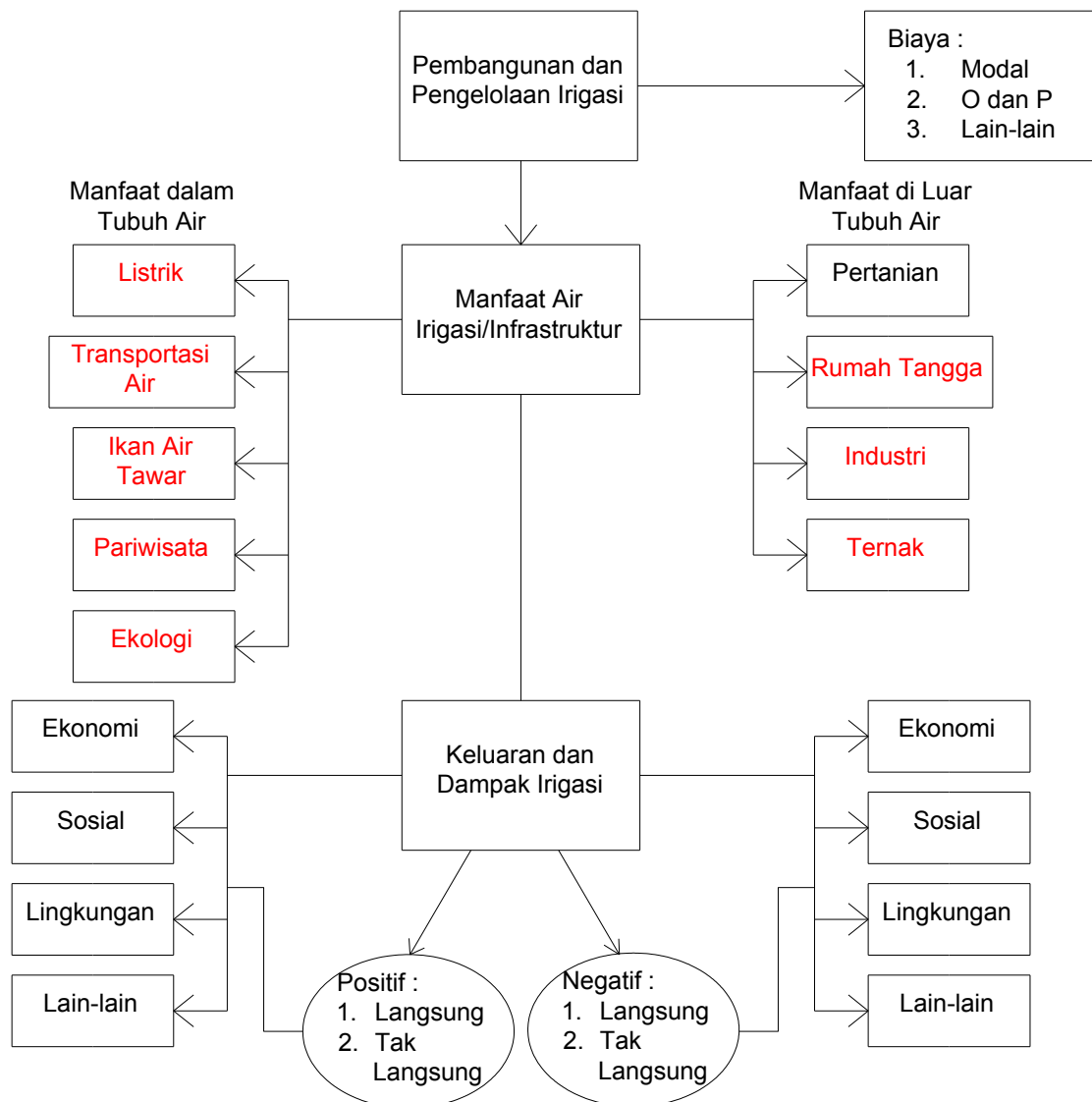
Cara pengolahan tanah untuk tanaman merupakan hal penting yang perlu mendapat perhatian. Pengolahan tanah untuk keperluan penanaman padi di sawah akan membutuhkan air irigasi dari pada pengolahan tanah untuk tanaman palawija. Pada tanaman padi di sawah, banyaknya keperluan air irigasi untuk pengolahan tanah adalah yang paling besar dan banyaknya air pada masa pengolahan tanah ini yang paling menentukan di dalam perhitungan-perhitungan kapasitas saluran (Petergo, 2011). Pengelolaan tanah tidak dimasukkan dan dibahas dalam aspek analisa penelitian.

6. Iklim dan keadaan cuaca

Banyaknya hujan yang turun mempengaruhi besarnya air irigasi yang diperlukan untuk tanaman. Apabila tinggi hujan cukup dan selang waktunya sesuai keperluan air untuk pertumbuhan tanaman, maka air irigasi yang diperlukan dipengaruhi pula oleh suhu (*temperature*), lamanya penyinaran matahari, kelembaban udara, serta kecepatan angin (Petergo, 2011). Iklim dan keadaan cuaca tidak dimasukkan dan dibahas dalam aspek analisa penelitian.

2.3 Konsep Umum Kajian Dampak Irigasi

Berikut ini konsep umum kajian dampak irigasi :



Keterangan : Tulisan yang bertanda merah tidak dibahas dalam penelitian

Gambar 2.8 Konsep Umum Kajian Dampak Irigasi

(Sumber : (Hussain & Bhattarai)

2.3.1 Pemanfaatan Air Irigasi

Pemanfaatan air irigasi sesuai konsep diatas terdiri atas:

1. Manfaat dalam tubuh air

Manfaat dalam tubuh air terdiri dari :

a. Listrik

Sebagian besar listrik yang dialirkan kepada masyarakat berasal dari pembangkit listrik tenaga batu bara. Akan tetapi, batu bara sebenarnya dapat habis karena

merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui. Untuk memenuhi kebutuhan manusia akan listrik salah satunya dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga air. Dengan bantuan bendungan, maka pembuatan pembangkit listrik tenaga air akan lebih mudah, karena dengan adanya bendungan debit air untuk menggerakkan turbin listrik untuk menghasilkan energi listrik (Dyah, 2017).

b. Transportasi air

Air permukaan yang berada di sungai ataupun laut dapat digunakan sebagai media transportasi laut untuk kapal ataupun perahu nelayan ketika mencari ikan di laut. Tidak hanya untuk keperluan nelayan untuk mencari ikan saja akan tetapi juga media untuk transportasi kapal perdagangan maupun kapal penumpang (Aulialia, 2016).

c. Ikan air tawar

Air permukaan yang ada di danau dapat dimanfaatkan untuk budidaya perikanan. Yang mana hal ini perlu diperhatikan betul agar dapat memanfaatkan air permukaan semaksimal mungkin agar dapat bermanfaat bagi lingkungan sekitar maupun untuk budidaya ikan. Karena budidaya ikan ini tentunya akan menambah mata pencaharian bagi mereka yang berada di wilayah yang dekat dengan danau (Aulialia, 2016).

d. Pariwisata

Bendungan dapat dimanfaatkan sebagai tempat untuk berwisata. Bendungan dibangun menjadi tempat untuk melepaskan lelah dengan beberapa wahana wisata yang dapat digunakan di atas air, seperti perahu kecil, *speedboot* dan beberapa wahana lainnya. Bagian tepi bendungan juga dapat dijadikan tempat berteduh untuk sekedar melepas lelah dengan melihat pemandangan bendungan (Dyah, 2017).

e. Ekologi

Ekologi sebagai daerah resapan air, pengendali banjir, dan sebagai ruang terbuka hijau (Mukhoriyah, 2012).

2. Manfaat di luar tubuh air

Manfaat di luar tubuh air terdiri dari :

a. Pertanian

Irigasi merupakan hal yang penting dalam bidang pertanian. Jika curah hujan rendah, para petani membutuhkan sistem irigasi untuk mengairi sawah. Sistem irigasi tersebut harus didukung dengan ketersediaan air yang cukup. Salah satu solusi dari permasalahan ketersediaan air untuk irigasi adalah keberadaan air

tanah. Para petani dapat membuat sumur bor kemudian memompa air dari dalam sumur menuju ke permukaan tanah untuk kemudian dialirkan ke sawah-sawah mereka (Citra, 2016).

b. Rumah tangga

Kehidupan manusia tak bisa lepas dari air. Manusia bisa saja tidak makan dalam kurun waktu tertentu, tapi manusia bisa mati jika tidak minum air. Manusia biasa memanfaatkan air tanah untuk keperluan air minum, mandi, mencuci, memasak dan kebutuhan lainnya. Pada umumnya, setiap rumah dilengkapi dengan sumur air tanah. Warga dapat membuat sumur tanah yang berkedalaman 5 hingga 15 meter. Kedalaman tersebut sesuai dengan daerah tempat tinggal atau kondisi tanah daerah yang akan dibuat sumur (Citra, 2016).

c. Industri

Industri juga memerlukan air sebagai bahan baku. Salah satu industri yang banyak memanfaatkan sumber air tanah adalah industri air minum dalam kemasan. Selain itu industri lain seperti industri batik juga memerlukan banyak air dalam proses pembuatan kain batik. Pemenuh kebutuhan air industri tersebut tak lain adalah sumber air tanah (Citra, 2016).

d. Ternak

Manfaat irigasi yang satu ini merupakan manfaat tambahan di luar tujuan membangun irigasi, yaitu sebagai tempat untuk membudidayakan hewan. Saluran irigasi bisa dijadikan rumah bagi beberapa hewan air tertentu seperti beberapa macam ikan kecil, atau kepiting air tawar. Dan dapat memberi pasokan air minum bagi ternak yang ada di daerah irigasi (Ginaini, 2016).

2.3.2 Dampak Irigasi

Dampak dari pada irigasi berdiri dari dampak positif dan dampak negatif dan dijelaskan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Dampak Irigasi

Aspek	Dampak			
	Positif		Negatif	
	Langsung	Tak Langsung	Langsung	Tak Langsung
Ekonomi	1. Produksi jauh meningkat (Anto, 2013). 2. Lebih	Mengurangi tingkat kemungkinan korupsi oleh	-	-

	terbukanya lapangan berusaha dan bekerja bagi penduduk dalam menggarap lahan yang tersedia (Haryadi, 2011).	pihak pemerintah (Anto, 2013).		
Sosial	Terjalannya hubungan yang baik antar petani dalam satu kawasan desa (Anto, 2013).	-	Kemungkinan terjadinya benturan/konflik dalam pemakaian air oleh sesama petani (Haryadi, 2011).	-
Lingkungan	Perubahan kondisi hidrologi sejak instalasi dan pengoperasian irigasi (Wikipedia, 2016).	Perubahan kuantitas dan kualitas tanah dan air (Wikipedia, 2016).	1. Tinggi muka air tanah akan menurun. 2. Akan menyebabkan rongga yang terdapat di bawah tanah kosong sehingga rentan mengalami pemadatan	Meningkatnya pemanfaatan zat-zat kimia seperti insektisida dan jenis bahan kimia lainnya dalam mengendalikan berbagai jenis hama dan penyakit tanaman (Haryadi, 2011).

			dan akibat beban dari tanah yang berada di atasnya dan subsiden tanah terjadi (Wikipedia, 2016).	
Lain-lain			Kelangkaan air, subsiden tanah, intrusi air asin dan salinasasi (Wikipedia, 2016).	Munculnya berbagai jenis tanaman pengganggu atau gulma air (Haryadi, 2011).

2.4 Konsep *Cost* dan *Benefit Analysis*

2.4.1 Evaluasi Proyek

Evaluasi proyek merupakan suatu sistem analisis yang membandingkan biayadengan manfaat untuk menentukan apakah suatu proyek yang diusulkan akan mencapai tujuan dengan alat ukur yang wajar (Evaluasi Proyek, 2017). Proyek harus dinilai berdasarkan berbagai aspek, semua harus dipertimbangkan selama tahap persiapan (dalam siklus proyek). Meskipun tidak berlaku untuk semua proyek atau program, enam aspek evaluasi utama dapat dipertimbangkan (Graaff & Kessler, 2010) :

1. Aspek teknis

Hasil akhir dari setiap program atau proyek dan evaluasi ekonominya sepenuhnya tergantung pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang tepat dan penerapan yang benar atau skema produksi yang sesuai secara teknis.

2. Aspek manajerial, administratif dan organisasi

Manajemen, administrasi dan organisasi sangat sulit untuk menyesuaikan diri, namun mungkin merupakan kunci keberhasilan atau kegagalan sebuah proyek. Sangat penting bahwa semua personil dan orang-orang yang terlibat dalam program ini dipersiapkan dengan benar untuk dapat melaksanakan dan mengelola semua aktivitas yang berbeda.

3. Aspek komersial

Kegiatan pembangunan pertanian biasanya menghasilkan produksi tanaman pangan dan ternak yang lebih tinggi dan terutama peningkatan produksi yang dipasarkan. Perhatian harus diberikan pada gerai yang diusulkan untuk produk yang akan ditanam petani, dan untuk efisiensi penilaian kemungkinan untuk unit pengolahan lokal tambahan.

4. Aspek sosial

Semua kegiatan yang diusulkan seharusnya tidak hanya diterima oleh penduduk lokal, dan terutama oleh petani yang terlibat langsung, namun populasi harus benar-benar mengidentifikasi dirinya sepenuhnya dengan program tersebut. Oleh karena itu, sangat penting untuk membantu kelompok tani yang ada atau yang baru dibentuk untuk mengurus kegiatan tertentu.

5. Aspek keuangan

Sumber daya yang dibutuhkan dan digunakan oleh sebuah program dapat dikendalikan oleh banyak entitas yang berbeda: individu (petani), perusahaan swasta atau publik, instansi pemerintah, dan lain sebagainya masing-masing akan mengalokasikan sumber dayanya sendiri berdasarkan bagaimana proyek akan memberikan hasil positif. Hasil akhir dari proyek berkontribusi pada tujuannya sendiri. Oleh karena itu, harus dipastikan bahwa proyek akan memberikan hasil keuangan yang positif untuk semua entitas yang terlibat.

6. Aspek ekonomik

Sama pentingnya untuk mengetahui apakah program tersebut secara tepat berkontribusi secara signifikan terhadap tujuan ekonomi nasional (pekerjaan, pendapatan pemberi tahu, dan lain-lain) dan jika program tersebut cukup bertentangan dengan tujuan tersebut untuk membenarkan penggunaan sumber daya langka yang dibutuhkan.

7. Aspek ekologis dan lingkungan

Dampak proyek terhadap lingkungan dan kebutuhan akan intervensi korektif harus dievaluasi. Evaluasi proyek atau pengembangan proyek dalam arti ekonomi yang ketat mengacu pada analisis aspek finansial dan ekonomi. Kemudian diasumsikan bahwa aspek lain (misalnya teknis, komersial, sosial) telah dipertimbangkan secara tepat dalam tahap persiapan proyek.

2.4.2 Cost and Benefit Analysis (CBA)

Ide dasarnya adalah bahwa kegunaan barang tertentu setidaknya sama dengan harga yang dibayarkan terhadap barang tersebut, sehingga seseorang membeli barang dengan harga tertentu dengan nilai manfaat lebih besar dari harga beli maka pembeli tersebut akan mendapatkan keuntungan bersih atau *net profit* (Graaff & Kessler, 2010).

2.4.3 Kriteria Efisiensi Ekonomi

a. Discount Factor

Untuk menentukan *Discount Factor* (DF) dapat dihitung dengan rumus :

$$DF_n = \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Sumber : (Suharto, 2001)

Dimana :

DF = Discount Rate (%)

i = Suku Bunga (%)

n = Nilai jual lagi pada akhir usia aset

Nilai *Discount Factor* (DF) atau tingkat diskon dapat ditentukan dalam tabel berikut :

Tabel 2.2 *Discount Factor*

Period	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	Period
1	0.9901	0.9804	0.9709	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929	0.8850	0.8772	0.8696	1
2	0.9803	0.9612	0.9426	0.9246	0.9070	0.8900	0.8734	0.8573	0.8417	0.8264	0.8116	0.7972	0.7831	0.7695	0.7561	2
3	0.9706	0.9423	0.9151	0.8890	0.8638	0.8396	0.8163	0.7938	0.7722	0.7513	0.7312	0.7118	0.6931	0.6750	0.6575	3
4	0.9610	0.9238	0.8885	0.8548	0.8227	0.7921	0.7629	0.7350	0.7084	0.6830	0.6587	0.6355	0.6133	0.5921	0.5718	4
5	0.9515	0.9038	0.8626	0.8219	0.7835	0.7473	0.7130	0.6806	0.6499	0.6209	0.5935	0.5674	0.5428	0.5194	0.4972	5
6	0.9416	0.8838	0.8375	0.7903	0.7462	0.7050	0.6663	0.6302	0.5963	0.5645	0.5346	0.5066	0.4803	0.4556	0.4323	6
7	0.9327	0.8649	0.8131	0.7599	0.7107	0.6651	0.6227	0.5835	0.5470	0.5132	0.4817	0.4523	0.4251	0.3996	0.3759	7
8	0.9235	0.8457	0.7894	0.7307	0.6768	0.6274	0.5820	0.5403	0.5019	0.4665	0.4339	0.4039	0.3762	0.3506	0.3269	8
9	0.9143	0.8265	0.7664	0.7026	0.6446	0.5919	0.5439	0.5002	0.4604	0.4241	0.3909	0.3606	0.3329	0.3075	0.2843	9
10	0.9053	0.8075	0.7441	0.6756	0.6139	0.5584	0.5083	0.4632	0.4224	0.3855	0.3522	0.3220	0.2946	0.2697	0.2472	10
11	0.8963	0.8004	0.7224	0.6496	0.5847	0.5268	0.4751	0.4289	0.3875	0.3505	0.3173	0.2875	0.2607	0.2366	0.2149	11
12	0.8874	0.7885	0.7014	0.6246	0.5568	0.4970	0.4440	0.3971	0.3555	0.3186	0.2858	0.2567	0.2307	0.2076	0.1869	12
13	0.8787	0.7730	0.6810	0.6006	0.5303	0.4688	0.4150	0.3677	0.3262	0.2897	0.2575	0.2292	0.2042	0.1821	0.1625	13
14	0.8700	0.7579	0.6611	0.5775	0.5051	0.4423	0.3878	0.3405	0.2992	0.2633	0.2320	0.2046	0.1807	0.1597	0.1413	14
15	0.8613	0.7430	0.6419	0.5553	0.4810	0.4173	0.3624	0.3152	0.2745	0.2394	0.2090	0.1827	0.1599	0.1401	0.1229	15
16	0.8528	0.7284	0.6232	0.5339	0.4581	0.3936	0.3387	0.2919	0.2519	0.2176	0.1883	0.1631	0.1415	0.1229	0.1069	16
17	0.8444	0.7142	0.6050	0.5134	0.4363	0.3714	0.3166	0.2703	0.2311	0.1978	0.1696	0.1456	0.1252	0.1078	0.0929	17
18	0.8360	0.7002	0.5874	0.4936	0.4155	0.3503	0.2959	0.2502	0.2120	0.1799	0.1528	0.1300	0.1108	0.0946	0.0808	18
19	0.8277	0.6864	0.5703	0.4746	0.3957	0.3305	0.2765	0.2317	0.1945	0.1635	0.1377	0.1161	0.0981	0.0829	0.0703	19
20	0.8195	0.6730	0.5537	0.4564	0.3769	0.3118	0.2584	0.2145	0.1784	0.1486	0.1240	0.1037	0.0868	0.0728	0.0611	20
21	0.8114	0.6598	0.5375	0.4388	0.3589	0.2942	0.2415	0.1987	0.1637	0.1351	0.1117	0.0926	0.0768	0.0638	0.0531	21
22	0.8034	0.6468	0.5219	0.4220	0.3418	0.2775	0.2257	0.1839	0.1502	0.1228	0.1007	0.0826	0.0680	0.0560	0.0462	22
23	0.7954	0.6342	0.5067	0.4057	0.3256	0.2618	0.2109	0.1703	0.1378	0.1117	0.0907	0.0738	0.0601	0.0491	0.0402	23
24	0.7876	0.6217	0.4919	0.3901	0.3101	0.2470	0.1971	0.1577	0.1264	0.1015	0.0817	0.0659	0.0532	0.0431	0.0349	24
25	0.7798	0.6095	0.4776	0.3751	0.2953	0.2330	0.1842	0.1460	0.1160	0.0923	0.0736	0.0588	0.0471	0.0378	0.0304	25
26	0.7720	0.5976	0.4637	0.3607	0.2812	0.2198	0.1722	0.1352	0.1064	0.0839	0.0663	0.0525	0.0417	0.0331	0.0264	26
27	0.7644	0.5859	0.4502	0.3468	0.2678	0.2074	0.1609	0.1252	0.0976	0.0763	0.0597	0.0469	0.0369	0.0291	0.0230	27
28	0.7568	0.5744	0.4371	0.3335	0.2551	0.1956	0.1504	0.1159	0.0895	0.0693	0.0538	0.0419	0.0326	0.0255	0.0200	28
29	0.7493	0.5631	0.4243	0.3207	0.2429	0.1846	0.1406	0.1073	0.0822	0.0630	0.0485	0.0374	0.0289	0.0224	0.0174	29
30	0.7419	0.5521	0.4120	0.3083	0.2314	0.1741	0.1314	0.0994	0.0754	0.0573	0.0437	0.0334	0.0256	0.0196	0.0151	30

Period	16%	17%	18%	19%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%	90%	Period
1	0.8621	0.8547	0.8475	0.8403	0.8333	0.8000	0.7692	0.7407	0.7143	0.6897	0.6667	0.6250	0.5882	0.5556	0.5263	1
2	0.7432	0.7305	0.7182	0.7062	0.6944	0.6400	0.5917	0.5487	0.5102	0.4756	0.4444	0.3906	0.3460	0.3086	0.2770	2
3	0.6407	0.6244	0.6086	0.5934	0.5787	0.5120	0.4552	0.4064	0.3644	0.3280	0.2963	0.2441	0.2035	0.1715	0.1458	3
4	0.5523	0.5337	0.5158	0.4987	0.4823	0.4096	0.3501	0.3011	0.2603	0.2262	0.1975	0.1526	0.1197	0.0953	0.0767	4
5	0.4761	0.4561	0.4371	0.4190	0.4019	0.3277	0.2693	0.2230	0.1859	0.1560	0.1317	0.0954	0.0704	0.0529	0.0404	5
6	0.4104	0.3898	0.3704	0.3521	0.3349	0.2621	0.2072	0.1652	0.1328	0.1076	0.0878	0.0596	0.0414	0.0294	0.0213	6

7	0.3538	0.3332	0.3139	0.2959	0.2791	0.2097	0.1594	0.1224	0.0949	0.0742	0.0585	0.0373	0.0244	0.0163	0.0112	7
8	0.3050	0.2848	0.2660	0.2487	0.2326	0.1678	0.1226	0.0906	0.0678	0.0512	0.0390	0.0233	0.0143	0.0091	0.0059	8
9	0.2630	0.2434	0.2255	0.2090	0.1938	0.1342	0.0943	0.0671	0.0484	0.0353	0.0260	0.0146	0.0084	0.0050	0.0031	9
10	0.2267	0.2080	0.1911	0.1756	0.1615	0.1074	0.0725	0.0497	0.0346	0.0243	0.0173	0.0091	0.0050	0.0028	0.0016	10
11	0.1954	0.1778	0.1619	0.1476	0.1346	0.0859	0.0558	0.0368	0.0247	0.0168	0.0116	0.0057	0.0029	0.0016	0.0009	11
12	0.1685	0.1520	0.1372	0.1240	0.1122	0.0687	0.0429	0.0273	0.0176	0.0116	0.0077	0.0036	0.0017	0.0009	0.0005	12
13	0.1452	0.1299	0.1163	0.1042	0.0935	0.0550	0.0330	0.0202	0.0126	0.0080	0.0051	0.0022	0.0010	0.0005	0.0002	13
14	0.1252	0.1110	0.0985	0.0876	0.0779	0.0440	0.0254	0.0150	0.0090	0.0055	0.0034	0.0014	0.0006	0.0003	0.0001	14
15	0.1079	0.0949	0.0835	0.0736	0.0649	0.0352	0.0195	0.0111	0.0064	0.0038	0.0023	0.0009	0.0003	0.0001	0.0001	15
16	0.0930	0.0811	0.0708	0.0618	0.0541	0.0281	0.0150	0.0082	0.0046	0.0026	0.0015	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000	16
17	0.0802	0.0693	0.0600	0.0520	0.0451	0.0225	0.0116	0.0061	0.0033	0.0018	0.0010	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	17
18	0.0691	0.0592	0.0508	0.0437	0.0376	0.0180	0.0089	0.0045	0.0023	0.0012	0.0007	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	18
19	0.0596	0.0506	0.0431	0.0367	0.0313	0.0144	0.0068	0.0033	0.0017	0.0009	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	19
20	0.0514	0.0433	0.0365	0.0308	0.0261	0.0115	0.0053	0.0025	0.0012	0.0006	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	20
21	0.0443	0.0370	0.0309	0.0259	0.0217	0.0092	0.0040	0.0018	0.0009	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	21
22	0.0382	0.0316	0.0262	0.0218	0.0181	0.0074	0.0031	0.0014	0.0006	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22
23	0.0329	0.0270	0.0222	0.0183	0.0151	0.0059	0.0024	0.0010	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23
24	0.0284	0.0231	0.0188	0.0154	0.0126	0.0047	0.0018	0.0007	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24
25	0.0245	0.0197	0.0160	0.0129	0.0105	0.0038	0.0014	0.0006	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25
26	0.0211	0.0169	0.0135	0.0109	0.0087	0.0030	0.0011	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26
27	0.0182	0.0144	0.0115	0.0091	0.0073	0.0024	0.0008	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27
28	0.0157	0.0123	0.0097	0.0077	0.0061	0.0019	0.0006	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28
29	0.0135	0.0105	0.0082	0.0064	0.0051	0.0015	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29
30	0.0116	0.0090	0.0070	0.0054	0.0042	0.0012	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30

(Sumber : (UNEP, 2002))

b. *Present Value* (PV)

Nilai sekarang atau present value adalah berapa nilai uang saat ini untuk nilai tertentu di masa yang akan datang (Fauziyah, 2014).

Dengan rumus :

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Sumber : (Silv, 2014)

Dimana :

PV = *Present Value* (Rp)

FV = *Future Value* (Rp)

i = Suku Bunga (%)

n = Jangka waktu (tahun)

c. *Net Present Value* (NPV)

NPV adalah selisih antara laba kotor pada tahun tertentu (t) dan biaya yang terjadi pada tahun tertentu (t). Sebuah proyek hanya akan diterima bila selisih tersebut sama dengan nol atau positif. Dengan demikian semakin tinggi selisihnya maka proyek tersebut semakin berpeluang untuk dipilih.

NPV dihitung dengan rumus:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (2.3)$$

Sumber : (Suharto, 2001)

Dimana :

NPV = *Net Present Value* (Rp)

B_t = Laba kotor pada tahun t (Rp)

C_t = Biaya kotor pada tahun t (Rp)
 n = Umur Proyek (tahun)
 i = Suku bunga (%)
 t = Jumlah tahun

NPV merupakan selisih antara *present value benefit* dengan *present value cost* (Aprilyani, 2015).

Indikator NPV :

Jika $NPV > 0$ (positif), maka proyek layak (*go*) untuk dilaksanakan.

Jika $NPV < 0$ (negatif), maka proyek tidak layak (*not go*) untuk dilaksanakan.

d. *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR adalah suatu tingkat *discount rate* yang menghasilkan $NPV = 0$ (nol) (Evaluasi Proyek, 2017). SOCC adalah *Social Appportunity Cost of Capital* yaitu biaya social yang ditanggung masyarakat, biasanya digunakan sebagai diskon faktor.

Jika : $IRR > SOCC$ maka proyek dikatakan layak

$IRR = SOCC$ berarti proyek pada BEP

$IRR < SOCC$ dikatakan bahwa proyek tidak layak.

Dengan rumus :

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (i'' - i') \dots\dots\dots(2.4)$$

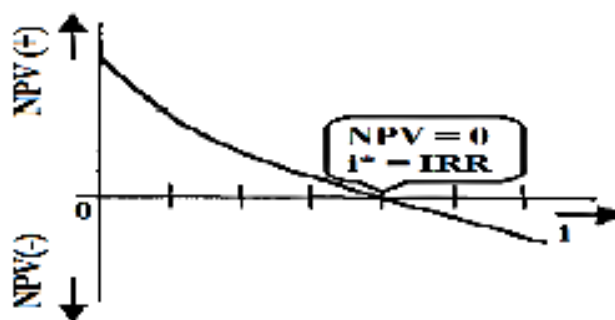
Sumber : (Suharto, 2001)

Dimana :

i' = Tingkat discount rate yang menghasilkan NPV'

i'' = Tingkat discount rate yang menghasilkan NPV''

Suatu *cash flow* investasi dihitung nilai NPVnya pada tingkat suku bunga berubah/variabel, dan pada umumnya akan menghasilkan grafik NPV seperti gambar berikut :



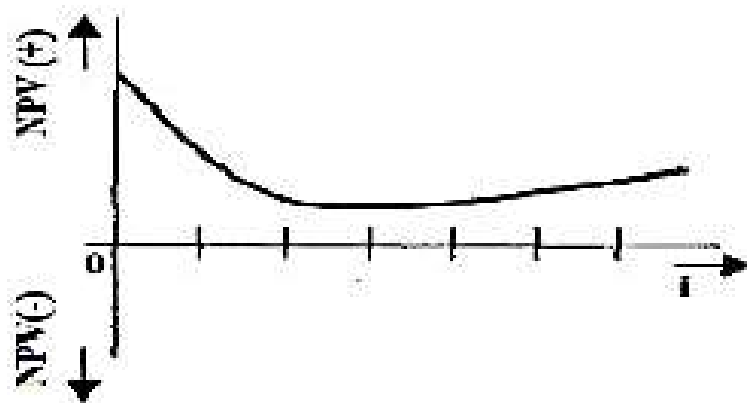
Gambar 2.9 NPV Dengan Nilai IRR Tunggal

(Sumber : (Zacoeb, 2014))

Dari gambar 2.9, jika *cash flow* suatu investasi dicari NPVnya pada suku bunga $i = 0\%$, umumnya akan menghasilkan nilai NPV maksimum. Selanjutnya, jika suku bunga (i) diperbesar, nilai NPV akan cenderung menurun sampai pada i tertentu, NPV akan mencapai nilai negatif (artinya pada suatu i tertentu, NPV akan memotong sumbu nol). Pada saat NPV sama dengan nol ($NPV = 0$), nilai $i = i^*$ atau disebut juga dengan IRR (*internal rate of return*).

Hal lain yang perlu diketahui :

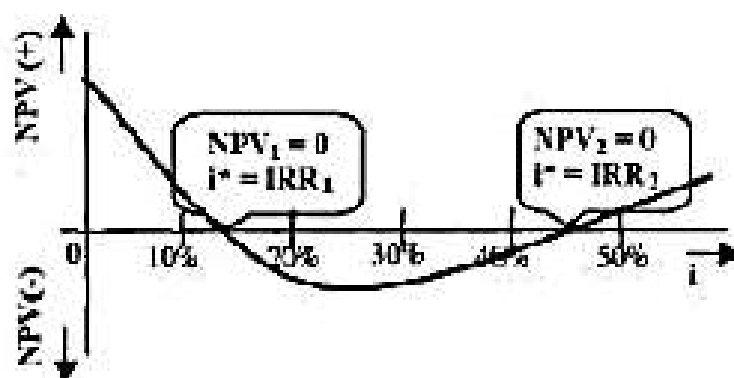
- Tidak semua *cash flow* akan menghasilkan IRR.
- Jika menghasilkan IRR ada kalanya dapat ditemukan lebih dari satu.



Gambar 2.10 NPV Tanpa Nilai IRR

(Sumber : (Zacoeb, 2014))

Dari gambar 2.10, *cash flow* tanpa IRR biasanya ditandai dengan terlalu besarnya rasio antara aspek *benefit* dengan aspek *cost*.



Gambar 2.11 NPV Dengan Nilai IRR Jamak

(Sumber : (Zacoeb, 2014))

Dari gambar 2.11, *cash flow* dengan banyak IRR biasanya ditandai dengan *netto ash flow* yang bergantian antara positif dan negatif.

e. *Break Effent Point* (BEP)

BEP digunakan untuk mengetahui waktu kembalinya modal dari proyek pemeliharaan irigasi apabila dibandingkan dengan hasil produksi pertanian sesudah proyek (Suharto, 2001).

Dengan rumus :

$$BEP = T_{p-1} + \frac{\sum_{i=1}^n \overline{TC}_1 - \sum_{i=1}^n B_{iep-1}}{\sum_{i=1}^n \overline{TR}_1} \dots\dots\dots(2.5)$$

Sumber : (Suharto, 2001)

Dimana :

T_{p-1} = Tahun sebelum terdapat BEP

TC_1 = Jumlah total biaya yang telah didiscount

B_{iep-1} = Jumlah laba yang telah didiscount sebelum BEP

TC_1 = Jumlah total biaya yang telah didiscount

f. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Benefit Cost Ratio (BCR) adalah perbandingan antara keuntungan dan pembiayaan dari suatu proyek yang akan dilaksanakan. Suatu proyek layak dilaksanakan apabila nilai BCR sama atau lebih besar dari satu (Utomo & Anggraino), atau dengan rumus :

$$BCR = \frac{Benefit}{Cost} > 1 \dots\dots\dots(2.6)$$

Sumber : (Utomo & Anggraino)

Dimana :

$BCR > 1$; maka investasi yang sudah dijalankan layak diusahakan

$BCR < 1$; maka investasi yang sudah dijalankan kurang menguntungkan

$BCR = 1$; maka investasi yang sudah dijalankan dikatakan marginal (tidak mengalami kerugian dan tidak menguntungkan)

2.5 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Priyonugroho, 2014).

Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

a. *Penyiapan lahan*

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlsha (1968). Metode tersebut

didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut :

$$IR = \frac{Me^k}{(e^k - 1)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan

Dengan menghitung m menggunakan rumus :

$$M = E_o + P \dots\dots\dots(2.8)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 ET_o selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

Dan dengan menghitung nilai k menggunakan rumus :

$$k = \frac{M \times T}{S} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = Kebutuhan air untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (puddling) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan (presaturation) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Angka 200 mm di atas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bera (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bera lebih lama lagi, ambil 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010).

b. Penggunaan konsumtif

Penggunaan Konsumtif Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut (Priyonugroho, 2014).

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut :

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots(2.10)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

K_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)

c. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dengan permukaan air tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Tabel 2.3 Harga Perkolasi Dari Berbagai Jenis Tanah

No.	Macam Tanah	Perkolasi
1.	Tanah liat berpasir (<i>Sandy Loam</i>)	3-6
2.	Lempung (<i>Loam</i>)	2-3
3.	Tanah liat (<i>Clay</i>)	1-2

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

d. Pergantian lapisan air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi (Priyonugroho, 2014).

e. Koefisien tanaman

Harga-harga koefisien tanaman dinyatakan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.4 Harga Koefisien Tanaman

Periode Setengah Bulanan	Padi (Nedeco / Prosida)		Padi (FAO)		FAO Palawija
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
1	1,20	1,20	1,10	1,10	0,50
2	1,20	1,27	1,10	1,10	0,59

3	1,32	1,33	1,10	1,05	0,96
4	1,40	1,30	1,10	1,05	1,05
5	1,35	1,30	1,10	1,05	1,02
6	1,25	0	1,05	0,95	0,95
7	1,12	-	0,95	0	-
8	0	-	0	-	-

Sumber : (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010)

f. Curah hujan

a) Curah hujan rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan. Dengan menggunakan rumus :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.11)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik-titik pengamatan

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah itu. Keuntungan cara ini ialah bahwa cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan contohnya cara isohiet, dimana faktor subyektif turut menentukan (Priyonugroho, 2014).

b) Curah hujan efektif

Curah hujan efektif ditentukan besarnya R_{80} yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%.

Bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2.12)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

R_{80} = Curah hujan sebesar 80%

n = Jumlah data

m = Ranking curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan yang terlampaui 80% dari waktu periode tersebut. Untuk curah hujan efektif untuk palawija ditentukan dengan periode bulanan (terpenuhi 50%) dikaitkan dengan ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (Priyonugroho, 2014).

Untuk padi :

$$Re \text{ padi} = \frac{(R_{80} \times 0.7)}{\text{Periode pengamatan}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

$$Re \text{ palawija} = \frac{(R_{80} \times 0.5)}{\text{Periode pengamatan}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

R₈₀ = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

g. Pola tata tanam

Pola tanam adalah gambaran rencana tanam berbagai jenis tanaman yang akan dibudidayakan dalam suatu lahan beririgasi dalam satu tahun. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan (Priyonugroho, 2014). Adapun bentuk pola yang akan diterapkan sangat bergantung kepada kondisi daerah dan ketersediaan air di daerah Irigasi tersebut, misalnya :

1. Jika ketersediaan air banyak maka dapat dilakukan pola tanam Padi-Padi
2. Jika dipakai padi dengan varitas unggul (umur < 140 hari) maka masih dimungkinkan menanam palawija sehingga pola tanamnya menjadi : Padi-Padi-Palawija
3. Jika persediaan air di musim kemarau terbatas, maka bagi sawah-sawah yang mendapat kesulitan air di musim kemarau akan menerapkan pola tanam : Padi-Palawija-Palawija
4. Kalau di suatu daerah diwajibkan menanam tebu lebih dari 1 tahun (yaitu ± 15 bulan).

2.5.1 Analisa kebutuhan air irigasi

a. Evapotranspirasi

Dalam mencari nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan rumus perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi (Priyonugroho, 2014), dengan rumus :

$$ET_o = c \times (W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (ea - ed)) \dots \dots \dots (2.15)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

- ET_o = Evapotranspirasi acuan (mm/hari)
 c = Faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam
 W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (mengacu Tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian)
 R_n = Radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

Dimana :

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$R_{ns} = R_s \times (1 - \alpha) \dots \dots \dots (2.17)$$

$$R_s = \left((0.25 + 0.5 \times \left(\frac{n}{N} \right)) \right) R_a \dots \dots \dots (2.18)$$

$$R_{n1} = 2.01 \times 10^9 \times T^4 \times (0.34 - 0.044 ed^{0.5}) \times \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right) \dots \dots (2.19)$$

Keterangan :

- R_{ns} = Herga netto gelombang pendek
 R_{n1} = Harga netto gelombang panjang
 R_s = Radiasi gelombang pendek
 α = Koefisien pemantulan = 0.25
 $\frac{n}{N}$ = Lama penyinaran matahari
 R_a = Radiasi *extra terresial* (berdasarkan lokasi stasiun pengamatan)
 (1-W) = Faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban
 f(u) = Faktor yang tergantung dari kecepatan angin/fungsi relatif angin

Dimana :

$$f(u) = 0.27 \times \left(1 + \frac{U_2}{100} \right) \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan :

- U₂ = Kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari
 ea = Tekanan uap jenuh (mbar)

ed = Tekanan uap nyata (mbar)

- b. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi adalah :

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re \dots\dots\dots(2.21)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di bawah sawah (mm/hari)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

- c. Kebutuhan air irigasi untuk padi adalah :

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots(2.22)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

- c. Kebutuhan air irigasi untuk palawija :

$$IR = \frac{ET_c - Re}{e} \dots\dots\dots(2.23)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

- d. Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya :

$$DR = \frac{IR}{8.64} \dots\dots\dots(2.24)$$

Sumber : (Priyonugroho, 2014)

Dimana :

DR = Kebutuhan Pengambilan air pada sumbernya (lt/dt/ha)

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)

$1/8.64$ = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha

2.5.2 Software CROPWAT Version 8.0

CROPWAT adalah *decision support system* yang dikembangkan oleh Divisi *Land and Water Development* FAO berdasarkan metode Penman-Monteith, untuk merencanakan dan mengatur irigasi. *CROPWAT* dimaksudkan sebagai alat yang praktis untuk menghitung laju evapotranspirasi standar, kebutuhan air tanaman dan pengaturan irigasi tanaman. Dari beberapa studi didapatkan bahwa model Penmann-Monteith memberikan pendugaan yang akurat sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju evapotranspirasi standar dalam menduga kebutuhan air bagi tanaman (Priyonugroho, 2014). Penggunaan *software CROPWAT version 8.0* ini hanya sebatas sampai menghitung kebutuhan air irigasi saja.

2.6 Efisiensi irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan antara jumlah air yang nyata bermanfaat bagi tanaman yang diusahakan dengan jumlah air yang diberikan yang dihitung dalam persen (%) (Setiyawan, 2015). Nilai efisiensi irigasi, digunakan untuk alat mengukur tingkat keragaan sistem manajemen operasional irigasi di suatu daerah irigasi. Efisiensi irigasi dibedakan menjadi efisiensi distribusi, efisiensi pemakaian air di petakan.

Kehilangan untuk menggambarkan kehilangan air operasional digunakan kriteria *Management Performance Ratio* (MPR) yaitu perbandingan antara debit aktual dengan debit yang direncanakan di berbagai pintu sadap selama periode operasional irigasi. Nilai $MPR > 1$ berarti air yg diberikan berlebihan, bila < 1 air yang diberikan kurang. MPR yang konstan mendekati 1 di setiap pintu sadap tersier pada setiap periode irigasi pada musim kemarau, kondisi ini menggambarkan manajemen operasional yang baik di jaringan utama. Nilai keadilan (*equity*) dan keandalan (*reliability*) dapat dilaksanakan dengan baik. Keandalan sangat penting untuk menjamin keberhasilan pola tanam di daerah irigasi teknis, karena sangat mempengaruhi sikap dan kerjasama petani. Dalam kondisi debit air tidak dapat diandalkan dalam jumlah dan waktu, sulit dapat diharapkan sikap positif dan kerjasama dari petani.

MPR diterjemahkan menjadi RPM (*Rasio Prestasi Manajemen*), diklasifikasikan sebagai berikut :

Baik	: $0.75 < RPM < 1.25$
Cukup	: $0.60 < RPM < 0.75$ atau $1.25 < RPM < 1.40$
Kurang	: $0.40 < RPM < 0.60$ atau $1.40 < RPM < 1.60$
Sangat kurang	: $RPM < 0.40$ atau $RPM > 1.60$

Definisi efisiensi irigasi dapat digambarkan pada skematis sebagai berikut :

1. Efisiensi Pemakaian Air padi = Perbandingan jumlah air irigasi yang diperlukan tanaman (tersedia untuk tanaman) dengan jumlah air yang diberikan di petakan sawah, sedangkan air irigasi yg diperlukan tanaman = air untuk konsumsi dikurangi dengan hujan efektif.
2. Efisiensi Pemakaian Air non padi = (Evapotranspirasi – hujan efektif) / jumlah air irigasi yg diberikan di petakan.
3. Efisiensi Distribusi air Tersier (EDT) = Jumlah air irigasi di petakan sawah / jumlah air irigasi di pintu sadap tersier.
4. Efisiensi Distribusi di Sekunder (EDS) = Jumlah air irigasi di pintu sadap tersier / jumlah air irigasi di pintu sadap sekunder.
5. Efisiensi Distribusi di Primer (EDP) = Jumlah air irigasi di pintu sekunder / jumlah air irigasi di sadap primer (bendung).
6. Efisiensi Irigasi di jaringan Utama (EJU) = Efisiensi Distribusi di Primer (EDP) x Efisiensi Distribusi di Sekunder (EDS)
7. Efisiensi Irigasi Total (EIT) = EDP x EDS x EDT x EPA
Efisiensi Distribusi Tersier (EDT) antara 0.775 – 0.850
Efisiensi Distribusi Sekunder (EDS) antara 0.875 – 0.925
Efisiensi Distribusi Primer (EDP) antara 0.875 – 0.925

Sehingga, efisiensi distribusi air irigasi dari bendung, primer sampai ke pintu sadap sekunder (EDP, EDS) tergantung pada manajemen operasional irigasi di jaringan utama yang jadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Sedangkan Efisiensi Distribusi Tersier (EDT) tergantung pada manajemen operasional irigasi tersier yg merupakan tanggung jawab P3A. Sedangkan Efisiensi Pemakaian Air (EPA) tergantung pada cara pemberian air irigasi pada tanaman yang merupakan tanggung jawab Petani (Sugeng, 2011).