

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anton Priyonugroho (2014) dengan judul “Analisis Kebutuhan Air Irigasi (studi kasus daerah irigasi air Keban daerah Kabupaten Empat Lawang)” bertujuan untuk menentukan kebutuhan air irigasi maksimum dan minimum pada daerah irigasi dengan luas sawah 1370 ha, dengan membandingkan hasil dari perhitungan manual berdasarkan kriteria perencanaan irigasi KP-01 (2010) dengan menggunakan Software Cropwat 8.0 berdasarkan metode Penman-Monteith. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan di antara kedua hasil perhitungan. Pada perhitungan manual didapatkan hasil kebutuhan air irigasi maksimum sebesar 3,12 m³/dt dan minimum 0,26 m³/dt. Sedangkan pada perhitungan menggunakan software Cropwat 8.0, kebutuhan air maksimum 1,67 m³/dt dan minimum 0,06 m³/dt. Pada penelitian yang penulis lakukan yaitu “Analisis Kebutuhan Air Irigasi di Lembang Pata’padang, Kecamatan Sanggalangi’, Kabupaten Toraja Utara” juga bertujuan untuk menentukan kebutuhan air irigasi tetapi dalam ruang lingkup yang lebih kecil yaitu dengan luas sawah 20 ha. Perhitungan yang dilakukan yaitu perhitungan manual dengan metode Penman yang telah dimodifikasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggarayu Palallo (2021) dengan judul “Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus: Daerah Irigasi Simulluk, Lembang Tantan, Kecamatan Tallunglipu, Kabupaten Toraja Utara yang memiliki panjang saluran irigasi 1,56 km dengan luas lahan yang dialiri yaitu 40,7 ha sawah. Pada penelitian tersebut yang menjadi fokus utama penelitian yaitu menentukan besarnya kebutuhan air irigasi dan perencanaan dimensi saluran tersier di Daerah Irigasi Simulluk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada musim kemarau, kebutuhan air irigasi di daerah tersebut tidak dapat terpenuhi secara optimal karena pemborosan air dan ketidakteraturan distribusi. Oleh sebab itu, penelitian Palallo menekankan pentingnya perencanaan dimensi saluran agar debit air yang tersedia dapat dialirkan secara merata ke seluruh petak sawah. Pada penelitian yang penulis

lakukan yaitu “Analisis Kebutuhan Air Irigasi di Lembang Pata’padang, Kecamatan Sanggalangi’, Kabupaten Toraja Utara” dengan panjang irigasi 340 m dan luas lahan yang dialiri yaitu 20 ha sawah. Penelitian ini tidak lagi berfokus pada perencanaan dimensi saluran baru, tetapi pada evaluasi pemanfaatan air yang tersedia dengan mempertimbangkan data iklim sepuluh tahun terakhir, kondisi jaringan irigasi, serta pola tanam masyarakat setempat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahayu U.S., Hariati F., Alimuddin A., dan Nandiasa J. E., (2023) dengan judul “Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Untuk Perluasan Daerah Irigasi (Studi Kasus: Daerah Irigasi Cisadeng II, Desa Leuwisadeng, Kecamatan Leuwisadeng, Kabupaten Bogor), berfokus pada perbandingan 2 metode perhitungan kebutuhan air irigasi, yaitu metode manual berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01 dan metode berbasis perangkat lunak Cropwat 8.0. Tujuan utama penelitian tersebut adalah untuk menilai tingkat akurasi kedua metode dalam menghitung kebutuhan air untuk lahan pertanian yang mengalami perluasan dari 32 hektar menjadi 42 hektar. Hasil dari penelitian dengan menggunakan metode Penman modifikasi yaitu 8,12-19,00 m³/dt, sedangkan untuk software Cropwat hasilnya yaitu 8,03-18,39 m³/dt. Pada penelitian yang penulis lakukan yaitu “Analisis Kebutuhan Air Irigasi di Lembang Pata’padang, Kecamatan Sanggalangi’, Kabupaten Toraja Utara” tidak membandingkan metode perhitungan, melainkan menggunakan satu metode utama, yaitu Penman Modifikasi, untuk menghitung kebutuhan air berdasarkan data iklim sepuluh tahun terakhir (2015–2024). Fokus utamanya adalah untuk mengetahui apakah ketersediaan debit air pada Daerah Irigasi Bubun Batu sudah mampu memenuhi kebutuhan air irigasi sawah seluas 20 hektar, serta menilai efisiensi saluran distribusi air yang ada.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Andi Kartini Sari (2019) yang berjudul “Analisis Kebutuhan Air Irigasi Untuk Lahan Persawahan Desa Awo Gading Kecamatan Lamasi” dengan luas lahan yang dialiri 92 ha, membandingkan produktivitas padi pada musim hujan dan musim kemarau. Sedangkan ada penelitian yang penulis lakukan yaitu “Analisis Kebutuhan Air Irigasi di Lembang Pata’padang, Kecamatan Sanggalangi’, Kabupaten Toraja Utara” dengan luas lahan

yang dialiri oleh irigasi yaitu 20 ha hanya menghitung mengenai kebutuhan air irigasi persawahan tidak menghitung produktivitas padi

2.2 Pengertian Irigasi

Irigasi memegang peranan yang sangat penting dalam keseluruhan aktivitas usaha tani, karena sistem penyediaan air yang baik menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Dalam konteks reformasi dan penerapan otonomi daerah, pengaturan mengenai irigasi mengalami perubahan, terutama melalui pelimpahan tanggung jawab pengelolaan kepada kelompok petani. Kendati demikian, pemerintah tetap berkewajiban memberikan dukungan, khususnya dalam bentuk pendampingan teknis dan bantuan finansial, hingga petani memiliki kapasitas untuk mengelola irigasi secara mandiri. Secara umum, irigasi dipahami sebagai metode pemberian air, baik secara alami maupun buatan, ke lahan untuk memastikan tingkat kelembapan yang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Istilah irigasi berasal dari kata *Irrigatie* dalam Bahasa Belanda dan *Irrigation* dalam Bahasa Inggris, yang merujuk pada suatu upaya sistematis untuk menyalurkan air dari sumbernya menuju lahan pertanian. Proses ini mencakup kegiatan mengalirkan, membagi, serta mengatur penggunaan air secara teratur, dan setelah memenuhi fungsinya, air tersebut dapat dialirkan kembali melalui saluran pembuangan. Definisi ini menegaskan bahwa irigasi tidak sekadar menggambarkan aliran air, tetapi juga mencakup manajemen distribusi yang efektif untuk menjamin ketercukupan kebutuhan pertanian.

Selain itu, irigasi juga dipahami sebagai rangkaian bangunan air dan saluran yang dirancang untuk mengalirkan air dari bendung menuju petak-petak sawah secara berkala, sehingga tanaman memperoleh suplai air yang tepat. Sumber air yang digunakan dalam irigasi meliputi air permukaan seperti sungai, waduk, dan danau, air hujan yang ditampung melalui embung, serta air tanah. Air merupakan faktor produksi yang sangat menentukan dalam kegiatan pertanian, sehingga investasi pada sistem irigasi menjadi bagian penting dan strategis untuk menjamin ketersediaan air. Agar kebutuhan tanaman terpenuhi, air harus diberikan dalam jumlah, waktu, dan kualitas yang sesuai; ketidaktepatan salah satu di antaranya

dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan pada akhirnya menurunkan produktivitas pertanian.

Di Indonesia, sebagian besar air irigasi bersumber dari sungai, waduk, air tanah, dan sistem pasang surut. Ketersediaan air irigasi yang memadai, terutama di lahan sawah, merupakan salah satu faktor utama dalam upaya peningkatan produksi pangan, khususnya padi. Kebutuhan air pada setiap kawasan irigasi dapat bervariasi, dipengaruhi oleh kondisi lahan, jenis tanaman, dan faktor teknis lainnya, sehingga pengaturan yang tepat menjadi sangat penting untuk mendukung keberlanjutan produksi pertanian.

Kebutuhan air irigasi mengacu pada total volume air yang harus disediakan untuk memenuhi berbagai komponen kebutuhan tanaman, seperti evaporasi, kehilangan air pada jaringan irigasi, serta kebutuhan fisiologis tanaman, dengan mempertimbangkan kontribusi air dari curah hujan maupun air tanah. Besarnya kebutuhan air tersebut sangat dipengaruhi oleh metode pengolahan lahan yang diterapkan, karena setiap teknik budidaya memiliki karakteristik penggunaan air yang berbeda.

Dengan mengetahui estimasi kebutuhan air irigasi, maka dapat diproyeksikan pada periode tertentu apakah ketersediaan air mampu mencukupi kebutuhan tersebut. Jika ketersediaan air tidak memadai, maka diperlukan strategi teknis agar kebutuhan tanaman tetap terpenuhi, misalnya dengan pengaturan jadwal pemberian air, penampungan air hujan, atau peningkatan efisiensi jaringan irigasi. Oleh karena itu, penentuan kebutuhan air irigasi menjadi salah satu langkah fundamental dalam perencanaan dan manajemen sistem irigasi secara keseluruhan.

Secara umum, tujuan irigasi dibedakan menjadi dua kategori, yaitu tujuan langsung dan tujuan tidak langsung. Tujuan langsung mencakup upaya untuk membasahi lahan secara optimal agar kapasitas air dan udara dalam tanah mencapai kondisi yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Keseimbangan ini penting karena tanaman membutuhkan tanah yang lembap namun tetap memiliki sirkulasi udara yang baik untuk mendukung proses fisiologisnya. Sementara itu, tujuan tidak langsung meliputi fungsi irigasi dalam mengatur suhu tanah, mencuci unsur-unsur berbahaya atau racun yang mungkin terakumulasi di permukaan tanah, serta

mengangkut unsur hara maupun pupuk melalui aliran air. Selain itu, irigasi juga berperan dalam meningkatkan permukaan air tanah, memperbaiki topografi lahan melalui sedimentasi, dan menunjang berbagai proses fisik lain yang berkaitan dengan keberlanjutan pertanian (Ardi, 2013). Dengan demikian, irigasi tidak hanya berfungsi menyediakan air untuk tanaman, tetapi juga memiliki dampak ekologis dan agronomis yang luas.

Tanaman yang memperoleh suplai air dari sistem irigasi umumnya dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu padi, tebu, dan palawija yang mencakup jagung, aneka kacang-kacangan, bawang, cabai, serta tanaman pangan lainnya. Pada budidaya padi, air diberikan dengan metode penggenangan (*flooding method*), yaitu mempertahankan muka air di atas permukaan tanah dalam jumlah tertentu. Metode ini memiliki sejumlah keuntungan, di antaranya biaya yang relatif rendah dan kemampuan sistem genangan untuk menekan perkembangan hama tanah maupun organisme perusak akar. Namun demikian, genangan yang terlalu lama dapat menurunkan kualitas tanah dan menghambat pertumbuhan tanaman, sehingga diperlukan periode pengeringan sesuai kondisi lapangan dan ketersediaan air di sungai. Dengan kata lain, keberhasilan pengelolaan air pada pertanaman padi sangat bergantung pada teknik pengambilan dan pengaturan debit air.

Dalam kondisi alami, tanaman memperoleh air terutama dari curah hujan, namun pada beberapa daerah air juga dapat diperoleh melalui genangan banjir musiman yang terjadi saat sungai meluap pada musim hujan. Genangan tersebut dapat meningkatkan kelembapan tanah dan mempersiapkan lahan untuk ditanami pada musim kemarau. Ketika proses penyediaan air melibatkan rekayasa teknik dalam skala besar, maka mekanisme tersebut dikategorikan sebagai irigasi buatan. Irigasi buatan secara luas dibedakan menjadi dua tipe, yaitu irigasi pompa dan irigasi aliran. Pada irigasi pompa, air diangkat dari sumber yang lebih rendah ke lahan pertanian yang lebih tinggi menggunakan tenaga mekanis maupun tenaga manusia. Sedangkan irigasi aliran memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengalirkan air secara alami dari sumber air menuju lahan pertanian melalui saluran yang dirancang secara teknis.

Sejalan dengan definisi irigasi, tujuan dari pembangunan sistem irigasi di suatu wilayah adalah menyediakan dan mengatur aliran air secara efektif untuk mendukung proses produksi pertanian. Proses ini mencakup pengambilan air dari sumbernya, penyaluran melalui jaringan irigasi, hingga distribusi yang teratur ke area pertanian yang membutuhkan. Sistem irigasi yang dirancang dengan baik akan memastikan bahwa air tersedia dalam jumlah, waktu, dan mutu yang sesuai, sehingga produktivitas tanaman dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

2.3 Jaringan Irigasi

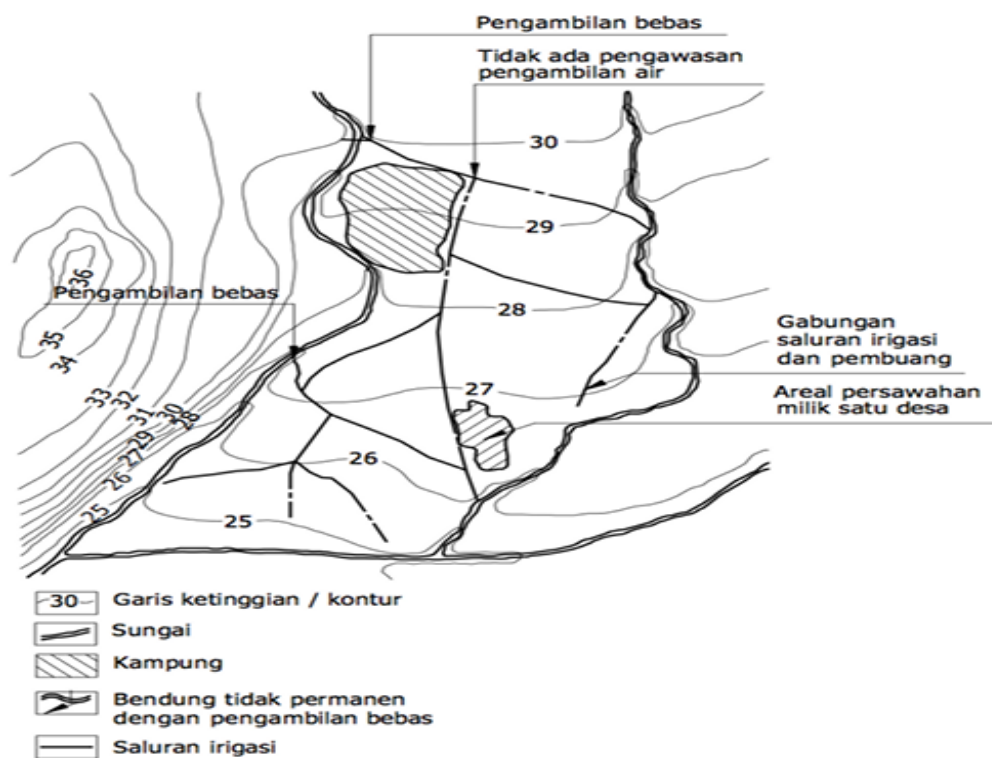
Irigasi pada lahan persawahan pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi dua bentuk utama, yaitu Irigasi Pedesaan dan Irigasi Pemerintah. Irigasi Pedesaan merupakan sistem yang bersifat komunal, di mana seluruh proses pembangunan, pengelolaan, dan pemeliharaan jaringan irigasi dilakukan secara mandiri oleh masyarakat tanpa campur tangan atau bantuan dari pemerintah pusat. Sistem ini biasanya berkembang secara tradisional dan menyesuaikan dengan kondisi sosial, budaya, serta kemampuan teknis masyarakat setempat. Di sisi lain, Irigasi Pemerintah merupakan sistem irigasi yang pembangunannya didukung oleh pemerintah, baik melalui bantuan teknis maupun penyediaan infrastruktur yang lebih terstandar.

Sistem irigasi yang dikembangkan dengan bantuan pemerintah di Indonesia dikategorikan ke dalam tiga tingkatan berdasarkan metode pengukuran debit air, tingkat pengaturan aliran, kelengkapan fasilitas, serta kompleksitas jaringan irigasinya. Ketiga kategori tersebut meliputi irigasi teknis, irigasi semi teknis, dan irigasi sederhana. Irigasi teknis umumnya memiliki fasilitas paling lengkap dengan pengaturan air yang lebih akurat, sementara irigasi semi teknis memiliki kelengkapan yang lebih terbatas namun tetap memperoleh dukungan struktural dari pemerintah. Adapun irigasi sederhana dibangun dengan fasilitas minimal dan biasanya ditujukan untuk daerah yang memiliki kebutuhan dasar akan aliran air pertanian. Penjabaran menyeluruh mengenai ketiga tingkatan jaringan irigasi tersebut dapat dilihat pada tabel yang disediakan dalam pembahasan selanjutnya.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jaringan Irigasi

NO	URAIAN	KLASIFIKASI JARINGAN IRIGASI		
		TEKNIS	SEMI TEKNIS	SEDERHANA
1	Bangunan Utama	Bangunan Permanen	Bangunan Permanen/ semi permanen	Bangunan Sementara
2	Kemampuan Bangunan Dalam Mengukur dan Mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3	Jaringan Saluran	Saluran Irigasi dan Pembuang Terpisah	Saluran Irigasi dan Pembuang tidak Sepenuhnya Terpisah	Saluran Irigasi dan Pembuang Jadi Satu
4	Petak Tersier	Dikembangkan Sepenuhnya	Belum Dikembangkan	Belum Ada Jaringan yang Dikembangkan
5	Efisiensi Secara Keseluruhan	50 % – 60 %	40 % - 50 %	<40 %
6	Ukuran	Tak Ada Batasan	Sampai 2000 Ha	< 500 Ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada Ke seluruh Areal	Hanya Sebagian Areal	Cenderung tidak Ada
8	Kondisi O dan P	- Ada Instansi yang menangani - Dilaksanakan Teratur	Belum Teratur	Tidak Ada O dan P

(sumber KP 01: Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi)



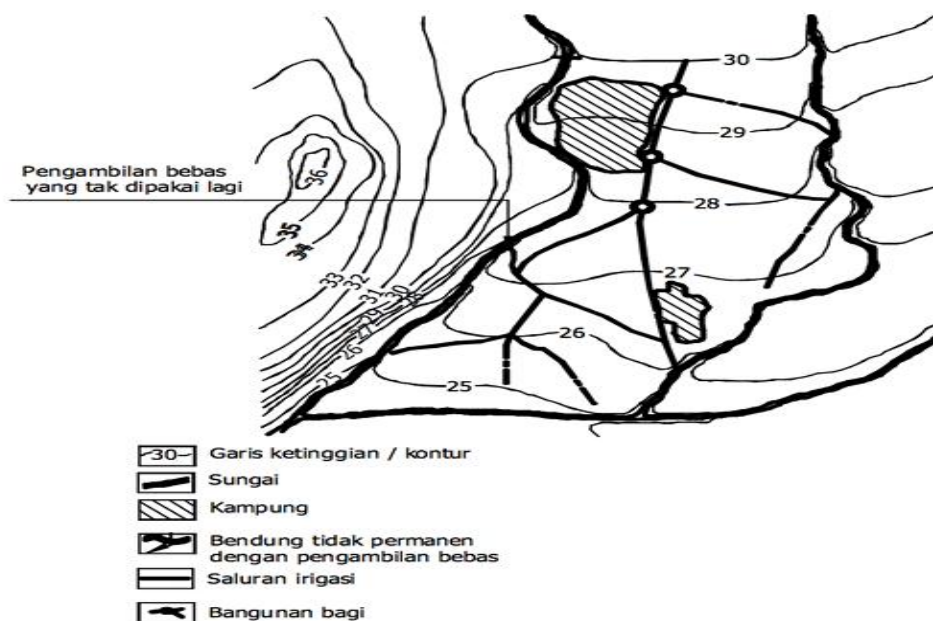
(Sumber: Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi (KP 01))

Gambar 2.1 Sistem Jaringan Irigasi Sederhana

1. Sistem Irigasi Semi Teknis

Sistem irigasi jenis ini memiliki bangunan yang sebagian besar bersifat permanen maupun setengah permanen, namun jaringan tersebut belum dilengkapi dengan pintu air dan perangkat pengukur debit. Pengaturan aliran air biasanya dilakukan dengan menggunakan balok sekat sederhana, sehingga distribusi dan kontrol jumlah aliran tidak dapat dilakukan secara akurat. Meskipun demikian, sistem irigasi setengah teknis memiliki potensi untuk ditingkatkan secara bertahap menjadi Sistem Irigasi Teknis apabila dilakukan pengembangan infrastruktur secara lebih lengkap. Pembangunan jaringan irigasi jenis ini umumnya difasilitasi oleh pemerintah, khususnya melalui Departemen Pekerjaan Umum, sehingga standar konstruksi dan pengelolaannya lebih baik dibandingkan irigasi sederhana.

Adapun prinsip dasar dalam pengoperasian jaringan irigasi semi teknis mencakup beberapa karakteristik penting. Pertama, aliran air menuju lahan pertanian masih dapat diatur, tetapi volume air yang mengalir tidak dapat diukur secara tepat karena ketiadaan alat ukur debit yang memadai. Kedua, pembagian air ke berbagai petak sawah tidak bisa dilakukan secara presisi, sehingga efisiensi distribusi air seringkali tidak optimal. Ketiga, jaringan ini hanya memiliki sedikit bangunan permanen, yang menandakan tingkat kelengkapannya belum sebanding dengan irigasi teknis. Keempat, alat pengukuran aliran yang tersedia hanya satu dan ditempatkan pada bangunan bendung, sehingga pengawasan debit tidak dapat dilakukan pada bagian jaringan yang lain. Kelima, sistem pemberian air dan sistem pembuangannya tidak selalu terpisah secara jelas, sehingga dapat menyebabkan pencampuran aliran atau gangguan dalam pengaturan debit. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa irigasi semi teknis berada pada tahap menengah dalam pengelolaan irigasi, dengan potensi pengembangan lebih lanjut apabila dilakukan peningkatan fasilitas secara bertahap.



(Sumber: Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP 01))

Gambar 2.2 Jaringan Irigasi Semi Teknis

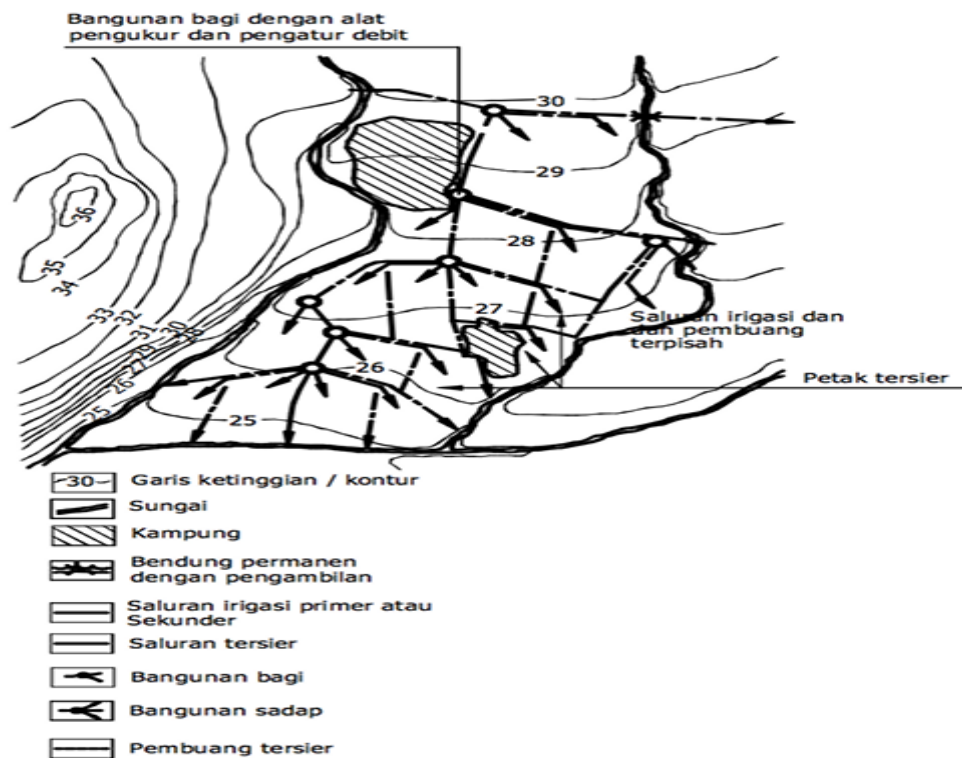
2. Sistem Irigasi Teknis

Sistem irigasi ini memiliki bangunan yang seluruhnya bersifat permanen, lengkap dengan pintu air dan alat pengukur debit, sehingga arus air bisa diatur sekaligus diukur sesuai keperluan. Dengan demikian, distribusi air ke lahan pertanian dapat dilakukan secara teratur dan merata, tanpa ada bagian yang kelebihan atau kekurangan pasokan.

Selain itu, untuk mencegah terjadinya genangan atau banjir, tersedia jaringan saluran pembuang mulai dari tingkat tersier, sekunder, hingga induk, yang berfungsi menyalurkan air langsung kembali ke sungai. Saluran ini juga dipakai untuk membuang kelebihan air yang sudah tidak diperlukan lagi dari sawah.

Pekerjaan pembangunan irigasi teknis biasanya mencakup beberapa tahapan, mulai dari pembuatan bangunan penyadap seperti bendung atau penyadap bebas, kemudian pembangunan saluran primer beserta bangunan pengaturnya seperti bangunan bagi, bangunan bagi-sadap, dan bangunan sadap. Selain bangunan utama itu, terdapat juga bangunan pelengkap seperti bangunan terjun, gorong-gorong, pelimpah, talang, hingga jembatan. Selanjutnya, saluran sekunder dibangun beserta bangunan-bangunan pendukungnya, diikuti pembuatan saluran tersier lengkap dengan kotak-kotak air seperti boks dan boks kuarter. Tidak lupa, dibuat pula saluran pembuang sekunder dan tersier, termasuk bangunan gorong pembuangnya.

Secara umum, prinsip kerja jaringan irigasi teknis meliputi beberapa hal penting: jalur air irigasi dipisahkan dari jalur saluran pembuang, sehingga aliran tidak bercampur; pemberian air dapat diukur, dikendalikan, dan diatur pada titik-titik tertentu; petak tersier menjadi bagian yang paling krusial dalam seluruh sistem distribusi; dan seluruh bangunan dibuat dalam bentuk konstruksi permanen untuk memastikan ketahanan dan kelancaran operasional.



(Sumber: Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP 01))

Gambar 2. 3 Jaringan Irigasi Teknis

Seluruh saluran dan bangunan dalam suatu jaringan irigasi dituangkan ke dalam dua jenis skema, yaitu Skema Jaringan Irigasi dan Skema Bangunan.

1. Skema Jaringan Irigasi

Skema Jaringan Irigasi dapat dipahami sebagai representasi visual yang menggambarkan konfigurasi lengkap sistem irigasi, mulai dari keberadaan bangunan bendung sebagai titik pengambilan air utama, dilanjutkan dengan rangkaian saluran primer, sekunder, hingga berbagai bangunan pengatur seperti bangunan bagi dan bangunan sadap. Seluruh komponen tersebut disusun secara sistematis dalam satu diagram yang menggunakan tata nama baku, sehingga setiap unsur dalam jaringan irigasi dapat diidentifikasi secara jelas dan konsisten. Dengan penyajian yang terstandarisasi ini, skema tersebut tidak hanya mempermudah pemahaman struktur jaringan, tetapi juga mendukung proses perencanaan, evaluasi, serta pengelolaan irigasi secara lebih efektif dan akuntabel. Dokumentasi semacam ini menjadi penting untuk memastikan

keseragaman informasi di berbagai tahapan analisis teknis maupun operasional lapangan.

2. Skema Bangunan

Skema Jaringan Irigasi dapat dijelaskan sebagai diagram teknis yang menyajikan susunan menyeluruh dari sistem irigasi, dimulai dari bangunan bendung yang berfungsi sebagai lokasi pengambilan air utama, kemudian diikuti oleh alur saluran primer dan sekunder yang menjadi jalur distribusi utama. Di dalam skema tersebut juga tercakup bangunan-bangunan pengatur seperti bangunan bagi serta bangunan sadap, yang semuanya ditata dalam struktur yang runtut dan menggunakan nomenklatur resmi. Penyusunan dengan tata nama yang telah distandardisasi ini memungkinkan setiap elemen jaringan diidentifikasi secara tepat, sekaligus meminimalkan potensi kekeliruan dalam interpretasi teknis. Selain itu, bentuk penyajian yang sistematis memberikan kemudahan bagi para perencana, analis, maupun operator lapangan dalam memahami hubungan antarbagian jaringan. Dokumentasi semacam ini juga berperan penting dalam menjamin konsistensi data pada kegiatan perencanaan, pemantauan, dan evaluasi, sehingga pengelolaan irigasi dapat berjalan lebih terukur, efisien, dan dapat dipertanggungjawabkan.

2.4 Saluran Irigasi

Saluran irigasi merupakan bagian penting dari infrastruktur pertanian yang berfungsi menyalurkan air dalam jumlah yang cukup agar tanaman dapat berkembang secara optimal. Pada sistem irigasi air tanah, saluran ini dimulai dari bangunan pengambilan (intake) atau pompa hingga sampai ke lahan yang membutuhkan, sesuai dengan ketentuan PP No. 20 Tahun 2006. Secara garis besar, saluran irigasi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu saluran primer, sekunder, dan tersier.

1. Saluran Primer

Saluran primer adalah jalur utama yang mengangkut air dari jaringan induk menuju saluran sekunder, kemudian diteruskan ke petak-petak tersier. Petak tersier terdiri atas beberapa petak kuarter, di mana setiap petak kuarter umumnya memiliki luas antara 8 hingga 15 hektare. Sementara itu, satu petak tersier biasanya mencakup area sekitar 50 sampai 150 hektare.

2. Saluran Sekunder

Saluran sekunder berfungsi sebagai jalur distribusi antara saluran primer dan petak-petak tersier yang menjadi wilayah layanannya. Dalam konteks sistem irigasi, saluran ini tidak hanya bertugas mengalirkan air dari saluran primer, tetapi juga memastikan bahwa volume, arah, dan kontinuitas aliran tetap sesuai dengan kebutuhan di tingkat tersier. Dengan demikian, saluran sekunder memainkan peran strategis sebagai mata rantai penghubung yang menjamin distribusi air berlangsung secara proporsional dan teratur. Keberadaannya memungkinkan pengaturan pembagian air dilakukan lebih efektif melalui bangunan pengatur yang berada sepanjang jalur saluran. Selain itu, desain dan pengoperasian saluran sekunder harus mempertimbangkan kondisi hidrolis, karakteristik lahan, serta pola tanam agar pelayanan irigasi dapat berjalan optimal. Peran ganda sebagai penyalur dan penghubung ini menjadikan saluran sekunder komponen penting dalam menjaga keterpaduan dan kinerja keseluruhan jaringan irigasi.

3. Saluran Tersier

Saluran tersier bertugas membawa air dari bangunan sadap tersier ke bagian dalam petak tersier, termasuk menuju saluran kuarter. Selanjutnya, saluran kuarter menyalurkan air dari boks bagi kuarter melalui bangunan sadap atau parit sawah langsung ke petak-petak sawah. Dengan sistem bertingkat seperti ini, distribusi air ke lahan pertanian dapat berlangsung lebih teratur dan tepat sasaran (Herliyani, 2012).

2.5 Sistem Irigasi

Sistem irigasi, sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi, mencakup keseluruhan unsur yang terdiri dari prasarana irigasi, sumber air irigasi, manajemen pengelolaan, kelembagaan yang mengatur operasional irigasi, serta sumber daya manusia yang terlibat di dalamnya. Dengan demikian, sistem irigasi dapat dipahami sebagai suatu kesatuan yang tersusun dari berbagai komponen yang bekerja secara terpadu untuk menyediakan, membagi, mengatur, dan mengelola air bagi lahan pertanian guna menunjang peningkatan produksi. Pengaturan air yang tepat menjadi faktor penentu yang

memungkinkan penggunaan air dilakukan secara efektif sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun saat curah hujan tidak stabil.

Dalam praktiknya, sistem irigasi memberikan beberapa manfaat penting bagi kegiatan pertanian. Pertama, irigasi berfungsi membasahi lahan di wilayah yang memiliki curah hujan rendah atau tidak menentu, sehingga kelembapan tanah tetap terjaga. Kedua, irigasi membantu mengatur waktu pemberian air agar lahan pertanian dapat diairi kapan pun dibutuhkan, tanpa bergantung pada musim. Ketiga, irigasi berperan menyuburkan tanah melalui aliran air yang membawa endapan lumpur dan unsur hara alami, sehingga struktur tanah menjadi lebih baik untuk pertumbuhan tanaman. Keempat, irigasi dapat digunakan untuk keperluan kolmatase, yaitu proses meninggikan permukaan tanah di wilayah rendah atau rawa melalui pengendapan material lumpur yang terbawa oleh air irigasi (Rachmad, 2009). Keempat manfaat ini menjadikan irigasi sebagai komponen vital dalam mendukung ketahanan pangan.

Berdasarkan proses penyediaan, pemberian, pengelolaan, serta pengaturan air, sistem irigasi dibagi menjadi empat jenis utama.

1. Sistem Irigasi Permukaan (Surface Irrigation),

Metode penyaluran air ke permukaan tanah dengan membiarkan air mengalir dan meresap (infiltrasi). Air dialirkan melalui saluran terbuka atau pipa dengan tekanan rendah. Dibandingkan dengan irigasi sprinkler atau tetes, irigasi permukaan membutuhkan investasi yang lebih rendah, kecuali jika diperlukan modifikasi lahan seperti pembuatan teras. Jenis ini banyak diterapkan pada tanaman palawija melalui irigasi alur (furrow irrigation), yaitu pemberian air melalui alur kecil atau pipa di permukaan tanah sehingga pemanfaatan air menjadi lebih efisien.

2. Sistem Irigasi Bawah Permukaan (Subsurface Irrigation)

Metode penyaluran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah melalui saluran atau pipa porus di bawah zona perakaran. Air bergerak ke atas menuju akar tanaman melalui gaya kapiler, sehingga tanaman tetap memperoleh lengas tanah tanpa harus membasahi permukaan lahan. Metode ini dapat meningkatkan efisiensi air dan mengurangi kehilangan akibat penguapan.

3. Sistem Irigasi Curah atau Pancaran (Sprinkle Irrigation).

Pada sistem ini, air diberikan dengan tekanan tertentu sehingga menghasilkan percikan layaknya hujan alami. Selain memenuhi kebutuhan air tanaman, sistem sprinkler dapat digunakan untuk mencegah pembekuan, meminimalkan erosi angin, hingga menyebarkan pupuk. Air dialirkan melalui jaringan pipa utama (mainline), pipa sub-mainline, dan pipa lateral yang memiliki sprinkler pada titik-titik tertentu. Sistem ini memungkinkan distribusi air yang merata dan terkontrol pada lahan pertanian.

4. Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation),

Metode pemberian air dengan tetesan langsung pada zona perakaran tanaman menggunakan pipa atau selang berlubang yang dialiri air bertekanan. Irigasi tetes dirancang untuk memenuhi kebutuhan air tanaman secara presisi tanpa harus membasahi seluruh permukaan tanah. Cara ini mampu mengurangi kehilangan air akibat penguapan, meminimalkan limpasan, serta menekan pertumbuhan gulma. Irigasi tetes memiliki ciri khas berupa debit aliran yang kecil namun kontinu, frekuensi pemberian air yang tinggi, dan tingkat efisiensi yang sangat baik dalam distribusi air (Sudjarwadi, 1990).

2.6 Debit Saluran Irigasi

Debit aliran merupakan jumlah air yang bergerak melalui suatu penampang dalam selang waktu tertentu. Dengan kata lain, debit menggambarkan besaran volume air yang keluar atau mengalir dari suatu daerah aliran sungai dalam periode waktu tertentu. Dalam konteks irigasi, mutu saluran menjadi faktor krusial karena berpengaruh langsung terhadap kemampuan saluran dalam menyalurkan air ke lahan persawahan. Saluran irigasi yang terbangun dengan baik akan mampu menyediakan kebutuhan air secara konsisten sehingga proses budidaya tanaman dapat berlangsung optimal.

Kualitas suatu saluran juga dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan dalam konstruksinya. Berbagai bahan yang umum dipakai sebagai pelapis saluran antara lain beton, pasangan batu, pasangan bata, campuran tanah dengan bentonit, serta material berpermeabilitas rendah lainnya termasuk karet, plastik, dan campuran aspal. Pemilihan material tersebut bertujuan untuk meminimalkan

kebocoran serta mengoptimalkan aliran air. Jumlah air irigasi yang mengalir menuju lahan pertanian dapat diketahui dengan menghitung kapasitas atau debit saluran irigasi. Perhitungan ini penting dilakukan agar pembagian air pada jaringan irigasi dapat berlangsung secara adil dan merata, serta memastikan bahwa volume air yang diterima setiap lahan mencukupi kebutuhan tanaman.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Q = Debit (m^3/s)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

2.7 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan total air yang perlu disuplai untuk menggantikan air yang menguap, air yang hilang di lahan, serta memenuhi kebutuhan tanaman. Dalam perhitungannya, jumlah air yang diterima dari curah hujan dan dukungan air tanah juga ikut diperhitungkan.

Mengacu pada Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (Kementerian PUPR), kebutuhan air sawah bisa dikategorikan berdasarkan:

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Irigasi

Jenis Kebutuhan		Nilai Umum
Irigasi Basal	(untuk menjaga kelembapan)	$\pm 1 \text{ mm/hari}$
Perkolasi & Peresapan		$\pm 1\text{--}5 \text{ mm/hari}$
Penguapan + Transpirasi (ETc)		$\pm 3\text{--}6 \text{ mm/hari}$
Penggenangan awal		$\pm 100\text{--}150 \text{ mm}$
Total kebutuhan air per musim		$\pm 1200\text{--}1500 \text{ mm}$ (12.000–15.000 m^3/ha)

Kebutuhan air untuk tanaman merupakan penjumlahan dari beberapa komponen yaitu :

- Penyiapan lahan
- Penggunaan konsumtif
- Perkolasi dan rembesan
- Pergantian lapisan air
- Curah hujan efektif

2.7.1 Penyiapan Lahan

Waktu yang ideal untuk kegiatan penyiapan lahan adalah sekitar 45 hari (1,5 bulan). Namun, jika proses ini menggunakan alat mekanis, durasinya dapat dipersingkat menjadi sekitar 30 hari. Pada tahap ini, kebutuhan air untuk menjenuhkan tanah umumnya sebesar 200 mm. Setelah itu, ditambahkan lagi sekitar 50 mm sebagai lapisan awal genangan pada saat penanaman.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan rumus Van de Goor dan Zijlsha (1968) sebagai berikut:

$$IR = Me^k / (e^k - 1) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

IR = kebutuhan air di sawah (mm/hari)

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

$$M = E_o + P \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

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

P = Perkolasi (mm/hari)

$$K = M.T/S \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan sebesar 200 mm + 50 mm untuk lapisan genangan

2.7.2 Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang secara nyata dimanfaatkan oleh tanaman, terutama untuk menunjang proses evapotranspirasi. Karena itu, kebutuhan ini sering disebut sebagai evapotranspirasi aktual. Nilainya dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$ET_c = K_c ET_o \dots \dots \dots (2.5)$$

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan:

E_t = Penggunaan konsumtif

K_c = Koefisien tanaman

E_{t_0} = Evapotranspirasi potensial (penman modifikasi)(mm/hari)

Kebutuhan konsumtif sangat dipengaruhi oleh jenis serta usia tanaman. Pada tahap awal pertumbuhan, penggunaan air akan terus naik seiring berkembangnya tanaman hingga mencapai titik tertinggi saat tanaman berada pada fase vegetatif maksimal. Setelah fase tersebut terlewati, kebutuhan air perlahan menurun mengikuti proses pematangan hasil. Pengaruh karakteristik tanaman terhadap kebutuhan air direpresentasikan melalui nilai koefisien tanaman (K_c).

Tabel 2.3 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	FAO	
	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,1	1,1
1	1,1	1,1
1,5	1,1	1,05
2	1,1	1,05
2,5	1,1	0,95
3	1,05	0
3,5	0,95	
4	0	

2.7.3 Perkolasi Rembesen

Perkolasi adalah proses Bergeraknya air ke arah bawah melalui zona tidak jenuh, yaitu bagian tanah yang berada di antara permukaan tanah hingga mencapai muka air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi (P) merupakan kecepatan maksimum pergerakan air tersebut, yang besarnya dipengaruhi oleh sifat dan kondisi tanah pada zona tidak jenuh tersebut.

Jika pengolahan tanah (puddling) dilakukan dengan baik, nilai perkolasi dapat berada pada kisaran 1–3 mm per hari. Namun, pada tanah bertekstur ringan, laju perkolasi biasanya lebih tinggi. Sebaliknya, pada tanah lempung berat yang memiliki sifat tertentu, perkolasi cenderung lebih lambat.

Beberapa faktor yang memengaruhi besar kecilnya laju perkolasi antara lain:

1. Tekstur tanah
2. Permeabilitas tanah
3. Letak permukaan air tanah
4. Tebal lapisan tanah bagian atas
5. Perkolasi yaitu kehilangan air yang dipengaruhi oleh keadaan fisik di lapangan

Tabel 2.4 Tingkat perkolasi tekstur tanah

Jenis Tanah	Angka Perkolasi	
	Padi (mm/hari)	Palawija (mm/hari)
Tekstur berat	1	2
Tekstur sedang	2	4
Tekstur ringan	5	10

(sumber : Buku Rekayasa Irigasi dan Bangunan Air)

2.7.4 Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air biasanya dilakukan setelah proses pemupukan, dan jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Jika tidak ada jadwal khusus, penggantian air dapat dilakukan dua kali, masing-masing sebanyak 50 mm (setara dengan sekitar 3,3 mm per hari selama satu bulan pada bulan pertama dan kedua setelah tanam).

2.7.5 Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam suatu periode waktu tertentu, yang dinyatakan dalam satuan tinggi di atas bidang tanah datar dengan asumsi tidak terjadi infiltrasi, limpasan, maupun penguapan. Istilah curah hujan atau presipitasi merujuk pada total air hujan yang turun di suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu. Besaran curah hujan menggambarkan volume Air hujan. Air hujan merupakan jumlah air yang terkumpul di atas permukaan datar dalam jangka waktu tertentu, baik harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Dalam definisi lain, hujan dapat diartikan

sebagai ketinggian air yang tertampung pada permukaan yang rata, tanpa mengalami penguapan, penyerapan ke tanah, ataupun aliran keluar.

- **Curah Hujan Efektif**

Besarnya curah hujan efektif ditentukan melalui pengolahan data curah hujan yang dicatat oleh stasiun-stasiun pengamatan yang berada di dalam wilayah irigasi maupun pada kawasan sekitarnya, sehingga nilai yang diperoleh merepresentasikan kondisi hidrologis setempat secara lebih akurat. Sebelum menghitung curah hujan efektif, langkah utama yang harus dilakukan adalah menetapkan curah hujan andalan, yaitu nilai rata-rata curah hujan per setengah bulan (mm/15 hari) yang memiliki peluang terpenuhi sebesar 80% dan peluang tidak terpenuhi sebesar 20%, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air irigasi yang lebih reliabel. Penetapan R80 ini penting karena menyediakan ukuran probabilistik yang memungkinkan analisis hidrologi memperkirakan ketersediaan air pada tingkat keyakinan tertentu, terutama untuk kebutuhan perencanaan irigasi jangka panjang. Dengan demikian, curah hujan yang berada di bawah nilai R80 dianggap hanya memiliki peluang sekitar 20% untuk terjadi, sehingga penggunaannya dalam estimasi ketersediaan air memerlukan kehati-hatian agar tidak menimbulkan kekeliruan dalam perhitungan kebutuhan pelayanan irigasi. Pendekatan probabilistik ini juga membantu mengurangi risiko ketidakpastian hidrometeorologis yang dapat berdampak pada distribusi air di lapangan. Selain itu, proses penetapan curah hujan andalan perlu mempertimbangkan panjang data, kualitas pencatatan, serta keseragaman spasial hujan agar hasil perhitungan curah hujan efektif benar-benar mencerminkan karakteristik iklim wilayah tersebut. Dengan prosedur yang sistematis ini, curah hujan efektif dapat dihitung secara lebih tepat dan digunakan sebagai landasan perencanaan irigasi yang lebih akuntabel dan adaptif terhadap variabilitas iklim.

Curah hujan efektif sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor hidrometeorologis dan biofisik, antara lain intensitas hujan, tingkat kebutuhan air tanaman pada fase pertumbuhan tertentu, serta kapasitas tanah

dalam menyerap dan menahan air selama kejadian hujan. Ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, sehingga besar kecilnya curah hujan efektif tidak selalu sebanding dengan total hujan yang tercatat, melainkan ditentukan oleh seberapa banyak air hujan yang benar-benar tersedia bagi tanaman untuk proses fisiologisnya. Dalam konteks agronomi dan perencanaan irigasi, curah hujan efektif dipahami sebagai fraksi dari total curah hujan yang dapat dimanfaatkan tanaman dalam periode waktu tertentu, khususnya pada hari-hari ketika hujan terjadi dan air dapat tersimpan cukup lama di zona perakaran. Pemahaman terhadap konsep ini menjadi penting karena curah hujan yang tinggi sekalipun tidak selalu memberikan manfaat agronomis apabila infiltrasi tanah rendah atau kehilangan air melalui limpasan sangat besar. Dengan demikian, analisis curah hujan efektif tidak hanya melihat jumlah hujan, tetapi juga interaksi kompleks antara karakteristik tanah, kebutuhan tanaman, serta dinamika aliran permukaan dan perkolasi. Pendekatan ini membantu perencana irigasi menilai kontribusi hujan terhadap pemenuhan kebutuhan air tanaman secara lebih tepat, sekaligus meminimalkan kesalahan dalam penghitungan suplai air irigasi yang diperlukan pada suatu periode tanam.

Dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan:

R_{80} = Curah hujan sebesar 80%

n = Jumlah data

Curah hujan efektif untuk tanaman padi biasanya dihitung sebesar 70% dari curah hujan tengah yang memiliki peluang terlampaui 80% pada periode tertentu. Sementara itu, untuk tanaman palawija, nilai curah hujan efektif ditentukan berdasarkan data bulanan dengan tingkat kemungkinan terpenuhi 50%. Perhitungan tersebut kemudian disesuaikan dengan nilai evapotranspirasi (ET) tanaman rata-rata per bulan serta curah hujan rata-rata bulanan, sehingga estimasi kebutuhan air tanaman dapat dilakukan dengan lebih tepat.

Untuk padi :

$$Re \text{ padi} = (R_{80} \times 0,7) / \text{periode pengamatan} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

R_{80} = curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

2.7.6 Pola Tanam

Pola tanam merupakan sebuah rencana terstruktur mengenai penempatan berbagai jenis tanaman di suatu area pertanian, yang meliputi penentuan urutan penanaman dan lokasinya dalam rentang waktu yang spesifik. Hal ini juga mencakup periode persiapan lahan sebelum tanam serta periode istirahat lahan ketika tidak ada aktivitas penanaman. Dalam konteks penghitungan kebutuhan air irigasi, penetapan pola tanam merupakan elemen krusial yang memerlukan perhatian. Di kawasan tropis, pola tanam biasanya dirancang untuk mencakup siklus satu tahun penuh, dengan pertimbangan utama pada pola curah hujan. Khususnya di daerah yang sangat mengandalkan pasokan air hujan, pemilihan spesies tanaman wajib disesuaikan dengan kondisi iklim dan pola distribusi curah hujan sepanjang tahun.

Secara umum, metode penanaman dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu monokultur dan polikultur. Sistem monokultur mengacu pada praktik menanam hanya satu jenis tanaman pada suatu area lahan tertentu, contohnya penanaman padi secara eksklusif, jagung secara eksklusif, atau kedelai secara eksklusif, dengan tujuan utama untuk mengoptimalkan hasil dari tanaman tersebut. Sebaliknya, pola tanam polikultur melibatkan penanaman beberapa jenis tanaman pada satu bidang lahan dengan perencanaan yang baik, serta mempertimbangkan aspek lingkungan untuk menciptakan ekosistem pertanian yang lebih seimbang.

Pemahaman mengenai pola tanam sangat penting dalam kegiatan usaha tani, karena pengaturan pola tanam yang tepat dapat meningkatkan produktivitas, menghasilkan keuntungan yang lebih optimal, serta membantu mempertahankan kualitas tanah. Dengan demikian, pola tanam yang

direncanakan dengan baik tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga mendukung kelestarian dan kesuburan tanah dalam jangka panjang.

2.7.7 Metode Penman Modifikasi

Metode Penman Modifikasi merupakan metode yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi Potensial (E_t) dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti radiasi matahari, tekanan uap, kecepatan angin dan suhu. Metode ini merupakan modifikasi dari metode Penman asli dan menggabungkan parameter iklim seperti suhu, kelembapan, radiasi serta angin untuk memperkirakan tingkat penguapan air dari tanah dan transpirasi dari tanaman. Parameter dan komponen utama yang digunakan yaitu Radiasi Matahari, diperhitungkan melalui radiasi bersih gelombang panjang dan radiasi bersih gelombang pendek. Tekanan uap, dihitung berdasarkan tekanan uap jenuh dan tekanan uap aktual. Kecepatan angin, menggunakan fungsi dari kecepatan angin rata-rata di ketinggian tertentu. Suhu, mempengaruhi banyak faktor dalam rumus, termasuk faktor penyesuaian (C) dan faktor yang bergantung pada suhu (W). Faktor Penyesuaian (C), faktor koreksi yang memperhitungkan kondisi siang dan malam. Faktor Ketergantungan Suhu (W) Faktor yang dipengaruhi oleh temperatur rata-rata dan ketinggian tempat.

Cara kerja metode ini yaitu menggabungkan persamaan aerodinamik dan keseimbangan energi untuk menghitung evapotranspirasi. Persamaan Penman kemudian dimodifikasi dengan memasukkan parameter-parameter iklim yang sesuai dengan nilai berdasarkan suhu, bulan, dan lokasi geografis. Hasil perhitungan E_{T0} digunakan untuk memperkirakan evapotranspirasi tanaman acuan, yang penting dalam aplikasi irigasi dan manajemen air.

Rumus Penman asli dikembangkan oleh Howard Penman pada tahun 1948. Rumus ini kemudian dimodifikasi secara signifikan oleh berbagai pihak, terutama oleh John Monteith pada tahun 1965, yang menghasilkan persamaan Penman-Monteith. Modifikasi utama ini melibatkan penggabungan konsep resistensi permukaan tanaman ke dalam persamaan asli Penman, menjadikannya lebih akurat untuk memperkirakan evapotranspirasi dari permukaan tanaman (bukan hanya air terbuka).

Selain itu, Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) juga merekomendasikan versi standar dari metode Penman-Monteith, yang sering disebut sebagai metode FAO Penman-Monteith (atau FAO-56), yang dikembangkan melalui konsultasi ahli dan penelitian yang dipimpin oleh orang-orang seperti Richard Allen, Luis Pereira, Dirk Raes, dan Martin Smith pada tahun 1998. Versi FAO ini adalah standar yang digunakan secara luas di seluruh dunia saat ini.

Di Indonesia, tidak ada satu individu spesifik yang secara mandiri "memodifikasi" rumus dasar Penman-Monteith untuk iklim Indonesia, melainkan para peneliti dan ahli hidrologi melakukan kalibrasi dan adaptasi penggunaan metode tersebut agar sesuai dengan kondisi lokal. Berbagai penelitian di institusi seperti universitas (misalnya UMY, UB, USK) menguji dan membandingkan hasil rumus FAO Penman-Monteith dengan data iklim lokal atau metode lain (seperti evaporasi panci Class A) untuk memastikan keakuratannya di iklim tropis Indonesia yang khas. Pemerintah Indonesia, melalui badan terkait seperti Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atau BMKG, mengadopsi metode standar FAO Penman-Monteith ini sebagai metode standar untuk perhitungan evapotranspirasi potensial dalam perencanaan irigasi dan pengelolaan sumber daya air.

2.7.8 Evapotraspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari dua jenis kehilangan air. Pertama, evaporasi, yaitu penguapan air dari tanah, permukaan air, atau benda lain yang basah. Kedua, transpirasi, yaitu pelepasan uap air oleh tanaman melalui stomata pada daun. Jadi, evapotranspirasi menggambarkan jumlah total air yang berpindah ke udara baik karena penguapan langsung maupun karena proses alami pada tanaman. Dalam mekanismenya, air yang bergerak di dalam jaringan tanaman akhirnya dilepaskan ke atmosfer melalui daun, sementara evaporasi terjadi ketika air berubah menjadi uap dari berbagai permukaan.

Di lapangan, kedua proses ini sulit dipisahkan karena biasanya berlangsung bersamaan, terutama ketika permukaan tanah tertutup tanaman.

Oleh sebab itu, evaporasi dan transpirasi digabungkan dalam satu istilah, yaitu evapotranspirasi. Besarnya air yang hilang melalui evapotranspirasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ketersediaan air (misalnya dari hujan), kondisi iklim termasuk suhu dan kelembapan, serta jenis tanaman dan teknik pengelolaannya.

Evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan Metode Penman yang telah disesuaikan atau dimodifikasi agar cocok dengan karakteristik iklim di Indonesia. Metode ini dipilih karena mampu memberikan perkiraan yang lebih akurat terhadap kebutuhan air pada kondisi iklim tropis.

$$Eto = C (W \times (0,75 \times (Rs - Rn1) + (1 - W) \times f(u) \times (ae - ed))) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

C = Konstanta koreksi yang nilainya memperhitungkan variasi kondisi atmosfer.

W = Parameter yang dipengaruhi oleh temperatur (t) dan ketinggian lokasi (mbar)

Rs = Besaran yang menunjukkan intensitas radiasi gelombang pendek, yang biasanya dinyatakan dalam satuan (mm/detik)

Rn1 = Intensitas radiasi bersih gelombang panjang yang diterima permukaan bumi (mm/hari)

f(u) = bentuk persamaan matematis yang merepresentasikan kecepatan angin (m/detik)

ea = mengacu pada tekanan uap air aktual yang terdapat di atmosfer

ed = menunjukkan tekanan uap jenuh

Perhitungan Eto menggunakan rumus Penman yang sudah dimodifikasi yaitu sebagai berikut :

1. Mencari data temperature rata-rata bulanan (t, °C)
2. Setelah memperoleh nilai (t), tentukan besaran (ea), (w), (1-w), serta fungsi f(t).
3. Kumpulkan data kelembaban relatif (RH, %)
4. Berdasarkan nilai (ea) dan (RH), hitung tekanan uap jenuh (ed).
5. Dengan menggunakan konstanta (ed), tentukan nilai fungsi f(ed).

6. Identifikasi posisi lintang geografis dari wilayah yang menjadi objek kajian.
7. Gunakan informasi lintang geografis tersebut untuk menentukan nilai konstanta radiasi matahari luar atmosfer (R_a).
8. Peroleh data intensitas penyinaran matahari harian melalui rasio (n/N).
9. Berdasarkan nilai (R_a) dan (n/N), hitung besaran radiasi gelombang pendek (R_s).
10. Berdasarkan data intensitas radiasi matahari (n/N), tentukan faktor $f(u)$.
11. Dapatkan data rata-rata kecepatan angin bulanan (u).
12. Menggunakan nilai kecepatan angin (u), tentukan faktor $f(u)$.
13. Lakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai R_{n1} .
14. Tentukan nilai faktor koreksi (c).
15. Berdasarkan besaran nilai W , $(1-w)$, R_s , R_{n1} , $f(u)$, e_a , dan e_d yang telah di dapatkan hitung E_{to}
16. Hitung E_{to}

Untuk menghitung tekanan uap jenuh menggunakan rumus:

$$e_d = e_a \times RH \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan :

e_d = tekanan uap aktual

e_a = tekanan uap saturasi

RH = kelembaban udarah relatif (%)

Untuk menghitung fungsi kecepatan angin menggunakan rumus :

$$F(u) = 0,27 \left(1 + \frac{0,864}{u} \right) \times u \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin (m/detik)

u = kecepatan angin rata-rata (m/detik)

Untuk menghitung fungsi kecerahan menggunakan rumus :

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0,1 + \left(0,9 \times \frac{n}{N}\right) \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

$f\left(\frac{n}{N}\right)$ = fungsi kecerahan

n = durasi maksimum penyinaran matahari yang secara teoritis dapat terjadi dalam satu hari (jam)

N = durasi maksimum penyinaran matahari yang secara teoritis dapat terjadi dalam satu hari (jam)

Untuk menghitung fungsi tekanan uap, digunakan persamaan berikut::

$$f(ed) = 0,34 - (0,044 \times (ed)^{0,5}) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan:

$f(ed)$ = fungsi tekanan uap

ed = tekanan uap jenuh

Untuk menghitung radiasi bersih gelombang panjang (R_{n1}) menggunakan rumus:

$$R_{n1} = f(t) \times f(ed) \times f\left(\frac{n}{N}\right) \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:

$f(t)$ = fungsi suhu udara

$f(ed)$ = fungsi tekanan uap

$f\left(\frac{n}{N}\right)$ = fungsi kecerahan matahari

Untuk menghitung radiasi gelombang pendek menggunakan rumus:

$$R_s = (0,25 + 0,54 \times \frac{n}{N}) R_a \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan:

R_s = Besaran yang menunjukkan intensitas radiasi gelombang pendek (mm/hari)

N = (jam)

n = lama penyinaran matahari yang benar-benar terjadi dalam satu hari (jam)

2.7.9 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air bersih untuk di sawah adalah :

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan :

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

ET_c =Evaporasi tanaman (mm/hari)

P =Perkolasi (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

Re =Curah hujan efektif (mm/hari)

Tabel 2.5 Efisiensi Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi

Tipe saluran	Efisiensi (%)
Saluran Tersier	80%
Saluran Sekunder	90%
Saluran Primer	90%

(sumber : Buku Rekayasa Irigasi dan Bangunan Air)

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan:

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)

E = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.8 Perhitungan Debit Rencana

Debit rencana sebuah saluran dihitung dengan menggunakan rumus umum berikut :

$$Q = \frac{NFR \cdot A}{e} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

Q = Debit rencana, l/det

NFR = Kebutuhan air bersih (netto) air disawah, l/dt/ha

A = Luas daerah yang di aliri, Ha

e = Efisien irigasi secara keseluruhan

Tinggi jagaan minimum pada saluran primer dan sekunder ditetapkan berdasarkan besarnya debit rencana yang harus dilayani oleh saluran tersebut. Ketentuan tinggi jagaan ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6 Tinggi Jagaan (w)

Q (M³/dtk)	Tinggi Jagaan (freeboard, m)
<0,30	0,30
0,30 – 0,50	0,40
0,50 – 5,00	0,50
5,00 – 15,00	0,60
15,00 – 25,00	0,75
>25,00	1,00

(Sumber : Pedoman Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi)

2.9 Menentukan Kemiringan Saluran

Menentukan kemiringan saluran dengan menggunakan rumus

$$I = \left(\frac{V}{K \times R^{2/3}} \right)^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

I = kemiringan saluran

V = perhitungan kecepatan desain setelah F_d dihitung (m/det)

K = kekasaran dinding

R = jari-jari hidrolis (m)

a. Menghitung luas penampang (A)

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.20)$$

b. menentukan kedalaman aliran (h)

$$A = h^2 (m + n) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$h^2 = \frac{A}{(m+n)} \dots\dots\dots(2.22)$$

c. menentukan lebar dasar saluran (b)

$$b = n \times h \dots\dots\dots(2.23)$$

d. menghitung keliling basah (P)

$$P = h (n + 2\sqrt{1 + m^2}) \dots\dots\dots(2.24)$$

- e. Menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.25)$$

2.10 Perhitungan Dimensi Saluran

Untuk menentukan dimensi saluran irigasi yang umumnya memiliki penampang berbentuk trapezium, sudah dibuat ketentuan-ketentuan umum yang harus diikuti seperti pada langkah-langkah dalam menentukan saluran adalah :

Debit rencana sebuah saluran dihitung dengan rumus umum sebagai berikut :

$$Q = \frac{A \cdot NFR \cdot c}{e} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

- Q= Debit saluran (m³/det)
 A= Luas area yang dialiri(Ha)
 c= Koefisien lengkung kapasitas tegal/rotasi 1 untuk 50 ha <10000 ha
 e= Efisiensi saluran

Hitung kecepatan pengairan menggunakan rumus :

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{2/3} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

- V= kecepatan aliran (m/s)
 k= koefisien kekasaran strikler
 R= jari-jari hidrolik
 I= kemiringan saluran

Tabel 2.7 Koefisien Kekasaran Strickler (k) Untuk Saluran

Debit Rencana	k
M ³ /det	m ^{1/3} /det
Q > 10	45
5 < Q < 10	42,5
1 < Q < 5	40
Q < 1 dan saluran tersier	35

(Sumber : Kriteria Perencanaan (KP-03))

Hitung luas basah saluran dengan menggunakan rumus :

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

Q = debit air (m³/det)

V = kecepatan aliran

Hitung kedalaman air yang baru menggunakan rumus :

$$h_1 = \sqrt{\frac{A}{n+m}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:

h_1 = kedalaman air (m)

A = luas basah (m²)

n = perbandingan dasar saluran

m = kemirigan talud

Tabel dibawah ini menunjukan kemirigan talud (m) untuk saluran dengan tampang melintang berbentuk trapesium

Tabel 2.8 Kemirigan Talud (m)

Debit saluran (m ² /dtk)	m	
	Dengan lapisan pelindung	Tampa lapisan pelindung
<1,50	1,0	0,5
1,50 – 15,00	1,5	1,0
>15,00	2,0	1,5

(sumber: Pedoman kriteria perencanaan teknik irigasi)

Hitung lebar dasar saluran :

$$b = n \times h_1 \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

b = lebar dasar saluran

n = perbandingan lebar dasar saluran

h_1 = tinggi permukaan air

Tabel 2. 9 Perbandingan Lebar Dasar Saluran Dengan Kedalaman Air.

Q (m ³ /det)	b/h
<0,30	1
0,30 - 0,50	1,5
0,50 – 1,50	2
1,50 – 3,00	2,5

3,00 – 4,50	3
4,50 – 6,00	3,5
6,00 – 7,50	4
7,50 – 9,00	4,5
9,00 – 11,00	5
11,00 – 15,00	6
15,00 – 25,00	8
25,00 - 40,00	10
40,00 – 80,00	12

Sumber : *Buku rekayasa irigasi dan bangunan air*

Dimana :

n = perbandingan lebar dasar saluran dengan kedalaman air.

Hitung lebar permukaan dengan menggunakan rumus :

$$B = b + 2 m (h + w) \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

B = Lebar permukaan (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

M = Kemiringan talut

H = Tinggi permukaan air (m)

W = Tinggi jagaan