

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Irigasi dan Sistem Irigasi

Irigasi merupakan suatu proses untuk mengalirkan air dari suatu sumber air ke sistem pertanian. Secara garis besar irigasi adalah usaha pemenuhan kebutuhan air bagi tanaman agar tumbuh optimal. Irigasi dapat berasal dari beberapa sumber, yaitu air permukaan dan air tanah ataupun teknologi yang digunakan untuk mengalirkan air, seperti irigasi pompa. Fungsi utama irigasi adalah untuk menambah air atau lengas tanah ke dalam tanah untuk memasok kebutuhan air bagi pertumbuhan tanaman juga untuk menjamin ketersediaan air, menurunkan suhu tanah, pelarut garam dalam tanah, mengurangi kerusakan karena *forst*/jamur, dan melunakkan lapis keras tanah dalam pengelolaan tanah (Hansen,1992).

Sistem irigasi menurut Peraturan Pemerintah No 20 Tahun 2006 tentang Irigasi adalah prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi dan sumber daya manusia. Jadi, sistem irigasi dapat diartikan sebagai satu kesatuan yang tersusun dari berbagai komponen, menyangkut upaya penyediaan, pembagian, pengelolaan, dan pengaturan air dalam rangka meningkatkan produksi pertanian.

3.2 Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi

Operasi jaringan irigasi adalah kegiatan pengaturan air dan jaringan irigasi yang meliputi penyediaan, pembagian, penggunaan, dan pembuangannya, termasuk usaha maempertahankan kondisi jaringan irigasi agar tetap berfungsi dengan baik. Tujuan dari operasi jaringan irigasi adalah untuk membantu masyarakat pedesaan dalam melakukan pengembangan irigasi desa dengan pendekatan partisipatif, serta pemberdayaan masyarakat melalui perkumpulan petani pemakai air.

Sesuai dengan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Operasi dan Eksploitasi Jaringan Irigasi, operasi jaringan irigasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, merupakan upaya pengaturan air irigasi dan pembuangannya, termasuk kegiatan membuka menutup pintu bangunan irigasi, menyusun rencana tata tanam, menyusun sistem golongan, menyusun rencana pembagian air, melaksanakan kalibrasi pintu/bangunan, mengumpulkan

data, memantau, dan mengevaluasi. Tahapan kegiatan operasi jaringan irigasi adalah perencanaan, pelaksanaan, monitoring dan evaluasi. Kegiatan monitoring dan evaluasi meliputi monitoring pelaksanaan operasi, kalibrasi alat ukur dan monitoring kinerja daerah irigasi.

Eksplorasi dan pemeliharaan jaringan irigasi adalah serangkaian upaya pengaturan air irigasi termasuk pembuangannya dan upaya menjaga serta mengamankan jaringan irigasi agar selalu dapat berfungsi dengan baik. Rehabilitasi jaringan irigasi adalah kegiatan perbaikan jaringan irigasi guna mengembalikan fungsi dan pelayanan irigasi seperti semula.

3.3 Evaluasi Kinerja

Secara harfiah evaluasi berasal dari bahasa Inggris *evaluation* yang berarti penilaian atau penaksiran. Menurut kamus besar Bahasa Indonesia, evaluasi adalah proses penilaian yang sistematis mencakup pemberian nilai, atribut, apresiasi dan pengenalan permasalahan serta pemberian solusi-solusi atas permasalahan yang ditemukan.

Bernardin dan Russel dalam (Ruky, 2002) memberikan pengertian kinerja sebagai berikut: *“performance is defined as the record of outcomes produced on a specified job function or activity during time period”*. Prestasi atau kinerja adalah catatan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari fungsi-fungsi pekerjaan tertentu atau kegiatan selama kurun waktu tertentu. Pengertian kinerja lainnya dikemukakan oleh (Simanjuntak, 2005) yang mengemukakan kinerja adalah tingkat pencapaian hasil atas pelaksanaan tugas tertentu. Kinerja adalah tingkat pencapaian hasil dalam rangka mewujudkan suatu tujuan.

3.4 Penilaian Kinerja Sistem Irigasi

Menurut (Murtiningrum, 2005), kinerja sistem irigasi merupakan resultan dari kinerja manajemen dan kinerja fungsional fisik jaringannya. Sebagian besar cara evaluasi kinerja sistem irigasi menggunakan metode analisis kuantitatif namun prakteknya tidak semua aspeknya bisa dinilai secara kuantitatif, sehingga diperlukan cara lainnya untuk mengkuantifikasikan aspek kinerjanya. Salah satu cara untuk memecahkan masalah tersebut adalah menggunakan teori set keaburan untuk mengkuantifikasikannya.

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Operasi dan Eksploitasi Jaringan Irigasi, evaluasi kinerja jaringan irigasi dilakukan setiap tahun sesuai dengan daerah irigasi (DI) kewenangannya. Evaluasi dimaksudkan untuk mengetahui kondisi kinerja sistem irigasi. Adapun komponen-komponen yang dinilai kinerjanya adalah seperti yang akan dijelaskan dalam uraian berikut.

3.4.1 Kondisi Prasarana fisik

Prasarana fisik jaringan irigasi diperlukan untuk mengalirkan air dari sumber air (bendung, waduk, sungai) ke lahan-lahan yang memerlukan air atau area layanan irigasi. Sesuai dengan Permen PUPR No 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Operasi dan Eksploitasi Jaringan Irigasi, prasarana fisik jaringan irigasi terdiri dari bangunan utama, saluran pembawa, bangunan pengatur, dan bangunan pelengkap.

A. Bangunan Utama

Menurut (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010) bangunan utama (*head works*) dapat didefinisikan sebagai komplek bangunan yang direncanakan di dan sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bagian-bagian bangunan utama terdiri dari :

1. Bangunan Bendung.

Bangunan bendung adalah bagian dari bangunan utama yang dibangun di dalam air. Bangunan ini diperlukan untuk memungkinkan dibelokkannya air sungai ke jaringan irigasi, dengan jalan menaikkan muka air di sungai.

2. Bangunan Pengambilan.

Pengambilan adalah sebuah bangunan berupa pintu air. Air irigasi dibelokkan dari sungai melalui bangunan ini. Pertimbangan utama dalam merencanakan sebuah bangunan pengambilan adalah debit rencana pengelakan sedimen.

3. Bangunan Pembilas (penguras).

Bangunan pembilas adalah bangunan yang berfungsi untuk mencegah masuknya bahan sedimen kasar ke dalam jaringan saluran irigasi.

4. Kantong Lumpur.

Bangunan kantong lumpur adalah bangunan yang berfungsi untuk mengendapkan fraksi-fraksi sedimen yang lebih besar dari fraksi pasir halus tetapi masih termasuk pasir halus dengan diameter butir berukuran 0,088 mm.

5. Perkuatan Sungai.

Pembuatan bangunan perkuatan sungai khusus di sekitar bangunan utama untuk menjaga agar bangunan tetap berfungsi dengan baik, terdiri dari :

- a. Bangunan perkuatan sungai guna melindungi bangunan terhadap kerusakan akibat penggerusan dan sedimentasi. Pekerjaan-pekerjaan ini umumnya berupa krib, matras batu, pasangan batu kosong dan/atau dinding pengarah.
- b. Tanggul banjir untuk melindungi lahan yang berdekatan terhadap genangan akibat banjir.
- c. Saringan bongkah untuk melindungi pengambilan atau pembilas, agar bongkah tidak menyumbat bangunan selama terjadi banjir.
- d. Tanggul penutup untuk menutup bagian sungai lama atau, bila bangunan bendung dibuat di kopur, untuk mengelakkan sungai melalui bangunan tersebut.

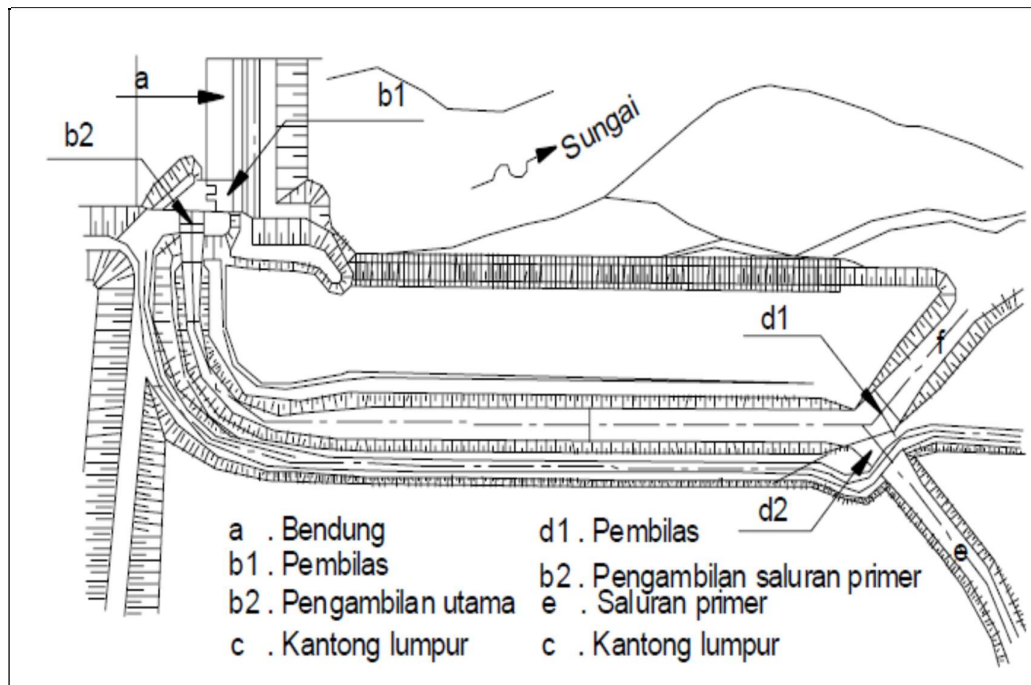
6. Bangunan-bangunan Pelengkap.

Bangunan-bangunan atau perlengkapan yang akan ditambahkan ke bangunan utama untuk keperluan :

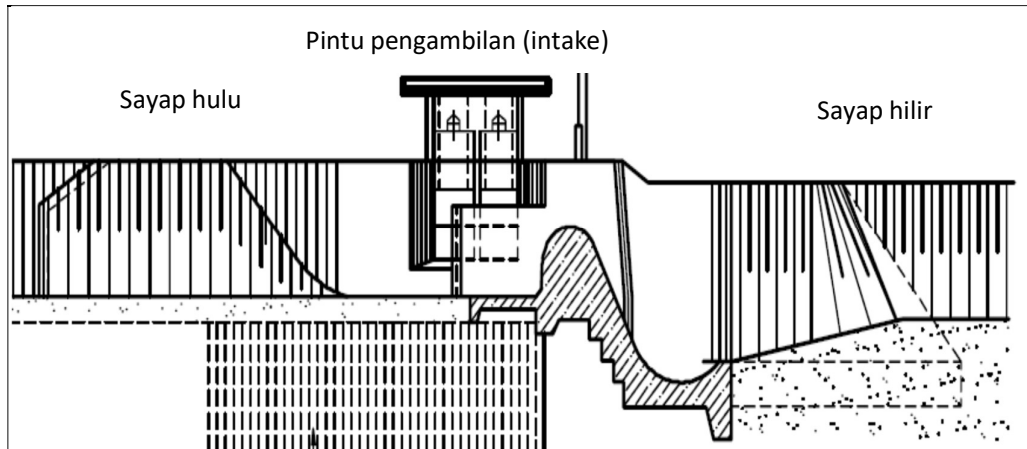
- a. Pengukuran debit dan muka air di sungai maupun di saluran.
- b. Rumah untuk operasi pintu.

- c. Peralatan komunikasi, tempat teduh serta perumahan untuk tenaga operasional, gudang dan ruang kerja untuk kegiatan operasional dan pemeliharaan;
- d. Jembatan di atas bendung, agar seluruh bagian bangunan utama mudah di jangkau, atau agar bagian-bagian itu terbuka untuk umum.
- e. Instalasi tenaga air mikro atau mini, tergantung pada hasil evaluasi ekonomi serta kemungkinan hidrolik. Instalasi ini bisa dibangun di dalam bangunan bendung atau di ujung kantong lumpur atau di awal saluran.
- f. Bangunan tangga ikan (*fish ladder*) diperlukan pada lokasi yang senyatanya perlu dijaga keseimbangan lingkungannya sehingga kehidupan biota tidak terganggu. Pada lokasi diluar pertimbangan tersebut tidak diperlukan tangga ikan.

Gambar denah bangunan utama ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.1 Denah Bangunan Utama dan Bendung (KP-01 Perencanaan, 2010)



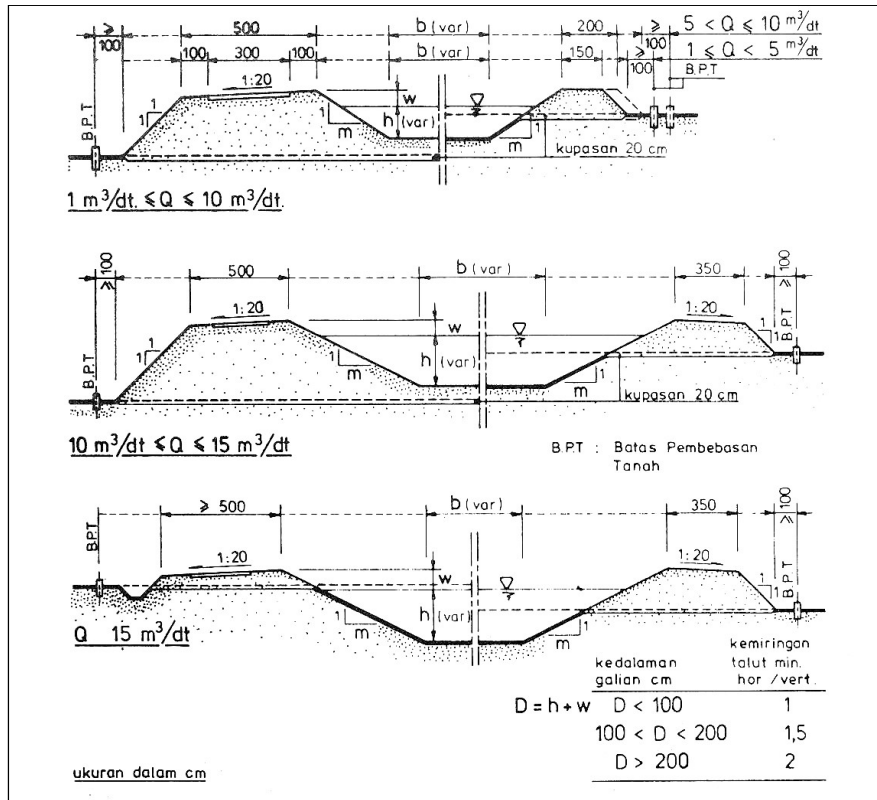
Gambar 3.2 Potongan Memanjang Bangunan Utama dan Bendung (KP-02 Bendung, 2010)

B. Saluran Pembawa

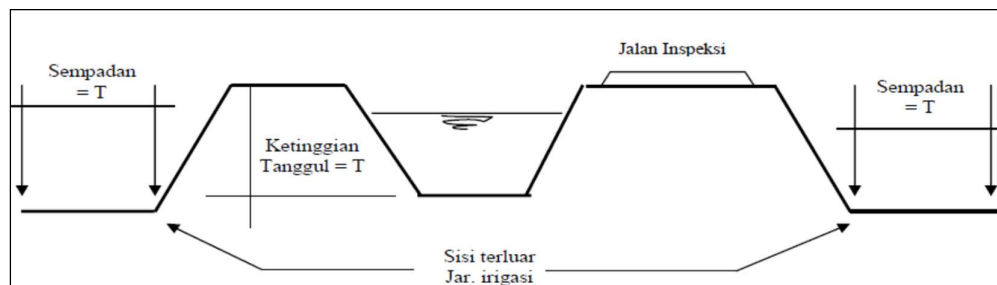
Saluran pembawa berfungsi mengalirkan air dari sumber air menuju petak sawah, meliputi:

1. Saluran primer yaitu saluran yang membawa air dari bangunan pengambilan sampai bangunan pengatur pertama (bangunan bagi atau bagi sadap atau sadap). Saluran ini biasanya dinamakan sesuai dengan daerah irigasi yang dilayani.
2. Saluran sekunder yaitu saluran yang membawa air dari bangunan pengatur pertama sampai bangunan pengatur terakhir. Saluran ini biasanya dinamakan sesuai dengan nama desa yang terletak pada petak sekunder tersebut.
3. Saluran tersier yaitu saluran yang membawa air dari bangunan sadap menuju petak tersier.
4. Saluran kuarter yaitu saluran yang membawa air dari boks tersier ke boks kuarter.

Gambar tipe-tipe dan potongan melintang saluran pembawa ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 berikut ini:



Gambar 3.3 Tipe-Tipe Potongan Melintang Saluran Irigasi (KP-03 Saluran, 2010)



Gambar 3.4 Potongan Melintang Saluran Irigasi (KP-03 Saluran, 2010)

C. Bangunan Pelengkap

Dalam saluran terbuka, ada berbagai bangunan yang digunakan untuk membawa air dari satu ruas hulu ke ruas hilir. Bangunan-bangunan ini bisa dibagi menjadi dua kelompok sesuai jenis aliran hidrolisnya, yaitu : (i) Bangunan-bangunan dengan aliran subkritis, dan (ii) Bangunan-bangunan dengan aliran superkritis. Contoh untuk kelompok bangunan pertama adalah gorong-gorong, flum, talang, dan

sipon. Contoh untuk kelompok kedua adalah bangunan-bangunan pengukur dan pengatur debit, bangunan terjun serta got miring (Anonim KP 04, 2010).

Pada jaringan irigasi terdapat bangunan-bangunan pelengkap yang terdiri dari tanggul-tanggul untuk melindungi daerah irigasi dari banjir, kisi-sisi penyaring untuk menyegah tersumbatnya bangunan (pada sipon/gorong-gorong), jembatan dan jalan penghubung dari desa untuk keperluan penduduk. Selain bangunan utama dan pelengkap terdapat bangunan pengontrol yang terdiri dari bangunan bagi sadap, bangunan terjun, talang, got miring, sipon, peninggi muka air, bangunan pembuang dan jalan inspeksi. (Sutrisno dan Chayati, 2013).

3.4.2 Sarana Penunjang Operasi dan Pemeliharaan (O&P)

Sarana penunjang operasi dan pemeliharaan adalah peralatan-peralatan yang digunakan untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan, meliputi :

1. Peralatan Operasi dan Pemeliharaan

Peralatan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi meliputi alat dasar untuk pemeliharaan rutin (cangkul, sabit dll), perlengkapan operasi (sepatu boot, lampu senter dll) serta peralatan berat untuk membersihkan lumpur dan memelihara tanggul (*backhoe, bulldozer* dll).

2. Alat transportasi

Alat transportasi meliputi perlengkapan transportasi kegiatan operasi dan pemeliharaan (sepeda, sepeda motor) untuk petugas pengairan.

3. Alat-alat kantor pelaksana Operasi dan Pemeliharaan

Alat-alat kantor pelaksana operasi dan pemeliharaan irigasi meliputi jumlah dan kondisi perabot alat-alat kantor (meja, kursi, almari arsip, rak arsip, dll) untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan.

4. Alat komunikasi

Alat komunikasi meliputi peralatan komunikasi (telepon, *radio talky walky*) di kantor balai, perwakilan balai, dan juru/mantri untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

3.4.3 Produktivitas Tanam

Produktifitas tanam dipengaruhi oleh kondisi-kondisi seperti berikut ini :

1. Faktor K

Faktor pemenuhan kebutuhan air atau faktor K adalah perbandingan debit air yang tersedia untuk irigasi dengan kebutuhan air untuk keperluan irigasi. Kinerja sistem irigasi yang baik adalah bila bisa memenuhi kebutuhan air, dengan kata lain faktor $K = 1$. (Kunaifi, A.A., 2010).

2. Indek Pertanaman

Adalah persentase realisasi luas tanam dalam satu tahun atau tiga kali musim tanam dengan luas baku lahan yang ditanami.

3. Produktivitas tanam

Produktivitas adalah jumlah hasil panen yang didapat dalam satu musim tanam dibandingkan dengan luas lahan yang ditanami.

3.4.4 Organisasi Personalia

Menurut Sebayang et al (2014) manajemen kelembagaan meliputi elemen-elemen yang terkait dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan sistem irigasi serta tugas yang dimiliki. Kodisi organisasi personalia dapat diukur menggunakan kebutuhan dan kopetensi petugas seperti Tabel 3.1 dan 3.2 berikut ini :

Tabel 3.1 Kebutuhan tenaga pelaksana O&P

No	Jabatan	Kebutuhan
1	Kepala ranting/ pengamat / UPTD /cabang dinas/korwil	1 orang + 5 staff per 5000-7500 Ha
2	Juru/Mantri pengairan	1 orang per 750-1500 Ha
3	Petugas Operasi Bendung	1 orang per bendung, dapat ditambah beberapa pekerja untuk bendung besar

4	Petugas Pintu Air	1 orang per 3-5 bangunan sadap dan bangunan bagi pada saluran berjarak 2-3 km atau daerah layanan 150-500 Ha
5	Pekerja/Pekarya Saluran	1 orang per 2-3 km panjang saluran

Sumber : Permen PUPR, 2015

Tabel 3.2 Kompetensi petugas O&P

No	Jabatan	Kompetensi	Pendidikan Minimal	Fasilitas
1	Kepala ranting/ pengamat / UPTD /cabang dinas/korwil	Mampu melaksanakan tupoksi untuk areal irigasi 5000-7500 Ha	Sarjana Muda/D III Teknik Sipil	Mobil pick up, rumah dinas dan alat komunikasi
2	Juru/Mantri pengairan	Mampu melaksanakan tupoksi untuk areal irigasi 750-1500 Ha	STM Bangunan	Sepeda motor dan alat komunikasi
3	Petugas Operasi Bendung	Mampu melaksanakan tupoksi	ST, SMP	Sepeda dan alat komunikasi
4	Petugas Pintu Air	Mampu melaksanakan tupoksi	ST, SMP	Sepeda dan alat komunikasi
5	Pekerja/Pekarya Saluran	Mampu melaksanakan tupoksi	SD	Alat kerja pokok

Sumber : Permen PUPR, 2015

3.4.5 Dokumentasi

Dokumentasi tentang daerah irigasi yang menjadi kewenangan pengelola irigasi sangat diperlukan sebagai arsip data untuk operasi dan pemeliharaan. Adapun dokumentasi tersebut meliputi :

1. Buku data daerah irigasi.

Buku data daerah irigasi berisi data-data teknis daerah irigasi yang menjadi kewenangan pengelola irigasi. Data-data teknis tersebut meliputi luas daerah irigasi, panjang saluran, jumlah bangunan, laporan-laporan hasil inventarisasi kondisi bangunan dan saluran, dan data-data pencatatan debit.

2. Peta dan gambar-gambar.

Peta dan gambar-gambar meliputi peta daerah irigasi, gambar-gambar pelaksanaan, gambar skema bangunan dan jaringan irigasi dan skema pelaksanaan pekerjaan operasi dan pemeliharaan..

3.4.6 Perkumpulan Petani Pengguna Air (P3A)

Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) merupakan bagian yang penting dalam pengelolaan daerah irigasi, karena P3A tersebut yang akan memanfaatkan secara langsung. Adapaun kondisi P3A yang dinilai adalah sebagai berikut :

1. Kondisi status badan hukum Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)/Gabungan Petani Pemakai Air (GP3A)/Induk Perkumpulan Petani Pemakai Air (IP3A). Status badan hukum meliputi prosentase proses pengajuan dan kelengkapan P3A/GP3A/IP3A yang belum berbadan hukum.

2. Kondisi kelembagaan Gabungan Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A/GP3A/IP3A)

Kondisi kelembagaan meliputi prosentase kondisi kelembagaan P3A/GP3A/IP3A ditinjau dari Anggaran Dasar (AD)/Anggaran Rumah Tangga (ART), surat perjanjian Kerjasama Operasi (KSO), buku keuangan dll sehingga termasuk kriteria status berkembang, sedang berkembang atau belum berkembang.

3. Rapat Ulu-ulu/P3A desa/GP3A dengan pengamat/ranting

Frekuensi Rapat GP3A/P3A dengan ranting/pengamat/UPTD meliputi prosentase frekuensi pertemuan dan keaktifan anggota antara GP3A / Ulu-ulu P3A Desa dengan pengamat/ranting.

4. Keikutsertaan P3A

Keikutsertaan P3A mulai dari :

a. Proses perencanaan (penelusuran jaringan irigasi, perencanaan pola tata tanam dan alokasi air dll).

b. Pelaksanaan pekerjaan (perbaikan jaringan irigasi dan penanganan bencana alam).

c. Pengawasan pekerjaan.

d. Monitoring dan evaluasi.

3.5 Bobot Penilaian Kinerja Sistem Irigasi

Sesuai dengan Peraturan Menteri PUPR No 12/PRT/M/2015 penilaian kinerja jaringan irigasi dilakukan dengan menilai 6 (enam) aspek kinerja yaitu :

1. Aspek Prasarana Fisik,
2. Aspek Produktivitas Tanam,
3. Aspek Sarana Penunjang,
4. Aspek Organisasi Personalia,
5. Aspek Dokumentasi,
6. Aspek Perkumpulan Petani Pengguna Air.

Setiap aspek penilaian memiliki bobot masing-masing yang telah ditentukan pada lampiran peraturan tersebut. Bobot penilaian atau indeks kondisi maksimum untuk masing-masing aspek adalah seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3.3 Bobot maksimum penilaian kinerja pada masing-masing aspek

No	Kriteria Penilaian	Indek Kondisi Maksimum (%)
I.	Prasarana Fisik	45
1.	Bangunan utama	13
2.	Saluran pembawa	10
3.	Bangunan pada saluran pembawa	9
4.	Saluran pembuang dan bangunannya	4
5.	Jalan masuk / inspeksi.	4
6.	Kantor, perumahan dan gudang.	5
II	Produktifitas Tanam	15
1.	Pemenuhan kebutuhan air	9
2.	Realisasi luas tanam	4
3.	Produktivitas padi	2
III	Sarana Penunjang	10
1.	Peralatan O&P.	4
2.	Transportasi	2

No	Kriteria Penilaian	Indek Kondisi Maksimum (%)
3.	Alat-alat kantor Ranting/Pengamat/UPTD	2
4.	Alat Komunikasi	2
IV	Organisasi Personalia	15
1.	Organisasi O&P telah disusun dengan batasan-batasan tanggungjawab dan tugas yang jelas	5
2.	Personalia	10
V	Dokumentasi	5
1.	Buku Data Daerah Irigasi	2
2.	Peta dan gambar-gambar	3
VI	Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)	10
1.	GP3A / IP3A sudah berbadan hukum	1,5
2.	Kondisi Kelembagaan GP3A / IP3A	0,5
3.	Rapat Ulu Ulu / P3A Desa / GP3A dengan	2
4.	P3A aktif mengikuti survei/penelusuran jaringan.	1
5.	Partisipasi P3A dalam perbaikan jaringan dan	2
6.	Iuran P3A digunakan untuk perbaikan jaringan	2
7.	Partisipasi P3A dalam perencanaan Tata Tanam	1
Jumlah		100

Nilai hasil perhitungan kinerja irigasi pada masing-masing aspek kemudian di jumlahkan, hasil penilaian tersebut adalah indeks kondisi kinerja jaringan irigasi.

Hasil indeks kinerja sistem irigasi sebagai berikut :

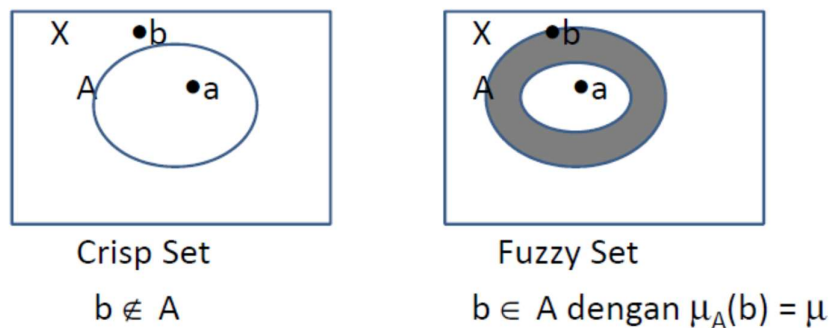
1. 80-100 : kinerja sangat baik
2. 70-79 : kinerja baik
3. 55-69 : kinerja kurang dan perlu perhatian
4. <55 : kinerja jelek dan perlu perhatian

Untuk menilai kondisi pada masing-masing aspek jaringan irigasi menggunakan acuan kriteria penilaian kinerja jaringan irigasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dapat dilihat pada lampiran.

3.6 Penilaian Kinerja Sistem Irigasi dengan *Fuzzy set Theory*

Belman dan Zadeh (1973) merupakan orang pertama yang mempelajari problem pengambilan keputusan di bawah lingkungan kabur (*fuzzy*) dan mereka mengawali penyelesaian problem pengambilan keputusan dengan pendekatan *fuzzy multicriteria*. Menurut Aouam dalam (Rochman, 2006) pengambilan keputusan dalam struktur informasi yang tidak pasti dan kabur kurang tepat bila menggunakan metode matematis yang bersifat *crisp* (tegas), namun diselesaikan dengan model yang menggabungkan teori himpunan *fuzzy* dan unsur-unsur subyektivitas disebabkan ambiguitas untuk mendapatkan pendekatan keputusan yang lebih tepat dan fleksibel.

Analisa matematika dengan teori set kekaburan (*fuzzy set theory*) diperlukan untuk mengkuantifikasi tolak ukur kinerja irigasi yang tidak seluruhnya bersifat kuantitatif. Karena persoalan-persoalan yang berkaitan dengan kinerja seluruh sistem irigasi seringkali bersifat kabur dan tidak dapat digolongkan dengan pasti, maka teori set kekaburan secara relatif akan dapat dipakai untuk menempatkan persoalan-persoalan tersebut berdasarkan pada kondisi pengamatan. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dan mampu memodelkan fungsi non linear yang kompleks.



Gambar 3.5 Perbandingan *Crisp Set* dan *Fuzzy Set*

Menurut Cox dalam Kusumadewi 2010, beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy* antara lain :

1. Konsep logika *fuzzy* menggunakan konsep matematis yang mendasari penalaran sehingga mudah dimengerti,
2. Logika *fuzzy* bersifat fleksibel, mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahannya.
3. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami, menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

3.6.1 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang ditulis dengan $\mu(x)$ memiliki dua kemungkinan yaitu satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan atau, nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Adapun pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu(x)=0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu(x)=1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Seperti contoh dalam Gambar 3.5, pada himpunan tegas, $b \notin A$ berarti b bukan anggota himpunan A , sedangkan pada himpunan *fuzzy*, $b \in A$ dengan $\mu(b)=\mu$ yang berarti b termasuk anggota himpunan A dengan nilai keanggotaan sebesar μ . Himpunan *fuzzy* memiliki 2 (dua) atribut yaitu :

- a. *Linguistik*, yaitu penamaan grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
- b. *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

3.6.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Kusumadewi, 2010).

Menurut Medaglia, Fang, et al 2002 “*Membership function can be constructed from data that be elicited by interacting eith experts using direct and indirect method.....*” artinya fungsi keanggotaan dapat dibuat dari data yang diperoleh melalui interaksi dengan ahli dengan metode langsung dan tidak langsung. Ada beberapa metode dapat yang digunakan antara lain (Cornelissen, 2002) :

1. *Point Estimation*
2. *Direct Rating*
3. *Interval Estimation*

3.6.3 Operasional Himpunan

Ada beberapa operasi yang didefinisikan untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Ada 3 (tiga) operator dasar yang yang diciptakan oleh Zadeh yaitu:

1. *Operator AND*

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

2. *Operator OR*

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

3. *Operator NOT*

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x)$$

3.6.4 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu menentukan derajat keanggotaan dari variabel masukan (*input*). Menurut Mataram 2010, definisi *fuzzifikasi* adalah membuat fungsi keanggotaan masing-masing variabel *fuzzy* serta membangkitkan nilai keanggotaan input tegas, dengan cara memetakan input tegas yang ada pada domain himpunan *fuzzy* melalui fungsi keanggotaannya menuju ke nilai keanggotaannya sehingga didapatkan nilai keanggotaan antara interval 0-1

3.6.5 Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)

Menurut Wang dalam (Mataram, 2010) Aturan *fuzzy* memegang peranan penting dalam sistem *fuzzy*, dengan aturan *fuzzy* inilah segala pengetahuan dan pengalaman manusia dapat direpresentasikan melalui sebuah bahasa alami yang disebut aturan *IF-THEN*. Logika *fuzzy* bekerja berdasar aturan-aturan yang dinyatakan dalam bentuk pernyataan *IF-THEN*. Secara umum, *IF-THEN rule* adalah sebuah sistem yang memerlukan input dan menghasilkan *output* (Naba, 2009). Bentuk umum dari aturan yang digunakan adalah:

IF x is A THEN y is B

Dimana A dan B adalah himpunan *fuzzy* yang didefinisikan dalam rentang variabel x dan y. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut *anteseden*, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut *konsekuen*. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

IF (x1 is A1) o (x2 is A2) o (x3 is A3) . o (xn is An) THEN y is B (3.1)

Keterangan:

o : operator *OR* atau *AND*

n : jumlah variabel dan himpunan *fuzzy* (1,2,3...n)

A : himpunan *fuzzy*

x : variabel *input*

3.6.6 Defuzzyfikasi

Defuzzifikasi adalah kebalikan dari proses *fuzzifikasi*, dimana masukannya berupa *fuzzy set* dan keluarannya adalah sebuah bilangan tunggal untuk dimasukkan ke variabel *output Fuzzy Inference System (FIS)*. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Model *defuzzifikasi* pada model Sugeno dilakukan dengan cara mencari rata-ratanya (*weight average/wtaver*):

$$\text{Final Output} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (3.2)$$

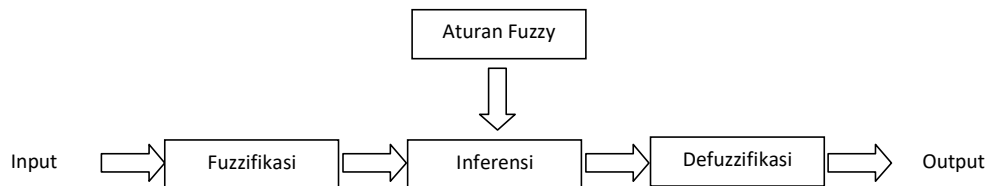
Keterangan :

w_i : α -predikat ke i

z_i : output ke i
 N : jumlah aturan fuzzy

3.6.7 Fuzzy Inference System (FIS)

FIS adalah bagian dari logika *fuzzy* yang memiliki definisi proses pemetaan variabel *input* ke dalam variabel *output* dengan menggunakan logika dan aturan *fuzzy*. FIS mengevaluasi semua aturan *fuzzy* secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan (Naba, 2009). Struktur FIS terdiri dari variabel *input*, *fuzzifikasi*, aturan *fuzzy*, variabel *output* dan *defuzzifikasi* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Proses Fuzzy Inference System (FIS)

3.6.8 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Sistem (ANFIS)

ANFIS adalah penggabungan mekanisme *FIS* yang digambarkan dalam arsitektur jaringan saraf. Keunggulan *FIS* adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menentukan fungsi keanggotaannya. Oleh sebab itu diperlukan teknik pembelajaran dari jaringan saraf tiruan untuk mengotomatisasi proses tersebut sehingga dapat mengefektifkan waktu pencarian.

ANFIS menggunakan sistem *fuzzy* Sugeno untuk mengambil keputusan berdasarkan aturan *fuzzy if-then* dan fakta yang ada (Kuncahyo dkk, 2012). Dalam analisisnya, *ANFIS* menggunakan algoritma hibrida yang menggabungkan 2 (dua) algoritma pembelajaran dalam sebuah jaringan *ANFIS* menggunakan metode *Least Square Estimator (LSE)* dan *Error Backpropagation (EBP)*.

3.7 Uji Hipotesis

Uji hipotesis adalah prosedur pengujian hipotesis tentang suatu parameter populasi menggunakan informasi dari sampel dan teori probabilitas untuk menentukan apakah hipotesis tersebut secara statistik diterima atau ditolak. Ada tiga bentuk hipotesis yaitu sebagai berikut:

1. Bentuk uji hipotesis dua sisi (*two tailed*) dengan hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (3.3)$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (3.4)$$

2. Bentuk uji hipotesis satu sisi (*one tailed*) untuk sisi atas dengan hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 \quad (3.5)$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad (3.6)$$

3. Bentuk uji hipotesis satu sisi (*one tailed*) untuk sisi bawah dengan hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2 \quad (3.7)$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2 \quad (3.8)$$

Keterangan :

H_0 : Hipotesis nol yaitu sebagai pernyataan yang akan diuji

H_1 : Hipotesis alternatif yaitu lawan dari hipotesis nol

μ_1 : Rata-rata populasi satu

μ_2 : Rata-rata populasi dua

Salah satu cara uji hipotesis adalah dengan pengujian terhadap nilai rata-rata. Uji beda rata-rata dua populasi digunakan untuk membedakan rata-rata dua populasi. Perhitungan uji t menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1 + (n_2-1)S_2}{(n_1+n_2-1)} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}} \quad (3.9)$$

Keterangan :

$\bar{x}$: rata-rata sampel 1

$\bar{y}$: rata-rata sampel 2

S_1 : standar deviasi sampel 1

S_2 : standar deviasi sampel 2

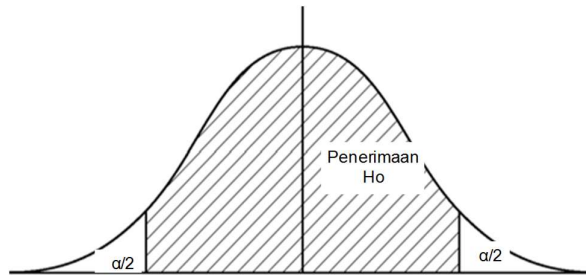
n : jumlah data

Kriteria pengujian :

H_0 diterima jika $t_{hitung} < t_{\alpha/2}$

H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{\alpha/2}$

Nilai t_{α} didapatkan dari tabel, dengan taraf nyata (*significant level*) (α) yang telah ditentukan. Taraf nyata (α) adalah besarnya toleransi dalam menerima kesalahan hasil hipotesis terhadap parameter populasinya. Daerah penerimaan dan penolakan H_0 ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Daerah Penerimaan dan Penolakan H_0