

# EVALUASI KINERJA SISTEM IRIGASI DAERAH IRIGASI VAN DER WIJCK DENGAN MENGGUNAKAN *FUZZY SET THEORY*

Moh Nugroho<sup>1</sup>, Ruzardi<sup>2</sup>, Lalu Makrup<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia  
Email : moeh.noegroho@gmail.com

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Magister Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia

**Abstrak:** Penilaian kinerja jaringan irigasi adalah salah satu bagian dari pengelolaan irigasi. Penilaian kinerja dilakukan oleh pengelola irigasi digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan yang akan diambil untuk daerah irigasi yang dinilai. Penilaian kinerja dilakukan pada 6 (enam) aspek jaringan irigasi yaitu, aspek prasarana fisik, aspek produktivitas tanaman, aspek sarana penunjang operasi dan pemeliharaan (O&P), aspek organisasi personalia, aspek dokumentasi dan aspek organisasi perkumpulan petani pemakai air (P3A). Penilaian kinerja pada beberapa aspek, saat ini masih bergantung pada pengalaman petugas atau pengamat lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja jaringan irigasi dengan menggunakan teori himpunan *fuzzy* untuk mengurangi subyektivitas dengan metode yang digunakan oleh balai yang didasarkan pada Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. Data input yang digunakan adalah data sekunder hasil penilaian kinerja jaringan irigasi pada Daerah Irigasi Van Der Wijck tahun 2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan analisa *fuzzy* terhadap nilai kinerja jaringan irigasi pada Daerah Irigasi Van Der Wijck adalah 75,91%, sedangkan penilaian kinerja jaringan irigasi yang dilakukan BBWS Serayu Opak adalah 78.95%. Selisih perbandingan penilaian menggunakan *fuzzy* dan manual balai yaitu 3.04%. Berdasarkan uji t, penilaian *fuzzy* tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan dibandingkan penilaian manual.

**Keyword:** Kinerja Jaringan Irigasi, Teori Himpunan *Fuzzy*, DI Van Der Wijck

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris di mana pertanian merupakan salah satu prioritas pembangunan yang berperan penting dalam menunjang kesejahteraan masyarakat dan bangsa Indonesia. Hal ini diwujudkan dengan program pemerintah melalui swasembada beras dan untuk mendukung ketahanan pangan. Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian

Daerah Irigasi Van der Wijck dengan luas layanan total sekitar 3.462 ha melintasi Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul termasuk bagian dari Sistem Irigasi Mataram I yang memperoleh air irigasi dari Saluran Induk Karangtalun. Pada saat ini areal Daerah Irigasi Van Der Wijck belum bisa memperoleh air irigasi secara merata dalam arti jumlah yang cukup dan waktu

yang tepat. Hal ini disebabkan antara lain kondisi jaringan irigasi mengalami penurunan kapasitas. Penurunan kapasitas dapat berupa terjadinya sedimentasi di dasar saluran dan kondisi bangunan yang rusak serta alat ukur debit tidak berfungsi normal. Permasalahan umum yang ada pada Daerah Irigasi Van Der Wijck adalah :

- a. Pengambilan/corongan liar ke sawah maupun untuk perikanan,
- b. Beberapa pasangan talud keropos,
- c. Rembesan/bocoran di saluran,
- d. Sedimentasi di saluran dan bangunan,
- e. Kerusakan pada pintu – pintu sadap,
- f. Operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi tidak berjalan dengan baik khususnya di tingkat petani pemakai air (P3A).

Evaluasi kinerja sistem irigasi dimaksudkan untuk mengetahui kondisi kinerja sistem irigasi yang meliputi prasarana fisik, sarana penunjang, organisasi

personalia, produktivitas tanaman, dokumentasi dan petani pengguna air. Kegiatan ini penting dilakukan untuk memantau fungsi dan kinerja seluruh aspek sistem irigasi. Penilaian yang dilakukan selama ini sebagian besar masih bergantung pada pengalaman petugas lapangan sehingga dapat menimbulkan perbedaan akibat sifat subyektivitas penilaian.

Implementasi penilaian yang biasa dilakukan saat ini memungkinkan petugas lapangan untuk melakukan inspeksi visual yang. Pada inspeksi visual inilah muncul kemungkinan ketidakteelitian dan subyektivitas penilaian yang dapat berakibat ketidaktepatan informasi.

Keadaan inilah yang melatarbelakangi penggunaan konsep *fuzzy* dalam penelitian ini. Dengan konsep ini, seseorang dapat menyatakan tingkat kebenaran yang diwakili oleh gradasi keanggotaan. Konsep *fuzzy* mengakomodasi sebagian kebenaran dimana suatu nilai dapat berada diantara 2 (dua) kriteria penilaian.

Untuk membantu mengkuantifikasi ketidakpastian dalam penilaian oleh petugas lapangan, maka dalam penelitian ini akan digunakan teori himpunan kekaburan (*fuzzy set theory*). Teori ini dapat digunakan untuk memodelkan penilaian kondisi sistem irigasi sekaligus memperhitungkan ketidakpastian dalam penilaian. Teori ini juga dapat digunakan untuk mengolah informasi yang kurang tepat dan memiliki kebenaran parsial, serta obyek yang dinilai mempunyai ketidakpastian karena estimasi subyektif pada data dengan menggunakan rentang nilai.

Pada evaluasi kinerja sistem irigasi diperlukan adanya aspek kinerja yang digunakan sebagai dasar penilaian kinerja. Metode penilaian kinerja yang digunakan di BBWS Serayu Opak adalah metode manual balai yang didasarkan pada aspek kinerja sesuai Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi yaitu ada 6 (enam) aspek berupa prasarana fisik, produktivitas tanam, sarana penunjang operasi pemeliharaan (OP), organisasi personalia, dokumentasi dan kondisi Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A). Penilaian aspek kinerja secara manual balai

selama ini menggunakan metode kuantitatif, padahal tidak semua dapat dinilai secara kuantitatif, sehingga salah satu cara mengkuantifikasikannya menggunakan metode *fuzzy set theory*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini nilai kinerja sistem irigasi dengan metode manual balai akan dibandingkan dengan metode *fuzzy set theory*.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menghitung dan menganalisa kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan metode manual BBWS Serayu Opak,
2. Menghitung dan menganalisa kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan metode *fuzzy set theory*,
3. Membandingkan kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan metode manual BBWS Serayu Opak dan dengan metode *fuzzy set theory*.

## 1.3. Batasan Penelitian

Untuk memberikan arahan yang jelas dalam penelitian ini, maka ruang lingkup penelitian yang akan ditinjau dibatasi pada aspek kinerja sistem irigasi berdasarkan pada Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi yaitu ada 6 (enam) aspek berupa prasarana fisik, produktivitas tanam, sarana penunjang operasi pemeliharaan (OP), organisasi personalia, dokumentasi dan kondisi Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A). Sedangkan data kinerja Daerah Irigasi Van Der Wijck diambil pada tahun 2017.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1. 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, kelembagan 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.

## **2.2. 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 masyarakatan 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.

## **2.3. 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.

## **2.4. 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 kekaburan untuk mengkuantifikasikannya.

Berdasarkan Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Pedoman Operasi dan Eksploitasi Jaringan Irigasi, evaluasi kinerja jaringan irigasi dilakukan setiap satu tahun sekali sesuai dengan daerah irigasi

(DI) kewenangannya. Evaluasi dimaksudkan untuk mengetahui kondisi kinerja sistem irigasi.

## 2.5. Bobot Penilaian Kinerja Sistem Irigasi

Sesuai dengan Permen 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 (P3A).

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 1.** Bobot Penilaian Kinerja Irigasi

No	Kriteria Penilaian	Indek Kondisi Maksimum (%)
<b>I.</b>	<b>Prasarana Fisik</b>	<b>45</b>
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
<b>II</b>	<b>Produktifitas Tanam</b>	<b>15</b>
1.	Pemenuhan kebutuhan air	9
2.	Realisasi luas tanam	4
3.	Produktivitas padi	2
<b>III</b>	<b>Sarana Penunjang</b>	<b>10</b>
1.	Peralatan O&P.	4
2.	Transportasi	2
3.	Alat-alat kantor Ranting/Pengamat/UPTD	2
4.	Alat Komunikasi	2
<b>IV</b>	<b>Organisasi Personalia</b>	<b>15</b>
1.	Organisasi O&P telah disusun dengan batasan-batasan tanggungjawab dan tugas yang jelas	5
2.	Personalia	10
<b>V</b>	<b>Dokumentasi</b>	<b>5</b>
1.	Buku Data Daerah Irigasi	2
2.	Peta dan gambar-gambar	3
<b>VI</b>	<b>Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)</b>	<b>10</b>
1.	GP3A / IP3A sudah berbadan hukum	1,5
2.	Kondisi Kelembagaan GP3A / IP3A	0,5
3.	Rapat Ulu Ulu / P3A Desa / GP3A dengan P3A aktif mengikuti survei/penelusuran jaringan.	2
4.	Partisipasi P3A dalam perbaikan jaringan dan	1
5.	Iuran P3A digunakan untuk perbaikan jaringan	2
6.	Partisipasi P3A dalam perencanaan Tata Tanam	1
	<b>Jumlah</b>	<b>100</b>

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

## 2.6. 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.

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.
- Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami, menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

### 2.7. 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.

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.

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 1} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (1)$$

Keterangan :

- $\bar{x}$  : rata-rata sampel 1
- $\bar{y}$  : rata-rata sampel 2
- S1 : standar deviasi sampel 1
- S2 : standar deviasi sampel 2
- n : jumlah data

Kriteria pengujian :

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

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

Nilai  $t_{\alpha}$  didapatkan dari tabel, dengan taraf nyata (*significant level*) ( $\alpha$ ) yang telah ditentukan. Taraf nyata ( $\alpha$ ) adalah besarnya toleransi dalam menerima kesalahan hasil hipotesis terhadap parameter populasinya.

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan luas areal 3.462 Ha. Kewenangan pengelolaan daerah irigasi ini adalah BBWS Serayu Opak. Secara administratif Daerah Irigasi Van Der Wijck terletak di Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

### 3.2 Pengumpulan Data

- Data primer :

Data primer adalah data penilaian derajat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari kuisioner. Responden kuisioner ini adalah

Kasatker Operasi dan Pemeliharaan Sumber Daya Air, PPK Operasi dan Pemeliharaan Sumber Daya Air dan Koordinator Teknik Satker Operasi dan Pemeliharaan Sumber Daya Air

- Data sekunder :

Data sekunder berasal dari data kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dari BBWS Serayu Opak tahun 2017.

### 3.3 Penilaian Kinerja Irigasi Menggunakan Indek Kinerja Sistem Irigasi

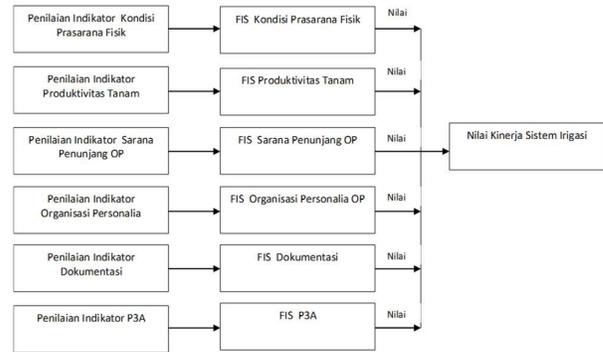
Penilaian kinerja irigasi dengan menggunakan indek kinerja sistem irigasi sesuai dengan Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. Penilaian kinerja dengan melakukan pengamatan terhadap kondisi lapangan terhadap aspek kinerja yang dinilai meliputi 6 (enam) aspek

- Aspek Prasarana Fisik,
- Aspek Produktivitas Tanam,
- Aspek Sarana Penunjang,
- Aspek Organisasi Personalia,
- Aspek Dokumentasi,
- Aspek Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)

**Tabel 2.** Tabel Penilaian Kinerja Irigasi

Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Bagian (%)	Indeks Kondisi	
			Yang ada (%)	Maksimum (%)
1	2	3	4	5
<b>I. PRASARANA FISIK</b>				<b>45</b>
1 Bangunan Utama				13
1.1. Bendung		100		5
a. Mercu		20		1
b. Sayap		15		0.75
c. Lantai Bendung		20		1
d. Tanggul Penutup		20		1
e. Jembatan		5		0.25
f. Papan Operasi		10		0.5
g. Mistar Ukur		5		0.25
h. Pagar Pengaman		5		0.25
1.2. Pintu-pintu Bendung dan roda gigi dapat dioperasikan.		100		8
a. Pintu Pengambilan		55		4.4
b. Pintu Penguras Bendung		45		3.6
1.3. Kantong Lumpur & Pintu Pengurasnya.		100		0
a. Bangunan Kantong Lumpur baik		35		0
b. Kantong Lumpur telah di bersihkan		30		0
c. Pintu Penguras & Roda gigi Kantong Lumpur dapat dioperasikan.		35		0
2 Saluran Pembawa		100		10
2.1. Kapasitas tiap saluran cukup untuk membawa debit kebutuhan / Rencana		50		5
2.2. Tinggi tanggul cukup untuk menghindari limpahan setiap saat selama pengoperasian.		20		2
2.3. Semua perbaikan saluran telah selesai.		30		3

Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Bagian (%)	Indeks Kondisi	
			Yang ada (%)	Maksimum (%)
3 Bangunan pada saluran pembawa		100		9
3.1. Bangunan Pengatur (Bagi / Bagi Sadap /		100		2
a. Setiap saat dan setiap bangunan pengatur perlu Saluran Induk dan		50		1
b. Pada setiap sadap tersier.		50		1
3.2. Pengukuran debit dapat dilakukan sesuai		100		2.5
a. Pada Bangunan Pengambilan (Bendung / intake).		40		1
b. Pada tiap bangunan pengatur (Bagi / Bagi Sadap / Sadap)		30		0.75
c. Pada setiap sadap tersier.		30		0.75
3.3. Bangunan Pelengkap berfungsi dan lengkap.		100		2
a. Pada saluran induk dan sekunder		40		0.8
b. Pada bangunan syphon, gorong-gorong, jembatan, talang, cross-drain tidak terjadi sumbatan.		60		1.2
3.4. Semua perbaikan telah selesai.		100		2.5
a. Perbaikan bangunan pengatur (Bagi / Bagi Sadap / Sadap)		50		1.25
b. Mistar ukur, skala liter dan tanda muka air.		15		0.38
c. Papan Operasi		20		0.5
d. Bangunan pelengkap.		15		0.38
4 Saluran Pembuang dan Bangunannya		100		4
4.1. Semua saluran pembuang dan bangunannya telah dibangun dan tercantum dalam daftar pemeliharaan serta telah diperbaiki dan berfungsi.		75		3
4.2. Tidak ada masalah banjir yang menggenangi.		25		1
5 Jalan masuk / Inspeksi.		100		4
5.1. Jalan masuk ke bangunan utama dalam kondisi baik.		50		2
5.2. Jalan Inspeksi dan jalan setapak sepanjang saluran telah diperbaiki		25		1
5.3. Setiap bangunan dan saluran yang dipelihara dapat dicapai dengan mudah.		25		1
6 Kantor, Perumahan dan Gudang.		100		5
6.1. Kantor memadai untuk :		100		2
- Ranting/Pengamat/UPTD (Setingkat Satker Balai PSDA/UPT/Cab PU		50		1
- Mantri/Juru (Setingkat Korlap Balai PSDA/Mantri Pengairan).		50		1
6.2. Perumahan memadai untuk :		100		1
- Ranting/Pengamat/UPTD (Setingkat Satker Balai PSDA/UPT/Cab PU		50		0.5
- Mantri/Juru (Setingkat Korlap Balai PSDA/Mantri Pengairan).		50		0.5
6.3. Gudang memadai untuk :		100		2
- Kantor Ranting/Pengamat/UPTD		40		0.8
- Bangunan utama (BD).		40		0.8
- Skot Balok dan perlengkapan		20		0.4



Gambar 1 Struktur penilaian kinerja irigasi

### Pembentukan Himpunan dan Fungsi Keanggotaan

Setelah penyusunan model FIS selesai, tahap selanjutnya adalah membentuk himpunan dan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan adalah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Pembentukan fungsi keanggotaan dilakukan dengan metode *direct rating*. Metode *direct rating* dilakukan dengan cara menanyakan langsung kepada pengelola irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai kinerja dan keberfungsian untuk masing-masing sub aspek kinerja sistem irigasi pada himpunan baik, cukup dan kurang.

### 3.4 Penilaian Dengan Metode Fuzzy Set Theory

#### Penyusunan Model Fuzzy Inference System (FIS)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi penilaian kinerja sistem irigasi yang penilaiannya bersifat kualitatif yang akan digunakan sebagai variabel input dalam melakukan *Fuzzy Inference System (FIS)*

Analisa FIS dilakukan pada masing-masing aspek kinerja sistem irigasi yang berjumlah 6 (enam) aspek dan 21 (duapuluh satu) sub aspek

No	Sub Aspek Penilaian Kinerja	Skala Penilaian										
		Derajat keanggotaan										
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)		(7)	
		Sangat tidak setuju	Tidak setuju	Kurang setuju	Setuju	Sangat setuju						
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%											
2	10%											
3	20%											
4	30%											
5	40%											
6	50%											
7	60%											
8	70%											
9	80%											
10	90%											
11	100%											

Gambar 2 Form Wawancara Derajat Keanggotaan

### Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* menjadi variabel *fuzzy* dengan cara memetakan nilai *input* tegas pada himpunan *fuzzy* melalui fungsi keanggotaannya serta menuju ke nilai keanggotaannya. Nilai variabel input yang digunakan dalam perhitungan diambil dari NKF rata-rata sub aspek kinerja sistem irigasi pada lokasi penelitian yaitu Daerah Irigasi Van Der Wijck.

### Rules Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Langkah selanjutnya adalah menyusun aturan (*rules*) sesuai dengan kondisi sistem dengan menggunakan ANFIS. Bentuk aturan yang dihasilkan berupa :

**IF** ( $x_1$  is  $A_1$ ).....( $x_n$  is  $A_n$ ) **THEN**  $z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q$ .....(2)

Dengan  $x_n$  adalah nama sub aspek ke-i,  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke-i, sedangkan  $p_n$  dan  $q$  adalah konstanta tegas. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut *anteseden*, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut *konsekuen*.

### Inferensi

Proses *inferensi* adalah melakukan tahapan *implikasi* dan *agregasi* aturan. Metode *inferensi* yang digunakan adalah Sugeno orde satu. *Implikasi* adalah memotong konsekuen *fuzzy* berdasarkan operator *fuzzy*.

### Defuzzifikasi

*Defuzzifikasi* adalah mengubah *output* keluaran *inferensi* aturan menjadi sebuah bilangan nilai tertentu. Metode *defuzzifikasi* yang digunakan dalam fuzzy Sugeno adalah *defuzzy weighted average*.

### 3.5 Uji Hipotesis

Hasil dari *output* kinerja *fuzzy* kemudian dibandingkan dengan *output* kinerja sistem irigasi sesuai hasil data penilaian manual BBWS Serayu Opak dengan menggunakan uji statistik yaitu uji hipotesa rata-rata dua populasi. Uji ini digunakan untuk menguji apakah nilai rata-rata penilaian *fuzzy* berbeda dengan nilai rata-rata penilaian manual.

Hipotesa yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 \quad (3)$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \quad (4)$$

*significant level* ( $\alpha$ ) = 5%, nilai toleransi kesalahan yang diterima adalah sebesar 5 %

Keterangan :

$H_0$  : Hipotesis nol yaitu sebagai pernyataan yang akan diuji

$H_1$  : Hipotesis alternatif yaitu lawan dari hipotesis nol

$\mu_1$  : Rata-rata populasi satu

$\mu_2$  : Rata-rata populasi dua

Nilai kritis dilihat pada tabel t dengan menentukan nilai derajat kebebasan ( $df$ )

$$df = n_1 + n_2 - 2 \quad (5)$$

$df$  = Derajat kebebasan (*degree of freedom*)

$n_1$  = jumlah data 1

$n_2$  = Jumlah data 2

Nilai Uji statistik ( $t_{hitung}$ ) dihitung dengan rumus :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{(n_1 + n_2 - 1)} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (6)$$

Keterangan :

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

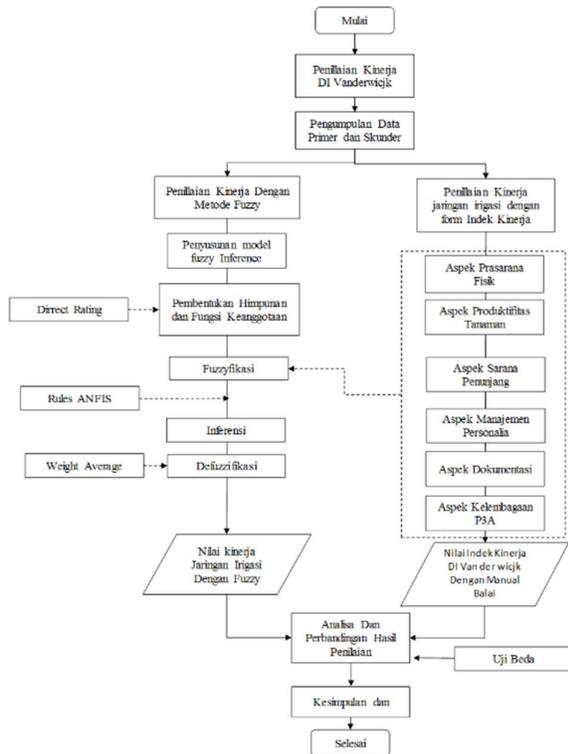
$\bar{y}$  : rata-rata sampel 2

$S_1$ : standar deviasi sampel 1

$S_2$ : standar deviasi sampel 2

$N$  : jumlah data

### 3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Irigasi Van Der Wijck. Daerah irigasi ini mendapatkan air dari bangunan Bagi Karang Talun 4 yang terdapat pada Saluran Induk Karangtalun. Daerah Irigasi Van der Wijck dengan luas layanan total sekitar 3.462 ha melintasi Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul termasuk bagian dari sistem irigasi Mataram I yang memperoleh air irigasi dari Saluran Induk Karangtalun. Untuk melayani seluruh daerah layanan, Daerah Irigasi Van Der Wijck di bagi menjadi 1 (satu) saluran induk dan 14 (empat belas) saluran sekunder

### 4.2 Penilaian Kinerja Sistem Irigasi Secara Manual Balai

Penilaian kinerja jaringan irigasi dengan menggunakan indeks kinerja sistem irigasi sesuai dengan Permen PUPR Nomor 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. Penilaian kinerja dengan melakukan pengamatan

terhadap kondisi lapangan terhadap aspek kinerja yang dinilai, meliputi 6 (enam) aspek yang telah ditentukan yaitu :

1. Aspek Prasarana Fisik,
2. Aspek Produktivitas Tanam,
3. Aspek Sarana Penunjang,
4. Aspek Organisasi Personalia,
5. Aspek Dokumentasi,
6. Aspek Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)

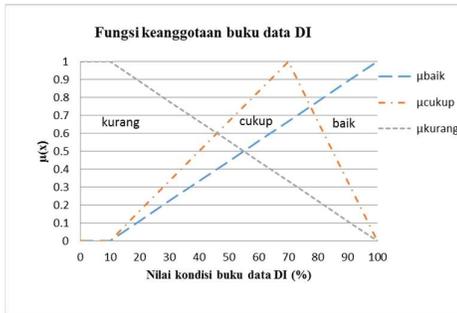
Tabel 3. Rekap Penilaian Kinerja DI Van Der Wijck

No	Aspek Kinerja	Bobot Final (%)	Indeks Kondisi	
			Yang Ada (%)	Max (100%)
<b>I.</b>	<b>PRASARANA FISIK</b>	<b>35.46</b>	<b>80</b>	<b>45</b>
1.	Bangunan Utama	11.31	87	13
2.	Saluran Pembawa	7.40	74	10
3.	Bangunan pada saluran pembawa	6.41	71	9
4.	Saluran Pembuang dan Bangunannya	3.20	80	4
5.	Jalan masuk / Inspeksi.	3.35	83.75	4
6.	Kantor, Perumahan dan Gudang.	3.79	75.8	5
<b>II.</b>	<b>PRODUKTIVITAS TANAM</b>	<b>14.58</b>	<b>97</b>	<b>15</b>
1.	Penemuan kebutuhan air (Faktor K)	9.00	100	9
2.	Realisasi luas tanam	3.66	91	4
3.	Produktivitas Padi	1.92	96	2
<b>III.</b>	<b>SARANA PENUNJANG</b>	<b>6.70</b>	<b>67</b>	<b>10</b>
1.	Peralatan O&P.	2.45	61	4
2.	Transportasi	1.25	63	2
3.	Alat-alat kantor Ranting/Pengamat/UPTD	1.60	80	2
4.	Alat Komunikasi	1.40	70	2
<b>IV.</b>	<b>ORGANISASI PERSONALIA</b>	<b>11.45</b>	<b>76</b>	<b>15</b>
1.	Organisasi O&P	4.25	85	5
2.	Personalia	7.20	72	10
<b>V.</b>	<b>DOKUMENTASI</b>	<b>3.60</b>	<b>72</b>	<b>5</b>
1.	Buku Data DI.	1.40	70	2
2.	Peta dan gambar-gambar	2.20	73	3
<b>VI.</b>	<b>PERKUMPULAN PETANI PEMAKAI AIR</b>	<b>7.15</b>	<b>72</b>	<b>10</b>
1.	GP3A / IP3A sudah berbadan Hukum	1.20	80	1.5
2.	Kondisi Kelembagaan GP3A / IP3A	0.30	60	0.5
3.	Rapat Ulu Ulu / P3A Desa / GP3A / IP3A	1.20	60	2
4.	GP3A / IP3A aktif mengikuti survei/pelurusan jaringan.	0.80	80	1
5.	Partisipasi GP3A / IP3A dalam perbaikan jaringan dan	1.50	75	2
6.	Turan GP3A / IP3A digunakan untuk perbaikan jaringan	1.40	70	2
7.	Partisipasi P3A / GP3A / IP3A dalam perencanaan Tata Tanam	0.75	75	1
<b>Jumlah Total (I+II+III+IV+V+VI)</b>		<b>78.95</b>		<b>100</b>

### 4.3 Penilaian Kinerja Dengan Metode Fuzzy

#### Pembentukan Himpunan Dan Fungsi Keanggotaan

Tahap pertama dalam proses FIS adalah membentuk himpunan fuzzy input untuk masing-masing parameter pada tiap aspek kinerja sistem irigasi. Proses awal yang dilakukan dalam mengolah data adalah mengubah hasil penilaian dari pengelola irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck menjadi fungsi keanggotaan variabel input. Variabel input dibagi 3 (tiga) himpunan yaitu kurang, cukup dan baik. Contoh hasil penilaian pada Aspek Dokumentasi Sub Aspek Buku Data Daerah Irigasi berikut ini:



Gambar 4 FIS Sub Aspek Buku Data DI

Fungsi derajat keanggotaan dari variabel input Buku dan Peta Daerah Irigasi didefinisikan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\mu_{kurang}(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } 0 \leq x \leq 10 \\ 0 & \text{untuk } x = 100 \\ \frac{100-x}{100-10} & \text{untuk } 10 < x < 100 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{cukup}(x) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } 0 \leq x \leq 10 \text{ dan } 70 \leq x \leq 100 \\ \frac{x-10}{70-10} & \text{untuk } 10 < x < 70 \\ \frac{100-x}{100-70} & \text{untuk } 70 < x < 100 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{baik}(x) = A = \begin{cases} 0 & \text{untuk } 0 \leq x \leq 10 \\ \frac{x-10}{100-10} & \text{untuk } 10 < x < 100 \end{cases} \quad (9)$$

### Pembentukan Himpunan Fuzzy Input (Fuzzifikasi)

Tahap berikutnya adalah memetakan data input berupa bilangan tegas melalui fungsi keanggotaannya menuju nilai keanggotaannya sehingga didapatkan nilai keanggotaan antara 1-0. Variabel input ini dimaksudkan adalah NKF rata-rata sub aspek buku data DI yang penilaiannya meliputi komponen ketersediaan buku alokasi air.

#### Himpunan Kurang

$$\mu_{kurang}(x) = \frac{100-x}{100-10}$$

$$\mu_{kurang}(80) = \frac{(100-80)}{(100-10)} = 0.22$$

#### Himpunan Cukup

$$\mu_{cukup}(x) = \frac{100-x}{100-70}$$

$$\mu_{cukup}(80) = \frac{(100-80)}{(100-70)} = 0.67$$

#### Himpunan Baik

$$\mu_{baik}(x) = \frac{x-10}{100-10}$$

$$\mu_{baik}(80) = \frac{(80-10)}{(100-10)} = 0.78$$

Tabel 4. Derajat keanggotaan aspek Sistem Kinerja Irigasi

No	Aspek Penilaian	Derajat Keanggotaan		
		Kurang	Cukup	Baik
<b>I PRASARANA FISIK</b>				
1	Bangunan Utama	0.00	0.00	0.88
2	Saluran Pembawa	0.00	0.33	0.71
3	Bangunan pada saluran pembawa	0.15	0.63	0.73
4	Saluran Pembuang dan Bangunannya	0.00	0.25	0.75
5	Jalan masuk / Inspeksi.	0.11	0.25	0.89
6	Kantor, Perumahan dan Gudang.	0.25	0.56	0.75
<b>II PRODUKTIVITAS TANAM</b>				
1	Pemenuhan kebutuhan air ( Faktor K )	0.00	0.00	1.00
2	Realisasi luas tanam	0.00	0.28	0.89
3	Produktivitas Padi	0.00	0.13	0.95
<b>III SARANA PENUNJANG</b>				
1	Peralatan O&P.	0.43	0.85	0.57
2	Transportasi	0.42	0.88	0.58
3	Alat-alat kantor Ranting/Pengamat/UPTD	0.22	0.50	0.78
4	Alat Komunikasi	0.33	0.25	0.67
<b>IV ORGANISASI PERSONALIA</b>				
1	Organisasi O&P	0.17	0.63	0.83
2	Personalia		0	0.69
<b>V DOKUMENTASI</b>				
1	Buku Data DI.			0.67
2	Peta dan gambar-gambar	0.30	1.06	0.70
<b>VI PERKUMPULAN PETANI PEMAKAI AIR (GP3A/IP3A)</b>				
1	GP3A / IP3A sudah berbadan Hukum	0.20	0.50	0.25
2	Kondisi Kelembagaan GP3A / IP3A	0.40	1.00	0.50
3	Rapat Ulu Ulu / P3A Desa / GP3A / IP3A dengan			0.56
4	GP3A / IP3A aktif mengikuti survei/penelusuran jaringan.			0.78
5	Partisipasi GP3A / IP3A dalam perbaikan jaringan dan	0.28	0.38	0.72
6	luran GP3A / IP3A digunakan untuk perbaikan jaringan	0.33	0.25	0.67
7	Partisipasi P3A / GP3A / IP3A dalam perencanaan Tata Tanam			0.72

### Penentuan Aturan Fuzzy (R (5.4) FIS) dan Fungsi Implikasi dan Agregasi (Inferensi)

Metode inferensi yang digunakan adalah metode sugeno orde satu. Pada metode ini anteseden direpresentasikan dengan himpunan fuzzy, sedangkan konsekuen direpresentasikan dengan sebuah persamaan linier. Pembentukan aturan fuzzy menggunakan bantuan Rules Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS).

Aturan Fuzzy:

- (R1) IF B is kurang and P is kurang then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [4.85e-09] = Z_1$

Penjelasan :

a. IF B is kurang and P is kurang = premis

b. Kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [4.85e-09] = \text{konsekuen}$

Arti dari aturan satu (R1) yaitu jika kondisi buku data DI kurang dan kondisi peta, gambar jaringan irigasi kurang, maka output kinerja aspek dokumentasi

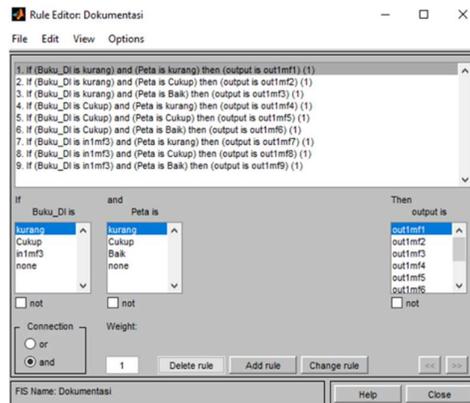
adalah penjumlahan dari  $[0.02 \text{ dikali nilai input buku data DI}] + [0.03 \text{ dikali nilai input peta dan gambar}] + [4.85e-09]$ . Angka 0.02 dan 0.03 adalah parameter konsekuen

2. (R2) IF B is kurang and P is cukup then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [-2.397e-05] = Z_2$
3. (R3) IF B is kurang and P is baik then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [3.629e-05] = Z_3$
4. (R4) IF B is cukup and P is kurang then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [2.694e-05] = Z_4$
5. (R5) IF B is cukup and P is cukup then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [3.092e-05] = Z_5$
6. (R6) IF B is cukup and P is baik then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [-2.978e-05] = Z_6$
7. (R7) IF B is baik and P is kurang then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [-4.374e-05] = Z_7$
8. (R8) IF B is baik and P is cukup then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [-1.45e-05] = Z_8$
9. (R9) IF B is baik and P is baik then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [6.498e-06] = Z_9$

Keterangan :

B: Buku data DI

P: Peta dan gambar II



**Gambar 5** Tampilan Matlab Aturan Fuzzy Pada FIS Dokumentasi

(R1) IF B is kurang and P is kurang then kinerja dokumentasi (R1) IF B is kurang and

P is kurang then kinerja dokumentasi is  $[0.02 \times B] + [0.03 \times P] + [4.85e-09] = Z_1$

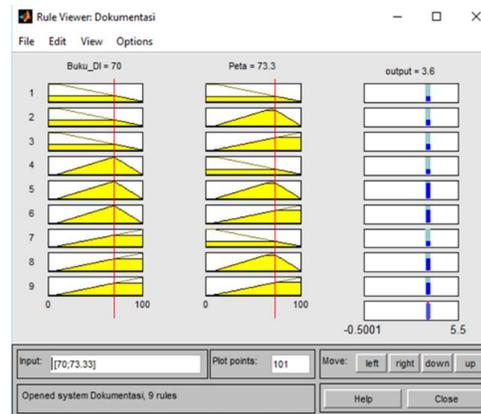
$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \min(\mu_{\text{kurang}}(70); \mu_{\text{kurang}}(73,33)) \\ &= \min(0.33; 0.30) \\ &= 0.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= [0.02 \times 70] + [0.03 \times 73,33] + [4.85e-09] \\ Z_1 &= 3.59 \end{aligned}$$

### Defuzzifikasi

Tahapan terakhir adalah mengubah output hasil komposisi aturan menjadi sebuah nilai tegas. Metode yang digunakan untuk defuzzifikasi adalah *defuzzy weighted average*.

$$z = \frac{(\alpha_1 \times z_1) + (\alpha_2 \times z_2) + (\alpha_3 \times z_3) + (\alpha_4 \times z_4) + (\alpha_5 \times z_5) + (\alpha_6 \times z_6) + (\alpha_7 \times z_7) + (\alpha_8 \times z_8) + (\alpha_9 \times z_9)}{(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9)} = 3.59$$



**Gambar 6.** Defuzzyfikasi dengan menggunakan Program Matlab

**Tabel 5.** Hasil kinerja dengan metode fuzzy

No	Aspek Kinerja	Nilai Output (%)
I	Prasarana Fisik	34.20
II	Produktivitas Tanam	14.40
III	Sarana Penunjang OP	5.77
IV	Organisasi Personalia	11.40
V	Dokumentasi	3.59
VI	P3A	6.55
<b>Jumlah</b>		<b>75.91</b>

### Analisa Hasil Penilaian Kinerja Sistem Irigasi Secara Manual dan Metode Fuzzy

Dari hasil perhitungan, penilaian kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan metode manual balai dan metode fuzzy menunjukkan adanya perbedaan, seperti ditunjukkan tabel berikut ini.

**Tabel 6.** Perbandingan hasil kinerja dengan cara manual dan dengan cara fuzzy

No	Aspek Kinerja	Manual (%)	Fuzzy (%)
I	Prasarana Fisik	35.46	34.20
II	Produktivitas Tanam	14.58	14.40
III	Sarana Penujiang OP	6.70	5.77
IV	Organisasi Personalia	11.45	11.40
V	Dokumentasi	3.60	3.59
VI	P3A	7.15	6.55
Jumlah		78.95	75.91

Selisih nilai kinerja antara perhitungan dengan metode *fuzzy* dengan metode manual balai yaitu 3.04%.

Berdasarkan hasil uji t, perbedaan antara penilaian *fuzzy* dengan manual balai menunjukkan nilai kinerja yang berbeda.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kinerja sistem irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck dengan metode manual BBWS Serayu Opak dan dengan metode *Fuzzy Set Theory* adalah Baik, dengan nilai kinerja 78.95% dan 75.91% dengan selisih perbedaan sebesar 3.04%, tidak menunjukkan angka signifikan berdasarkan uji hipotesis.

### Saran

Pemakaian penilaian kinerja sistem irigasi dengan metode manual BBWS Serayu Opak masih bisa dipakai, tetapi perlu adanya penyempurnaan dalam klasifikasi tingkat kerusakan yang lebih detail.

Metode *fuzzy set theory* memberikan hasil yang lebih obyektif, tetapi perlu penyempurnaan dalam penggunaannya sehingga ada kemudahan bagi pengguna.

Penentuan nilai derajat keanggotaan himpunan agar dapat dibuat lebih dari 3 (tiga) himpunan supaya menghasilkan penilaian yang lebih mewakili subyektivitas manusia.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

Sigit,S,A, Murtiningrum, dan Rohmad.B , 2007, Mengukur Kinerja Manajemen Irigasi Dengan Pendekatan Teori Himpunan Kekaburan : Kajian Kasus di Daerah Irigasi Vander Wicjk.

Sigit,S,A, Susetiawan, dan Bayudono, 2000, Keberlanjutan Sistem Irigasi dalam Pembangunan Jangka Panjang Kedua (Studi Kasus di Pulau Jawa dan Bali), Laporan akhir RUT tahap II,

Departemen Pekerjaan Umum, (2006), Peraturan Pemerintah No. 20 Tentang Irigasi, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, (2007), Peraturan Pemerintah No 32 Tahun 2007 tentang Pedoman OP Jaringan Irigasi, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, (1986), Kriteria Perencanaan Irigasi, 2013 Jakarta

Putri, (2014), Evaluasi Kinerja Derah irigasi Jragung Kabupaten, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur

Hasan, M., (2005), Bangun Irigasi Dukung Ketahanan, Dirjen SDA, Departemen PU, Jakarta.

Kusumadewi, S., Purnomo, H., (2010), Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kunaifi, A. A. 2010. Pola Penyediaan Air DI. Tibunangka dengan Sumur Renteng pada Sistem Suplesi Rengung. Tesis tidak dipublikasikan. Malang: UniversitasBrawijaya.

Mataram, I. M., (2010), Desain Kontrol Aerator Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Dengan Fuzzy Logic, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.

Malano, H. M. dan Gao, 1992, Ranking and classification of irrigation system performance using fuzzy set theory: Case studies in Australia and China, *Irrigation and Drainage Systems*, 6 : 129-148

Murtiningrum, (2005), Evaluasi Kinerja Daerah Irigasi Pasca PIK di Jawa Timur dengan Teori Set Kekaburan, Seminar Nasional PERTETA.

Mulyadi dkk (2014) Penilaian Kinerja irigasi Berdasarkan Pendekatan Permen Pu No.32/2007 dan Metode Masscote dengan Evaluasi Rapid Appraisal Procedure (RAP) di Daerah irigasi

- Barubug Jawa Barat , Jurnal Irigasi –  
Vol. 9, No. 2, Oktober 2014
- Peraturan Menteri PUPR No  
15/PRT/M/2015 tentang Pedoman  
Eksplorasi dan Pemeliharaan Irigasi
- Rochman, T., (2006), Multi Criteria  
Decision Analysis Berbasis Fuzzy Set  
Theory untuk Pengambilan Keputusan,  
Performa Vol. 5.
- Ruky, A., ( 2002), Sistem Manajemen  
Kinerja, Gramedia Pustaka Utama,  
Jakarta
- Saragih, H. M., (2009), Efisiensi Penyaluran  
Air Irigasi di Kawasan Sungai Ular D.I  
Bendang Kabupaten Serdang Bedagai,  
Fakultas Pertanian Universitas  
Sumatera Utara.
- Sebayang, dkk 2014. Evaluasi Kinerja  
Operasi dan Pemeliharaan Sistem  
Irigasi Medan Krio di Kecamatan  
Sunggal Kabupaten Deli Serdang. E-  
Jurnal. Vol. 2 No.3 Tahun 2014.
- Simanjuntak, P. J., (2005), Manajemen dan  
Evaluasi Kerja, Lembaga Penerbit  
FEUI, Jakarta.
- Sutrisno dan Chayati.2013. Perhitungan  
Efisiensi Saluran Irigasi Pada Daerah  
Irigasi Kebonagung Kabupaten  
Sumenep. E-Jurnal. Universitas  
Wiraraja Sumenep. Vol.1. No.2. 2013.
- Sumiyati., dkk., (2011), Evaluasi Kinerja  
Fisik Sistem Subak Yang Berorientasi  
Agroekowisata Menggunakan  
Pendekatan Logika Fuzzy, Jurnal  
Teknik Industri, 147-155.