

IMPLEMENTASI METODE *PENMAN MONTEITH* PADA SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN PREDIKSI WAKTU BERCOCK TANAM BAWANG MERAH KABUPATEN ENREKANG

IMPLEMENTATION PENMAN-MONTEITH METHOD ON DECISION SUPPORT SYSTEM PREDICTING TIME RED ONION FARMING ENREKANG DISTRICT

Rismayani

Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

STMIK Dipanegara Makassar

Makassar, Indonesia

rismayani@dipanegara.ac.id

Abstract

*Enrekang district is one of the districts in South Sulawesi province, which has an area of 1,786.01 km² with a population of ± 190,579 people. In that district, the onion (*Allium ascalonicum L*) is one of the crops most widely cultivated by the people Enrekang. The problem in this research is that up to, Enrekang onion farmers still predict the traditional onion planting time by using the month calculation based on Javanese and Arabic calendars, and so far the Enrekang Regency Agriculture and Plantation Office has not yet had a system that can be used to help farmers in predicting the time to grow shallots in the next period and how to design and build a decision-making system for predicting the time to grow shallots using the penman monteith algorithm. The purpose of this research is to create a system that can be used by onion farmers to determine the time to grow shallots in the next period and to make a decision-making system that can be used by the agriculture and plantation offices to inform the onion farmers about onion plant information in enrekang district and to make a decision making system to predict the planting time of shallots using the penman monteith algorithm. The method used is the Penman-Monteith algorithm method, Penman-Monteith recommended as a single ETo method for determining reference evapotranspiration. The results of this study are to their decision-making system to predict the time of planting onions using algorithms Penman monteith it can help farmers to determine the time of planting onions right without having to count again with a calendar, then helped the department of agriculture and plantation districts Enrekang in informing farmers about the time of planting onions.*

Keywords: *Farming, Red Onion, Penman-Monteith Algorithm, Prediction, Decision Support System*

Abstrak

Kabupaten Enrekang adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki luas wilayah 1.786,01 km² dengan jumlah penduduk ±190.579 jiwa. Di daerah tersebut, bawang merah (*Allium ascalonicum L*) adalah salah satu hasil bumi yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat Kabupaten Enrekang. Adapun masalah dalam penelitian ini adalah para petani bawang merah kabupaten Enrekang masih memprediksi waktu bercocok tanam bawang merah dengan menggunakan perhitungan bulan berdasarkan kalender jawa dan arab, selain itu Dinas Pertanian dan Perkebunan kabupaten Enrekang juga belum memiliki sistem yang dapat digunakan untuk membantu para petani memprediksi waktu bercocok tanam bawang merah pada periode berikutnya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem yang dapat digunakan para petani bawang merah untuk menentukan waktu bercocok tanam bawang merah pada periode selanjutnya, juga membuat sistem pengambilan keputusan yang digunakan oleh pihak Dinas Pertanian dan Perkebunan untuk memberitahukan kepada para petani bawang merah mengenai informasi tanam bawang merah di Kabupaten Enrekang serta membuat sistem pengambilan keputusan untuk memprediksi waktu tanam bawang merah menggunakan Algoritma Penman Monteith. Metode yang digunakan adalah metode Penman Monteith, Penman Monteith direkomendasikan sebagai metode ETo tunggal untuk menentukan evapotranspirasi referensi. Adapun hasil dari penelitian ini adalah dengan adanya sistem pengambilan keputusan menggunakan algoritma penman monteith, para petani kini dapat menentukan waktu tanam bawang merah yang tepat tanpa harus menghitung lagi dengan kalender. Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Enrekang juga dapat menginformasikan kepada para petani mengenai waktu tanam bawang merah.

Kata Kunci : Pertanian, Bawang Merah, Algoritma *Penman Monteith*, Prediksi, Sistem Pengambilan Keputusan

PENDAHULUAN

Kabupaten Enrekang adalah salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki luas wilayah 1.786,01 km² dengan jumlah penduduk ±190.579 jiwa, mata pencaharian utama penduduk Kabupaten Enrekang sebagian besar adalah pertanian khususnya tanaman hortikultura yaitu bercocok tanam bawang merah. Produktivitas lahan pertanian Kabupaten Enrekang merupakan salah satu lumbung pangan nasional di Sulawesi Selatan. Di daerah tersebut bawang merah (*Allium ascalonicum L*) adalah salah satu hasil bumi yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat Kabupaten Enrekang. Berdasarkan data BPS Kabupaten Enrekang tahun 2017 mencapai 583.574 ton dengan luas 5.356 Ha dan tahun 2018 mencapai 581.463 ton. Salah satu penyebab utama pergeseran musim adalah pola curah hujan yang tidak menentu, Fenomena ini membuat para petani di Kabupaten Enrekang kesulitan dalam menentukan pola tanam bawang merah yang optimal. Berdasarkan wawancara dengan masyarakat petani bawang merah, selama ini perkiraan bercocok tanam dilakukan berdasarkan prediksi musim dan cuaca secara tradisional yaitu menggunakan perhitungan bulan berdasarkan kalender Jawa dan Arab. Pada tahun 2017 pula Kabupaten Enrekang sudah bisa ekspor 95 ton ke 5 negara yaitu Vietnam, Taiwan, Malaysia, Timor Leste dan Singapura. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem yang dapat digunakan para petani bawang merah untuk menentukan waktu bercocok tanam bawang merah pada periode selanjutnya, juga membuat sistem pengambilan keputusan yang digunakan oleh pihak Dinas Pertanian dan Perkebunan untuk memberitahukan kepada para petani bawang merah mengenai informasi tanam bawang merah di Kabupaten

Tabel 1. Luas Panen dan Produksi Bawang Merah Tahun 2017 – 2018 di Kabupaten

		Enrekang			
		2017		2018	
No	Kecamatan	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ton)	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ton)
1	Maiwa	-	-	-	-
2	Bungin	-	-	-	-
3	Enrekang	9	80	9	
4	Cendana	-	-	-	
5	Baraka	663	52.230	663	51.678
6	Buntu Batu	22	1.560	22	1.565
7	Anggeraja	4.396	506.060	4.396	505.160
8	Malua	98	7.680	98	7.580
9	Alla	81	9.065	81	8.987
10	Curio	-	-	-	-
11	Masalle	75	5.419	75	5.765
12	Baroko	12	720	12	728
Jumlah		5.356	583.574	5.356	581.463

Sumber Data: Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Enrekang, 2018

Enrekang serta membuat sistem pengambilan keputusan untuk memprediksi waktu tanam bawang merah menggunakan Algoritma Penman Monteith.

Manfaat dari penelitian adalah dengan adanya dapat membantu para petani bawang merah di Kabupaten Enrekang untuk menentukan waktu tanam yang baik sehingga dapat meningkatkan produksi bawang merah, selain itu, dengan adanya sistem pengambilan keputusan prediksi bercocok tanam bawang merah dapat meningkatkan pengetahuan pihak dinas pertanian dan perkebunan untuk memberikan informasi prediksi waktu tanam bawang merah di Kabupaten Enrekang serta dapat menerapkan metode Penman Monteith untuk sistem pengambilan keputusan prediksi tanam bawang merah.

Beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Cita Adiningrum di tahun 2015 dengan judul Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Actual terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock yang membahas mengenai evapotranspirasi dapat

mengurangi simpanan air dalam badan-badan air, tanah, dan tanaman yang memberikan proporsi yang besar untuk terjadinya debit. Evapotranspirasi aktual menunjukkan nilai evapotranspirasi yang sesungguhnya dengan kondisi air yang terbatas. Beberapa persamaan dikembangkan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi aktual, dua di antaranya adalah persamaan dalam makalah Dr. F.J. Mock tahun 1973 (AET) dan persamaan dalam pedoman FAO No. 56 tahun 1990 (ETc). Dalam studi ini, Model Mock dibagi menjadi dua berdasarkan persamaan evapotranspirasi aktual yang digunakan: Mock I adalah Model Mock dengan Persamaan I (AET), sedangkan Mock II adalah Model Mock dengan Persamaan II (ETc). Selanjutnya akan dibandingkan unjuk kerja kedua Model Mock menggunakan data debit terukur. Penelitian dilakukan pada tiga DAS yang meliputi DAS Bedog, DAS Code, dan DAS Winongo (Cita Adiningrum, 2015). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Awalia Ardiana dkk di tahun 2017 dengan judul Sistem Prediksi Penentuan Jenis Tanaman Sayur Berdasarkan Kondisi Musim dengan Pendekatan Metode Trend Moment yang membahas mengenai pembuatan sistem untuk memprediksi jenis tanaman sayuran yang akan di tanam sesuai dengan kondisi musim, bertujuan membantu para petani sayuran (Awalia Ardiana & Amak Yunus Ep, 2017). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Harison dkk tahun 2017 dengan judul Perancangan Aplikasi Bercocok Tanam Padi dan Cabe Kriting Berbasis Android yang membahas mengenai pembuatan sebuah aplikasi dalam platform android untuk membantu para pemula dan petani bercocok tanam dengan adanya tutorial video yang ada pada sistem tersebut (Harison, Mandarani Putri, & Wahida Daratul, 2017). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Hilda Amalia dkk tahun 2017 dengan judul Aplikasi Sistem Penunjang Keputusan untuk Prediksi Ibu Melahirkan yang membahas mengenai pembuatan sistem pengambilan keputusan untuk memperkirakan ibu hamil dalam penentuan waktu melahirkan dengan

menggunakan algoritma C4.5 (Hilda Amalia & Evicienna Evicienna, 2017). Selanjutnya Penelitian yang dilakukan oleh Ariastuti dkk tahun 2017 dengan judul Penentuan Waktu Tanam Bawang Merah Berdasarkan Neraca Air Lahan di Kecamatan Petang Kabupaten Badung yang membahas mengenai penentuan waktu tanam bawang merah menggunakan neraca air (Ariastuti, Suryana, & Javandira, 2017). Ada pula penelitian yang dilakukan oleh Yitenus Tabuni dkk tahun 2018 dengan judul Pendugaan Evapotranspirasi Bulanan Tanaman Padi Sawah Dengan Menggunakan Model Simulasi Tanaman di Kabupaten Jayawiyaya Provinsi Papua yang membahas mengenai evapotranspirasi bulanan tanaman padi di sawah pada Kabupaten Jayawijaya Papua yang dimana sistem menjadi alat bantu untuk pengelolaan air (Yitenus Tabuni, Jolie Viekson Porong, & Johannes E.X. Rogi, 2018). Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Raja Tama dkk tahun 2018 dengan judul Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Benih Padi Menggunakan Metode FMCDM yang membahas mengenai pemilihan benih padi dengan menggunakan alternatif metode FMCDM (Raja Tama Andri Agus & Winda Sulastri, 2018). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Sri Wahyuni dkk tahun 2019 dengan judul Perbandingan Evapotranspirasi Potensi Untuk Tanaman Jagung Manis Pada Sistem Pemanenan Air Limpasan Dilahan Kering Ciparanje yang membahas mengenai rata-rata evapotranspirasi potensial untuk metode Penman-Monteith dan Penman Modifikasi secara keseluruhan-bersama adalah 3,96 dan 5,28 sehingga benar-benar sebesar 74,97% (Sri Wahyuni, Dwi Rustam Kendarto, & Nurpilihan Bafdal, 2019). Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Syamsuddin AB dkk tahun 2019 dengan judul pemberdayaan petani bawang merah terhadap kesejahteraan keluarga Kolai Kabupaten Enrekang yang membahas mengenai petani bawang merah diberdayakan oleh pemerintah daerah dan penyuluh pertanian untuk dapat menciptakan

keluarga yang sejahtera di Kolai Kabupaten Enrekang (Syamsuddin AB & Hasrida Hasrida, 2019).

Bawang merah merupakan tumbuhan yang termaksud jenis umbi lapis (*Allium cepa* L. var *Aggregatum*) adalah sejenis tanaman yang menjadi bumbu berbagai masakan Asia Tenggara dan dunia. Bunga bawang merah merupakan bunga majemuk berbentuk tandan yang bertangkai dengan 50-200 kuntum bunga. Pada ujung dan pangkal tangkai mengecil dan dibagian tengah menggembung, bentuknya seperti pipa yang berlubang di dalamnya. Tangkai tandan bunga ini sangat panjang, lebih tinggi dari daunnya sendiri dan mencapai 30-50 cm. Bunga bawang merah termasuk bunga sempurna yang tiap bunga terdapat benang sari dan kepala putik. Bakal buah sebenarnya terbentuk dari 3 daun buah yang disebut carpel, yang membentuk tiga buah ruang dan dalam tiap ruang tersebut terdapat 2 calon biji. Buah berbentuk bulat dengan ujung tumpul. Bentuk biji agak pipih. Biji bawang merah dapat digunakan sebagai bahan perbanyak tanaman secara generatif (Budi Samadi, 2005).

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi. Memprediksi waktu bercocok tanam adalah menentukan variabel data sebagai awal melakukan prediksi. Variabel tersebut adalah curah hujan, suhu udara, kelembapan udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari (Suparman, n.d.).

Evapotranspirasi acuan (ET₀) adalah besarnya evapotranspirasi dari tanaman hipotetik (teoritis) yaitu dengan ciri ketinggian 12 cm, tahanan dedaunan yang ditetapkan sebesar 70 det/m dan albedo

(pantulan radiasi) sebesar 0,23, mirip dengan evapotranspirasi dari tanaman rumput hijau yang luas dengan ketinggian seragam, tumbuh subur, menutup tanah seluruhnya dan tidak kekurangan air. (ET₀) dipilih berdasarkan ketersediaan data iklim temperatur rata-rata bulanan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin. Metode *Penman Monteith* merupakan metode penduga evapotranspirasi terbaik yang direkomendasikan oleh FAO sebagai metode standar bersumber dari Hambali bahwa untuk menganalisa evapotranspirasi (ET₀) adalah dengan menggunakan rumus *Penman-Monteith*, yang dikembangkan FAO dan dimodifikasi menjadi rumus *FAO Penman-Monteith* (Muhammad Nazeer, 2012), yang diuraikan sebagai berikut:

$$ET_0 = \frac{(kpa * Rn / \Delta) + t * (900 / tk) * u_2 (e_s - e_a)}{Kpa + t(1 + 0.34 * u_2)}$$

Keterangan :

- ET₀ = Evapotranspirasi acuan (mm/hari),
 Rn = Radiasi netto pada permukaan tanaman (MJ/m²/hari),
 T = Temperatur harian rata-rata pada ketinggian 2 m (°C),
 u₂ = Kecepatan angin pada ketinggian 2m (m/s),
 e_s = Tekanan uap jenuh (kPa),
 e_a = Tekanan uap aktual (kPa),
 Δ = Kurva kemiringan tekanan uap (kPa/°C),

a. Satuan

Satuan evapotranspirasi biasanya dinyatakan dalam millimeter (mm) per satuan waktu. Satuan ini menunjukkan jumlah air yang hilang dari permukaan dalam satuan kedalaman air. Satuan waktu dapat dalam jam, hari, dekade, bulan atau bahkan waktu tumbuh dalam suatu periode atau tahun. Sebagai contoh, satu hektar mempunyai luas 10.000 m² dan 1 mm adalah

sama dengan 0,001 m. Kehilangan 1 mm air sesuai dengan kerugian sebesar 10 m³ air dalam satu hektar. Dengan kata lain, 1 mm hari⁻¹ setara dengan 10 m³ ha⁻¹ hari⁻¹. (FAO 56, 1998).

Kedalaman air juga dapat dinyatakan dalam energi yang diterima per satuan luas. Energi tersebut mengacu pada energi atau panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air secara bebas. Energi ini dikenal sebagai panas laten untuk penguapan (λ) yang merupakan fungsi dari suhu air. Sebagai contoh, pada suhu 20 °C, panas laten sebesar 2.45 MJ kg⁻¹. Dengan kata lain, panas laten sebesar 2.45 MJ dibutuhkan untuk menguapkan 1 kg atau 0.001 m³ air. Oleh karena itu, masukan energi sebesar 2.45 MJ m⁻² mampu untuk menguapkan 0.001 m atau 1 mm air, dan oleh karena itu 1 mm air setara dengan 2.45 MJ m⁻². Evapotranspirasi dinyatakan dalam satuan MJ m⁻² hari⁻¹ yang direpresentasikan oleh fluks panas laten (λET). Tabel berikut ini merangkum satuan dan faktor konversi yang digunakan untuk menyatakan evapotranspirasi.

Tabel 2. Faktor Konversi Untuk Evapotranspirasi

	Kedalaman	Volume per satuan area		Energi per satuan area
	mm hari ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ hari ⁻¹	l s ⁻¹ ha ⁻¹	MJ m ² hari ⁻¹
mm hari ⁻¹	1	10	0.116	2.45
m ³ ha ⁻¹ hari ⁻¹	0.1	1	0.012	0.245
l s ⁻¹ ha ⁻¹	8.640	86.40	1	21.17
MJ m ² hari ⁻¹	0.408	4.082	0.047	1

Untuk air dengan berat jenis 1000 kg m⁻³ dan pada suhu 20 °C

Dalam Data BMG, penyinaran matahari dinyatakan dalam %; angka 100%=8 jam (dari jam 08.00 sampai 16.00). Konversi dari % ke jam/hari dianjurkan untuk tidak menggunakan konversi seperti BMG. Menurut Barney & Partners (1985) untuk Indonesia digunakan konversi $S = 0.60 Z + 0.12$; S: rasio dengan penyinaran 1 hari penuh, Z: rasio dengan penyinaran 8 jam per hari. Contoh jika data persen penyinaran matahari di suatu tempat (BMG) pada bulan Januari sebesar 50%, maka jam penyinaran per hari tidak berarti 4 jam. Nilai $S = 0,6 \times 0,5 + 0,12 = 0,42$. Jam penyinaran per hari sama dengan $0,42 \times 12 \text{ jam} = 5,04 \text{ jam/hari}$. Nilai koefisien Angstrom yang digunakan dalam program ini $a = 0.25$, $b = 0.50$, harus dirubah untuk kondisi Indonesia menjadi $a = 0.29$, $b = 0.59$.

b. Konstanta *psychrometric* (γ)

Konstanta psikometrik dapat ditentukan menggunakan tabel sebagai fungsi dari ketinggian (z) (lampiran tabel 1 psikometrik), atau dapat pula dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P$$

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26}$$

dimana:

- γ = konstanta *psychrometric* (kPa/°C).
- P = tekanan *atmospher* (kPa).
- λ = panas laten untuk penguapan = 2.45 (MJ/kg) untuk $T = 20$ °C,
- $\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$
- C_p = pemanasan spesifik pada tekanan konstan = 1.013×10^{-3} (MJ/kg/°C)
- ϵ = perbandingan berat molekul uap air/ udara kering = 0.622.

c. Temperatur rata-rata (T_{mean})

Temperatur rata-rata dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$T_{mean} = \frac{T_{max} - T_{min}}{2}$$

dimana:

T_{mean} = temperatur udara harian rata-rata ($^{\circ}C$),

T_{max} = temperatur udara harian maksimum ($^{\circ}C$),

T_{min} = temperatur udara harian minimum ($^{\circ}C$).

d. Kelembaban relatif (RH)

Kelembaban relatif (RH) yang digunakan adalah nilai rata-rata dari kelembaban relatif maksimum (RH_{max}) dan minimum (RH_{min}) yang dinyatakan sebagai kelembaban relatif rata-rata RH_{mean} .

$$RH = 100 \frac{e_a}{e^{\circ}(T)}$$

$$e^{\circ}(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27T}{T + 237.3} \right]$$

dimana:

RH = kelembaban relatif (%)

e_a = tekanan uap aktual (kPa)

$e^{\circ}(T)$ = tekanan uap jenuh pada temperatur udara T (kPa)

T = temperatur udara ($^{\circ}C$)

e. Tekanan uap jenuh (e_s)

Tekanan uap jenuh dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini:

$$e_s = \frac{e^{\circ}(T_{max}) + e^{\circ}(T_{min})}{2}$$

dimana:

e_s = tekanan uap jenuh (kPa).

$e^{\circ}(T_{max})$ = tekanan uap jenuh pada temperatur udara maksimum (kPa),

$e^{\circ}(T_{min})$ = tekanan uap jenuh pada temperatur udara minimum (kPa).

Tekanan uap jenuh (e_s) yang ditentukan berdasarkan nilai $e^{\circ}(T_{mean})$ akan memberikan hasil yang lebih kecil untuk nilai e_s , sehingga dapat mempengaruhi nilai perhitungan selanjutnya.

f. Tekanan uap aktual (e_a)

Tekanan uap aktual dapat dihitung dengan beberapa rumus berdasarkan data yang tersedia, diantaranya melalui data temperatur titik embun (T_{dew}), data *psychrometric*, dan data kelembaban relatif (RH). Rumus berikut merupakan perhitungan tekanan uap aktual (e_a) berdasarkan kelembaban relatif.

$$e_a = \frac{e^{\circ}(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} + e^{\circ}(T_{max}) \frac{RH_{min}}{100}}{2}$$

atau (5)

$$e_a = e^{\circ}(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} \quad (6)$$

atau

$$e_a = \frac{RH_{mean}}{100} \left[\frac{e^{\circ}(T_{max}) + e^{\circ}(T_{min})}{2} \right]$$

dengan:

e_a = tekanan uap aktual (kPa),

$e^{\circ}(T_{min})$ = tekanan uap jenuh pada temperatur harian minimum (kPa)

$e^{\circ}(T_{max})$ = tekanan uap jenuh pada temperatur harian maksimum (kPa),

RH_{max} = kelembaban relatif maksimum (%),

RH_{min} = kelembaban relatif minimum (%),

RH_{mean} = kelembaban relatif rata-rata (%).

g. Kurva kemiringan tekanan uap (Δ)

Kurva kemiringan tekanan uap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

dengan:

Δ = kurva kemiringan tekanan uap jenuh pada temperatur udara T (kPa).
T = temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$).

h. Radiasi netto (R_n)

Radiasi netto dapat dihitung menggunakan persamaan 2.24 berikut ini:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

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

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

Bila nilai n tidak tersedia pada data klimatologi, maka rumusnya dapat diganti dengan:

$$R_s = K_{Rs} \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} R_a$$

$$R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} z) R_a$$

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\phi) \tan(\delta)]$$

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max} K^4 + T_{\min} K^4}{2} \right] \left(0.34 - 0.14 \sqrt{e_a} \right) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

Keterangan:

R_n = radiasi netto ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

R_{ns} = radiasi matahari netto ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

α = koefisien albedo,

R_s = radiasi matahari yang datang ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

R_{so} = radiasi matahari (*clear-sky*) ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

n = durasi aktual penyinaran matahari (jam),

N = durasi maksimum yang memungkinkan penyinaran matahari (jam),

$a_s + b_s$ = fraksi radiasi ekstraterestrial mencapai bumi pada hari yang cerah ($n = N$),

K_{Rs} = Koefisien tetapan = 0.16 untuk daerah tertutup dan 0.19 untuk daerah pantai ($^{\circ}\text{C}^{-0.5}$),

z = elevasi stasiun di atas permukaan laut (m),

R_a = radiasi ekstraterestrial ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

G_{sc} = konstanta matahari = 0.0820 ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{min}$),

d_r = inverse jarak relatif bumi-matahari (pers.3.22),

J = hari dalam tahun antara 1 (1 Januari) sampai 365 atau 366 (31 Desember),

R_{nl} = radiasi netto gelombang panjang yang pergi ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$),

$T_{\max, K}$ = temperatur absolut maksimum selama periode 24 jam ($K = ^{\circ}\text{C} + 273.16$),

$T_{\min, K}$ = temperatur absolut minimum selama periode 24 jam ($K = ^{\circ}\text{C} + 273.16$),

Pada persamaan evapotranspirasi Penman Monteith, radiasi dinyatakan dalam MJ m⁻² hari⁻¹ yang dikonversi ke evaporasi yang ekuivalen dalam mm hari⁻¹ dengan menggunakan faktor konversi yang merupakan kebalikan dari panas laten penguapan (*laten heat of vaporization*) ($1/\lambda = 0.408$).

Evaporasi ekuivalen [mm hari⁻¹] = 0.408 x radiasi [MJ m⁻² hari⁻¹]

Dengan menggunakan nilai 2.25 MJ kg⁻¹ untuk λ :

$$\text{Radiasi [mm hari}^{-1}] = \frac{\text{radiasi [MJ m}^{-2}\text{ hari}^{-1}]}{2.45} = 0.408 \times \text{radiasi [MJ m}^{-2}\text{ hari}^{-1}]$$

- i. Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (G)
Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (G) dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta z$$

dimana:

G = kerapatan panas terus-menerus pada tanah (MJ/m²/hari),

cs = kapasitas pemanasan tanah (MJ/m³/°C),

Ti = temperatur udara pada waktu i (°C),

Ti-1 = temperatur udara pada waktu i-1 (°C),

Δt = panjang interval waktu (hari),

Δz = kedalaman tanah efektif (m).

Untuk periode harian atau 10-harian, nilai G sangat kecil (mendekati nol), sehingga nilai G tidak perlu di perhitungkan (FAO, 1999).

- j. Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (u₂)
Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (u₂) dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)}$$

dimana:

u₂ = kecepatan angin 2 m di atas permukaan tanah (m/s),

u_z = kecepatan angin terukur z m di atas permukaan tanah (m/s),

z = ketinggian pengukuran di atas permukaan tanah (m).

Selanjutnya untuk mengetahui nilai ET_c tanaman tertentu maka ET_o dikalikan dengan nilai K_c yakni koefisien tanaman yang tergantung pada jenis tanaman dan tahap pertumbuhan. Nilai K_c tersedia untuk setiap jenis tanaman.

$$ET_c = k_c \times ET_o$$

dengan :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari),

K_c = Koefisien tanaman yang tergantung dari jenis tanaman dan periode pertumbuhan tanaman,

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

Penentuan waktu tanam Waktu tanam dimana persediaan airnya dapat memenuhi kebutuhan air tanaman bawang merah selama masa pertumbuhan adalah waktu tanam yang paling baik, sedangkan waktu tanam dimana persediaan airnya tidak dapat memenuhi kebutuhan air tanaman bawang merah selama masa pertumbuhan kurang cocok untuk penanaman bawang merah.

Dalam membangun sistem penulis menggunakan software microsoft visual studio 10, microsoft visual studio adalah sebuah perangkat lunak lengkap yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi console, aplikasi

Windows, ataupun aplikasi Web(Enterprise, 2017). Sistem Pengambilan Keputusan adalah sebuah sistem yang mampu memberikan kemampuan pemecahan masalah maupun kemampuan pengkomunikasian untuk masalah dengan kondisi semi terstruktur dan tak terstruktur (Utama, 2017).

Pada sistem pengambilan keputusan yang dibuat menggunakan sistem yang *standalone* yang dibuat menggunakan software visual studio 10, yang dimana untuk memprediksi waktu bercocok tanama bawang merah di Kabupaten Enrekang ada beberapa data yang di inputkan yaitu data hujan, data testrial dan iklim. Data-data tersebut sangat mempengaruhi waktu tanama bawang merah. Kemudian diimplementasikan metode penman monteith untuk memunculkan predisi waktunya. Dengan adanya sistem tersebut dan diimplementasikan di dinas pertanian dan perkebunan Kabupaten Enrekang maka akan meningkatkan sumber daya manusia (SDM) pada dinas terkait dan juga para petani bawang merah serta dapat meningkatkan ekonomi masyarakat setempat khususnya pada petani bawang merah dan juga daerah.

METODE

Adapun lokasi penelitian berada di Dinas Pertanian dan Perkebunan kabupaten Enrekang, Jl. Poros Enrekang Rappang Km.3 Enrekang. Objek dari penelitian tersebut adalah prediksi waktu tanam bawang merah. Alat dan bahan penelitian untuk mendukung pembuatan sistem pengambilan keputusan dengan metode Penman Monteith sebagai berikut :

1. Alat Penelitian
 - a. Alat desain yang digunakan berupa use case diagram, sequence diagram dan activity diagram.
 - b. Perangkat keras yang digunakan yaitu 1 unit laptop.

- c. Perangkat lunak yang digunakan yaitu Microsoft Windows 7, software studi 10, star UML, SQL server 2008.

2. Bahan Penelitian

- a. Data mengenai curah hujan, data suhu, data kelembapan udara, kecepatan angin dari BMKG Kabupaten Enrekang.
- b. Data lama penyinaran matahari tanaman bawang merah
- c. Data waktu tanam bawang merah

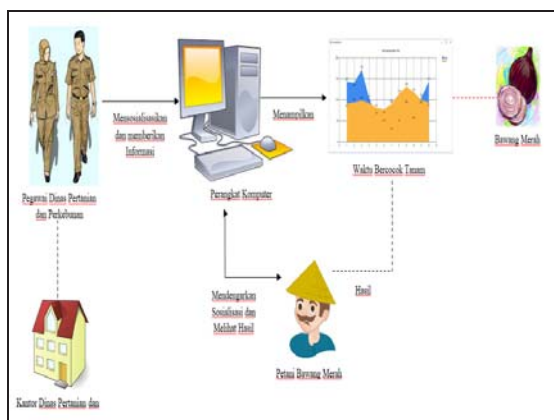
Adapun tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data : mengumpulkan data dan informasi yang menjadi kebutuhan sistem yang akan dibangun di lokasi penelitian yaitu kabupaten Enrekang.
2. Analisis Sistem : data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan analisi dan penguraian dari suatu aplikasi yang utuh ke dalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan, kesempatan, hambatan yang terjadi dan kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikannya.
3. Perancangan Sistem : setelah melakukan analisa sistem kemudian dibuat rancangan sistem pengambilan keputusan untuk prediksi bercocok tanam bawang merah di Kabupaten Enrekan menggunakan metode Penman Monteith serta merupakan strategi untuk memecahkan masalah dan mengembangkan solusi terbaik bagi permasalahan.
4. *Coding* : menerjemahkan persyaratan logika dari *pseudocode* atau diagram alur kedalam suatu bahasa pemrograman baik huruf, angka, dan simbol yang membentuk program yaitu melakkan pemberian coding atau baris perintah

pada sistem pengambilan keputusan yang telah di desain.

5. Pengujian Sistem : melakukan pengujian terhadap sistem baik itu untuk fungsional maupun logika dari penggunaan algoritma Penman Monteith dan mengetahui cara kerja dari sistem yang dirancang secara terperinci sesuai spesifikasi dan menilai apakah setiap fungsi atau prosedur yang dirancang sudah bebas dari kesalahan logika.
6. Implementasi : pada tahap ini sistem yang telah di buat dan diuji di implementasikan ke lokasi penelitian yaitu Kabupaten Enrekang khususnya di kantor Dinas Pertanian dan Perkebunan.

Rancangan arsitektur dari sitem yang digunakan adalah :



Gambar 1. Arsitektur Sistem

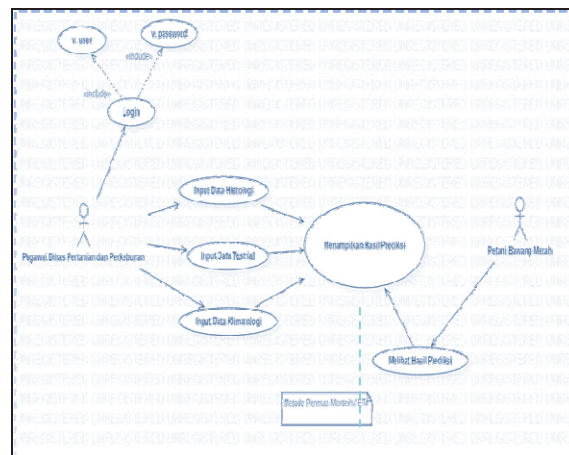
Gambar 1 menjelaskan arsitektur dari sistem yang dimana para pegawai Dinas Pertanian dan Perkebunan kabupaten Enrekang mengundang para petani bawang merah untuk datang ke kantor dinas tersebut untuk mensosialisasikan dan menginformasikan mengenai waktu bercocok tanam bawang merah menggunakan sistem pengambilan keputusan yang mengimplementasikan metode Penman Monteith. Para pegawai Dinas Pertanian dan Perkebunan menggunakan perangkat *computer tang* dimana dalah perangkat tersebut disediakan

aplikasi yang standalone dari sistem pengambilan keputusan, dari sistem tersebut akan di tampilkan hasil waktu prediksi tanam bawang merah untuk periode berikutnya kepada para petani bawang merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan dari penelitian tersebut sebagai berikut :

1. Gambaran Umum Sistem



Gambar 2. Use Case Diagram

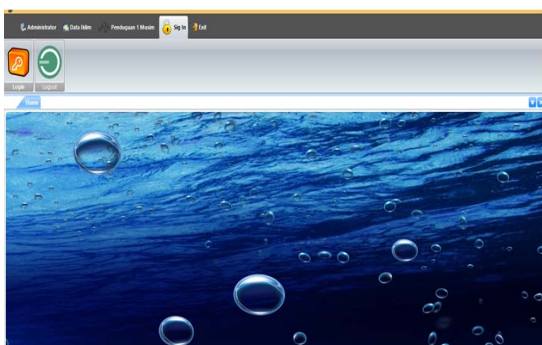
Gambar 2 merupakan *use case* diagram dari sistem yang merupakan gambaran umum dari sistem, terdapat 2 aktor yaitu pegawai Dinas Pertanian dan perkebunan dan petani bawang merah, didalam sistem pengambilan keputusan actor pegawai tersebut melakukan kegiatan login ke sistem dengan menginputkan user dan password, kemudian menginputkan data hidrologi, testrial dan klimatologi kemudian *dip roses* menggunakan metode *penman monteih* dan menampilkan hasil prediksi bercocok tanam bawang merah dan selanjutnya aktor petani bawang merah hanya melakukan kegiatan melihat hasil prediksi dari sistem tersebut dan mendapatkan waktu yang tepat untuk tanam bawang merah di periode berikutnya.

2. Tampilan Sistem



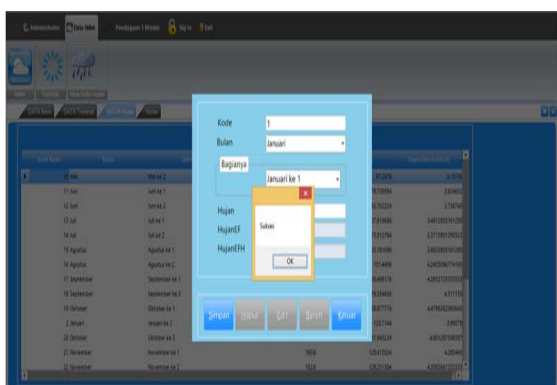
Gambar 3. Tampilan Login

Gambar 3 merupakan tampilan login ke sistem, yang dimana user pegawai dinas pertanian dan perkebunan melakukan input nama dan password untuk login ke sistem.



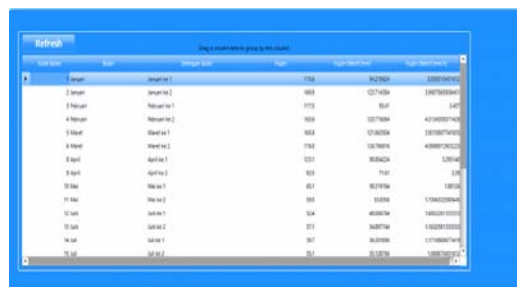
Gambar 4. Tampilan Halaman Utama

Gambar 4 merupakan tampilan halaman utama dari sistem yang terdapat beberapa tombol menu yaitu login, logout, data iklim dan pendugaan 1 musim.



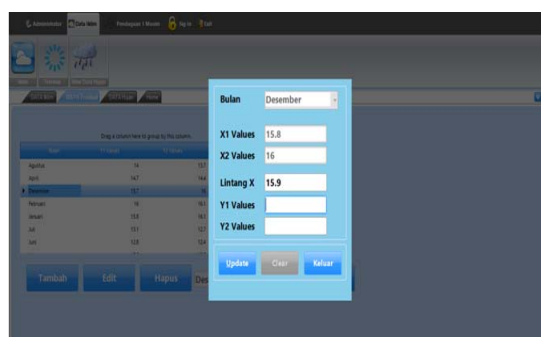
Gambar 5. Tampilan Input Data Hujan

Gambar 5 merupakan input dari data hujan yang inputkan ke dalam sistem sebagai pendukung dari data prediksi.



Gambar 6. Menampilkan Data Hujan

Gambar 6 merupakan hasil dari inputan dari data hujan yang di input ke dalam sistem.



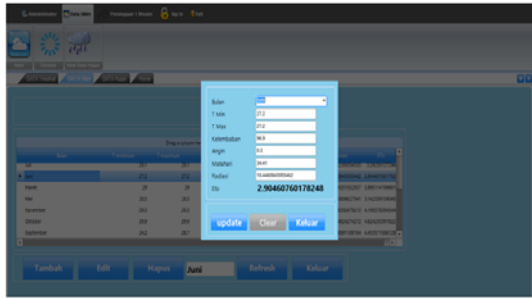
Gambar 7. Tampilan Input Data Testrial

Gambar 7 merupakan input dari data testrial yang merupakan salah satu factor yang digunakan untuk mendukung waktu prediksi bercocok tanam bawang merah.



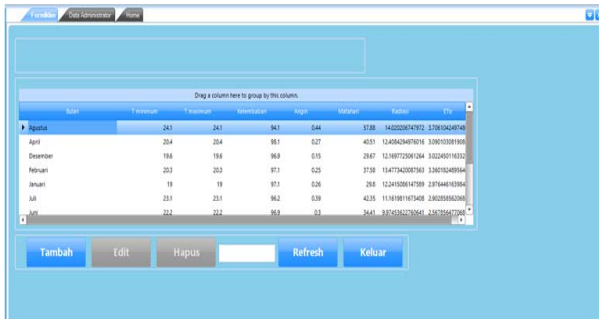
Gambar 8. Menampilkan Data Testrial

Gambar 8 merupakan hasil dari inputan dari data testrial yang di input ke dalam sistem.



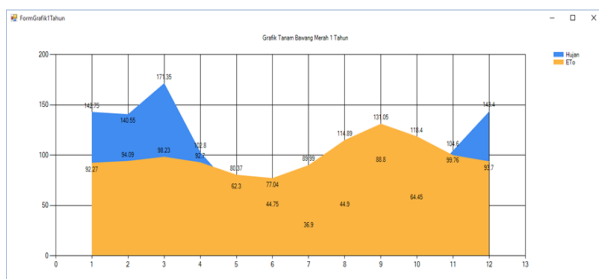
Gambar 9. Tampilan Input Data Iklim

Gambar 9 merupakan input dari data iklim yang merupakan salah satu faktor yang digunakan untuk mendukung waktu prediksi bercocok tanam bawang merah.



Gambar 10. Tampilan Input Data Iklim

Gambar 10 merupakan hasil dari inputan dari data iklim yang di input ke dalam sistem dan hasilnya akan menampilkan nilai ETo.



Gambar 11. Tampilan Grafik Prediksi Waktu Bercocok Tanam Bawang Merah

Gambar 11 merupakan hasil berupa grafik prediksi untuk bercocok tanam bawang merah pada periode berikutnya.

3. Analisa Metode Penman Monteith

Nilai koefisien tanaman untuk tanaman Bawang Merah sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai Koefisien Tanaman Bawang Merah

Stadium Pertumbuhan Bawang Merah	Lama (Hari)	Kc
Initial Stage	15-20	0.4-0.6
Crop Development Stage	25-35	0.7-0.8
Mid Season Stage	25-45	0.95-1.1
Late Season Stage	35-45	0.85-0.9
Harvest		0.75-0.85

Tabel 3 merupakan nilai koefisien dari tanaman bawang merah yang terdiri dari initial stage, crop development stage, mid season stage, late season stage dan harvest.

Tabel 4. Rata-rata Unsur Iklim di Kabupaten Enrekang Periode 2017- 2018

Bulan	Unsur Iklim				
	Temperatur(°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (Km/Jam)	Lama Penyinaran(Jam)	Curah Hujan (mm)/bulan
Januari	28.5	81	350	5.5	385.8
Februari	27.5	82	270	6.0	250
Maret	27.5	82	218	6.1	350
April	28.5	83	220	7.2	235
Mei	26.0	82	210	7.5	180
Juni	26.5	75	230	7.1	90
Juli	26.5	81	350	7.2	71
Agustus	25.8	80	330	7.3	75.5
September	26.5	79	280	7.2	130.2
Oktober	28,2	80	200	8.0	125.5
November	27.5	82	231	8.0	275.5
Desember	27.5	81	220	6.0	400.5

Sumber data : BMKG Tahun 2017-2018

Tabel 4 merupakan rata-rata unsur iklim yang ada di kabupaten Enrekang yang berada periode 2017-2018.

Tabel 5. Hasil Perhitungan ETo dengan Metode Penman Monteith

Bulan	Eto (mm/Hari)	Eto (mm/Bulan)
Januari	4.40	136.55
Februari	4.50	130.50
Maret	4.35	135.75
April	4.30	127.60
Mei	4.0	125.02
Juni	4.35	135.75
Juli	4.15	128.03
Agustus	4.50	137.01
September	4.60	145.1
Oktober	5.1	155.2

November	4.45	132.05
Desember	4.30	127.60

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan ETo dengan metode *Penman Monteith* untuk menentukan waktu tanam bawang merah yang tepat pada periode berikutnya.

4. Pengujian

Adapun metode pengujian yang dilakukan terhadap sistem pengambilan keputusan yaitu pengujian *blackbox* untuk menguji fungsional dari sistem yang dibuat, selanjutnya pengujian *whitebox* untuk menguji logika dari penggunaan metode Penman Monteith dan kemudian dilakukan pengujian kuesioner untuk mengetahui kebermanfaatan sistem tersebut yang responden terdiri dari pegawai dinas pertanian dan perkebunan dan para petani bawang merah di kabupaten Enrekang dengan jumlah responden sebanyak 25 responden.

a. Pengujian *Blackbox*

Pengujian *blackbox* adalah metode pengujian perangkat lunak yang menguji fungsionalitas aplikasi yang bertentangan dengan struktur internal atau kerja (Simarmata, n.d.).

Tabel 6. Pengujian *Blackbox*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Login	Berhasil Login kedalam Sistem	Valid
2	Input Data Hujan	Berhasil menambahkan data hujan	Valid
3	Input Data Testrial	Berhasil menambahkan data Testrial	Valid
4	Input Data Iklim	Berhasil menambahkan data iklim	Valid
5	Menampilkan Grafik Prediksi	Berhasil menampilkan grafik prediksi	Valid

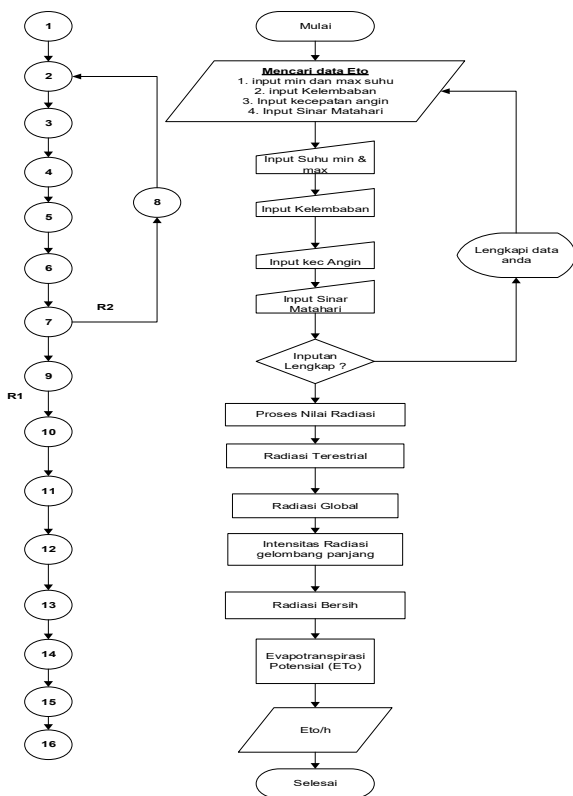
No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
6	Menampilkan Data Hujan	Berhasil menampilkan data hujan	Valid
7	Menampilkan Data Testrial	Berhasil menampilkan data Testrial	Valid
8	Menampilkan Data Iklim	Berhasil menampilkan data iklim	Valid

b. Pengujian *Whitebox*

Pengujian *whitebox* adalah pengujian yang didasarkan pada pengecekan terhadap detail perancangan, menggunakan struktur kontrol dari desain program secara procedural untuk membagi pengujian ke dalam beberapa kasus pengujian dan disebut juga sebagai pengujian logika (Feri Hari Utami & Asnawati, 2015).

Adapun algoritma dari metode *penman monteith* adalah :

1. Masukkan suhu min dan max.
2. Masukkan nilai kelembapan.
3. Masukkan nilai kecepatan angin.
4. Masukkan nilai sinar matahari.
5. Jika inputan tidak lengkap, maka ulangi dari langkah 1.
6. Jika inputan lengkap, maka lanjutkan ke langkah selanjutnya.
7. Proses nilai radiasi.
8. Radiasi terrestrial.
9. Radiasi global.
10. Proses intensitas radiasi panjang.
11. Proses radiasi bersih.
12. Evapotranspirasi potensial (ETo).
13. Tampilkan nilai ETo/h.



Gambar 12. Flowgraph dan Flowchart dari Metode Penman Monteith

Diketahui :

E = 16 N= 16 R = 2

Penyelesaian :

CC = (16-16) + 2 = 2

Independent Path = 2

Path 1 : 1-2-3-4-5-6-7-9-10-11-12-13-14-15-16

Path 2 : 1-2-3-4-5-6-7-8-2-...

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang dilakukan menggunakan metode pengujian *white box* maka dapat dianalisa bahwa perancang dapat mengetahui cara kerja dari aplikasi yang dirancang secara terperinci sesuai spesifikasi dan menilai apakah setiap fungsi atau prosedur yang dirancang sudah berjalan dengan baik dan benar dan menyimpulkan *independent path* dan keseluruhan flowgraph yang telah terurai.

c. Kuesioner

kuesioner dibagikan kepada responden yaitu pegawai dinas pertanian dan perkebunan serta para petani bawang merah sebanyak 25 responden dengan soal sebanyak 10 nomor di isi dengan tanda ceklist, Skala penilaian dari kuisisioner tersebut antara 1 (satu) sampai 5 (Lima) dengan deskripsi yaitu Angka 1 (satu) menunjukkan “Tidak Bermanfaat”, Angka 2 (dua) menunjukkan “Kurang Bermanfaat”, Angka 3 (tiga) menunjukkan “Cukup”, Angka 4 (empat) menunjukkan “Bermanfaat” dan Angka 5 (Lima) menunjukkan “Sangat Bermanfaat, dengan rumus sebagai berikut :

$$Z = x / y \times 100\%$$

Keterangan :

x = Banyaknya jawaban responden untuk setiap soal

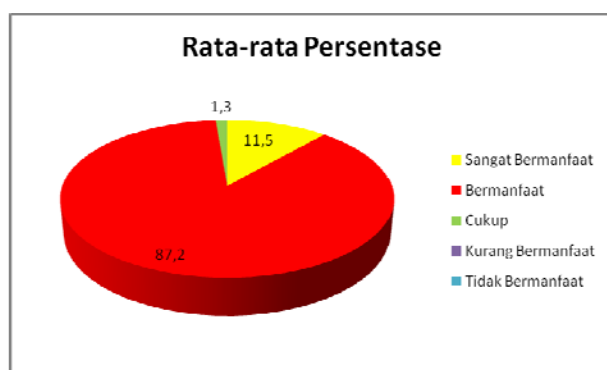
y = Jumlah responden

Z = Nilai persentase

Tabel 7. Data Persentase Kuesioner

Alternatif Jawaban	Total Persentase	Rata-rata Persentase
Sangat Bermanfaat	115	11,5
Bermanfaat	872	87,2
Cukup	13	1,3
Kurang Bermanfaat	0	0
Tidak Bermanfaat	0	0
Total		100

Tabel 6 merupakan data persentase dari hasil kuesioner yang telah dibagikan kepada 25 responden dan menghasilkan nilai seperti tabel 6 tersebut.



Gambar 13. Diagram Hasil Rata-rata Persentase

Pada gambar 13 merupakan hasil kuesioner dalam bentuk diagram yang dimana pada diagram terlihat 87,2% menyatakan sistem pengambilan keputusan untuk prediksi waktu bercocok tanam dengan mengimplementasikan metode penman monteith yang menyatakan bermanfaat sebanyak 87,2%, sangat bermanfaat 11,5%, cukup 1,3% dan untuk kurang bermanfaat dan tidak bermanfaat 0%.

PENUTUP

Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah dengan adanya system pengambilan keputusan pediksi waktu bercocok tanam bawang merah yang mengimplemtasikan metode *penman monteih* maka dapat membantu para petani bawang merah untuk menentukan prediksi waktu tanam bawang merah untuk periode berikutnya serta memudahkan pihak Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Enrekang untuk menginformasikan prediksi waktu bercocok tanam bawang merah kepada para petani bawang merah di Kabupaten Enrekang. Berdasarkan hasil pengujian *balckbox* utuk menguji fungsional dari sistem dinyatakan valid dan pada pengujian *whitebox* untuk uji logika metode *penman monteith* dinyatakan bebas dari kesalahan logika. Berdasarkan hasil kuesioner dari 25 responden yang terdiri dari pegara dinas pertanian dan

perkebunan dan juga petani bawang merah dengan jumlah soal 10 untuk mengetahui seberapa bermanfaat sistem pengambilan keputusan prediksi waktu bercocok tanam bawang merah dengan mengimplementasikan metode *penman monteith* yaitu dengan hasil rata-rata 11,5% menyatakan sangat bermanfaat, 87,2% menyatakan sangat bermanfaat dan 1,3% cukup serta kurang bermanfaat dan tidak bermanfaat 0%.

Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini adalah penelitian ini dapat dikembangkan untuk jenis tanaman lainnya ataupun menggunakan algoritma dan metode yang lebih relevan lagi yang berkaitan dengan prediksi waktu.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Enrekang yang telah bersedia bekerjasama untuk memberikan informasi pada proses pengumpulan data sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada para petani bawang merah Kabupaten Enrekang yang bersedia memberikan informasi yang banyak sangat membatu penulis serta untuk semua pihak terkait yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariastuti, N. L. P. S., Suryana, I. M., & Javandira, C. (2017). *Penentuan Waktu Tanam Bawang Merah (Allium Ascalonicum L) Berdasarkan Neraca Air Lahan Di Kecamatan Petang, Kabupaten Badung. Jurnal Agrimeta, 7(13)*. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada

- <http://jurnal.unmas.ac.id/index.php/agrimeta/article/view/730>
- Awalia Ardiana, & Amak Yunus Ep. (2017). Sistem Prediksi Penentuan Jenis Tanaman Sayuran Berdasarkan Kondisi Musim dengan Pendekatan Metode Trend Moment. *Jurnal Mahasiswa Fakultas Teknologi dan Sains*. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <https://www.neliti.com/publications/184453/sistem-prediksi-penentuan-jenis-tanaman-sayuran-berdasarkan-kondisi-musim-dengan>
- Budi Samadi. (2005). *Bawang Merah, Intensifikasi Budi Daya*. Yogyakarta : Kanisius.
- Cita Adiningrum. (2015). Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 158–172. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/article/view/649/669>
- Enterprise, J. (2017). *Belajar Vb, Visual C#, Dan Python Menggunakan Visual Studio*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Feri Hari Utami, & Asnawati. (2015). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta : Deepublish
- Harison, Mandarani Putri, & Wahida Daratul. (2017). Perancangan Aplikasi Bercocok Tanam Padi dan Cabe Kriting Berbasis Android. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), 306–312. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <https://teknosi.fti.unand.ac.id/index.php/teknosi/article/view/330>
- Hilda Amalia, & Evicienna Evicienna. (2017). Aplikasi Sistem Penunjang Keputusan Untuk Prediksi Ibu Melahirkan. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer*, 3(1), 122–126. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <http://ejournal.nusamandiri.ac.id/index.php/jitk/article/view/369>
- Muhammad Nazeer. (2012). *Sensitivity Analysis of Fao Penman-Monteith Equation*. Lambert Academy Publishing
- Raja Tama Andri Agus, & Winda Sulastri. (2018). Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Benih Padi Menggunakan Metode Fmcdm. 1, 33–36. *Jurnal STMIK Royal*. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <https://jurnal.stmikroyal.ac.id/index.php/senar/article/view/129>
- Simarmata, J. (2006). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Sri Wahyuni, Dwi Rustam Kendarto, & Nurpilihan Bafdal. (2019). Perbandingan Evapotranspirasi Potensial Untuk Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays L.*) Pada Sistem Pemanenan Air Limpasan di Lahan Kering Ciparanje. 3, 39–46. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS: "Sumber Daya Pertanian Berkelanjutan Dalam Mendukung Ketahanan Dan Keamanan Pangan Indonesia Pada Era Revolusi Industri 4.0"*. Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 pada <https://jurnal.fp.uns.ac.id/index.php/semnas/article/view/1320>
- Suparman. (2007). *Bercocok Tanam Bawang Merah*. Jakarta : Azkapress
- Utama, D. N. (2017). *Sistem Penunjang Keputusan: Filosofi Teori dan Implementasi*. Yogyakarta : Penerbit Garudhawaca.
- Yitenu Tabuni, Jolie Viekson Porong, & Johannes E.X. Rogi. (2018). Pendugaan Evapotranspirasi Bulanan Tanaman Padi Sawah dengan Menggunakan Model Simulasi Tanaman di Kabupaten Jayawijaya Provinsi Papua. *Jurnal COCOS*, 1(2). Diperoleh pada tanggal 23 Juli 2019 dari <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/view/20573>