

Spatial Mapping And Analysis Of The Harvest Time Determination Of Paddy (*Oryza sativa* L.) Using The *Thermal Unit* Of The Southeast Minahasa Regency

Pemetaan Spasial dan Analisis Penentuan Waktu Panen Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Menggunakan Konsep *Thermal Unit* di Kabupaten Minahasa Tenggara

Nadia Jovanka Rombe^{1*)}, Johannes E. X. Rogi²⁾, Jeanne M. Paulus²⁾, Frangky J. Paat²⁾

1) Postgraduate Agronomy Study Program at Sam Ratulangi University Manado, 95115, Indonesia

2) Lecturer at Sam Ratulangi University Postgraduate Agronomy Study Program, Manado, 95115, Indonesia

*Corresponding author:

nadiajovanka25@gmail.com

Manuscript received: 9 Oct. 2023. Revision accepted: 18 Dec. 2023.

Abstract

Climate change since 2019 has had a significant impact on paddy plant growth, presenting new challenges in optimizing food production. An effective approach in determining the harvest timing is the Thermal Unit Concept, which takes into account the accumulation of daily temperature during the rice plant's growth. Spatial mapping using Geographic Information System (GIS) is employed to analyze land conditions and heat requirements in paddy cultivation. The mapping results are valuable for planning, cultivation, governmental policy-making, and dissemination to farmers. This research was conducted from August to November in the Rasi Village, Southeast Minahasa, North Sulawesi Province. Data collection involved observing the phenology of rice plants, recording coordinates of planting and harvesting locations, and digitizing Landsat images using SAS Planet and ArcGIS 10.8. Daily temperature analysis was carried out to obtain thermal unit values. The digitized map revealed the paddy field area in Southeast Minahasa Regency to be 3,002.621 hectares, distributed across all sub-districts. The sub-district with the largest paddy field area was North Tombatu, covering 521.362 hectares, while South Touluaan had the smallest area at 32.142 hectares. The Thermal Unit analysis indicated that Southeast Minahasa Regency/Rasi requires 1,285.11 thermal units, with varying heat requirements in each growth phase. During the seeding-planting phase, paddy plants need 292.79 °C, seedling-transplanting 460.04 °C, seedling-anthesis, and heading 217.57 °C, and during the anthesis and heading-harvest phase, paddy plants require 314.71 °C.

Keywords: *Spatial Mapping, Thermal Unit, Paddy (Oryza sativa L.)*

Abstrak

Perubahan iklim yang terjadi sejak tahun 2019 telah memberikan dampak signifikan pada pertumbuhan tanaman padi, menghadirkan tantangan baru dalam mengoptimalkan produksi pangan. Pendekatan efektif dalam menentukan waktu panen adalah Konsep Thermal Unit, yang memperhitungkan akumulasi suhu harian selama pertumbuhan tanaman padi. Pemetaan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis digunakan untuk menganalisis kondisi lahan dan kebutuhan panas dalam pertanian padi. Hasil pemetaan ini berguna untuk perencanaan, pembudidayaan, serta pengambilan kebijakan pemerintah dan disosialisasikan kepada petani. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – November di Desa Rasi, Minahasa Tenggara Provinsi Sulawesi Utara. Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan pengamatan fenologi tanaman padi, mengambil titik koordinat lokasi dan waktu/tanggal semai-panen tanaman padi, kemudian dilakukan digitasi Citra Landsat, *Sas Planet ArcGIS* 10.8 dan menganalisis suhu harian untuk mendapatkan nilai *thermal unit*. Hasil digitasi peta mendapatkan luas sawah di kabupaten Minahasa Tenggara sebesar 3.002,621 ha yang tersebar diseluruh kecamatan yang ada di Minahasa Tenggara, Kecamatan yang memiliki luas lahan sawah terbesar yaitu kecamatan Tombatu Utara sebesar 521,362 ha, sedangkan untuk kecamatan dengan luas lahan terkecil yaitu Touluaan Selatan sebesar 32,142 ha. Hasil analisis *Thermal Unit* menunjukkan bahwa kabupaten Minahasa Tenggara / Rasi : 1.285,11 d⁰C, dengan jumlah kebutuhan panas yang berbeda-beda disetiap fasenya. Pada fase semai – tanam, tanaman padi memerlukan 292,79 d⁰C, tanam-anakan 460,04 d⁰C, anakan – anthesis dan bunting 217,57 d⁰C, serta pada fase anthesis dan bunting – panen tanaman padi memerlukan 314,71 d⁰C.

Kata Kunci : *Pemetaan Spasial, Thermal Unit, Padi (Oryza sativa L.)*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani, khususnya pertanian dari komoditi pangan yaitu tanaman padi. Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman yang menghasilkan beras dan menjadi sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia setelah sereal, jagung dan gandum (*Food and Agriculture Organization*, 2018). Hal tersebut menunjukkan bahwa tingginya vitalitas tanaman padi terhadap keberlangsungan peradaban penduduk dunia, tidak terkecuali dengan Indonesia yang mayoritas penduduknya bergantung pada tanaman padi sebagai sumber pangan utama sehari-hari. Maka dari itu tanaman padi menjadi salah satu komoditas penting dan mempunyai nilai strategis bagi masyarakat Indonesia.

Kabupaten Minahasa Tenggara, sebagai salah satu kontributor utama dalam produksi padi sawah, menjadi fokus penelitian dalam upaya pemetaan spasial dan analisis penentuan waktu panen. Perubahan iklim yang terjadi sejak tahun 2019 telah memberikan dampak signifikan pada pertumbuhan tanaman padi, menghadirkan tantangan baru dalam mengoptimalkan produksi pangan. Dalam upaya meningkatkan efisiensi pertanian dan mendukung keberlanjutan sektor ini, penelitian ini mengadopsi pendekatan inovatif dengan menerapkan Konsep Thermal Unit. Konsep ini memperhitungkan akumulasi suhu harian selama pertumbuhan tanaman padi, memberikan dasar yang kuat untuk menentukan waktu panen yang optimal. Pemetaan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi alat utama untuk menganalisis kondisi penyebaran lahan persawahan Kabupaten Minahasa Tenggara.

Minahasa Tenggara merupakan salah satu kabupaten penghasil beras yang ada di provinsi Sulawesi Utara. Menurut data BPS

Sulawesi Utara (2021) dari segi luas panen, kabupaten

Minahasa Tenggara menempati urutan ke-6 dengan total luas panen sebesar 1 694,76 ha, total produksi 6 582,06 ton, dan rata-rata produksi 38,84 ku/ha.

Konsep *Thermal Unit* dikembangkan atas dasar bahwa tanaman setiap harinya mengumpulkan sejumlah satuan panas yang besarnya tergantung suhu rata-rata harian dan suhu dasar yang berpengaruh terhadap tanaman (Wang et al 1960). Konsep *Thermal Unit* akan mempertimbangkan akumulasi suhu selama masa pertumbuhan tanaman padi yang memiliki suhu berbeda – beda selama siklus pertumbuhannya, dimulai dari periode vegetatif sampai generatif. Konsep *Thermal Unit* memungkinkan pengamatan dan perhitungan suhu harian sehingga dapat mengidentifikasi tahapan pertumbuhan dan mencapai jumlah suhu yang diperlukan untuk panen serta untuk mengidentifikasi titik kritis pada perkembangan tanaman padi sehingga dapat membantu dalam mengoptimalkan hasil panen, meningkatkan kualitas biji padi dan mengurangi resiko kerugian hasil akibat panen yang terlalu dini atau terlambat.

Pemetaan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis guna melihat kondisi dan memetakan lahan beserta dengan keperluan jumlah panas yang dibutuhkan dalam suatu lahan persawahan tersebut berdasarkan hasil dari analisis penentuan waktu panen padi sawah (*Oryza sativa* L.) menggunakan konsep *thermal unit*. Pemetaan adalah pengelompokan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan beberapa letak geografis wilayah yang meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi penduduk yang berpengaruh terhadap sosial kultural yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat (Soekidjo, 1994). Sistem Informasi Geografis mampu memberikan informasi-informasi yang

dibutuhkan mengenai pemetaan persawahan dengan lebih mudah.

Hasil dari pemetaan spasial ini dapat digunakan untuk perencanaan, pengolahan, pembudidayaan tanaman padi oleh pemerintah serta pengambil kebijakan setempat serta disosialisasikan kepada para petani.

METODOLOGI

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Rasi, kabupaten Minahasa Tenggara. Dari bulan Agustus – Oktober 2023.

Bahan dan Alat

Bahan Tanaman padi varietas Serayu, data suhu harian NASA POWER, data Citra Landsat dan *Sas Planet*, data shp Kabupaten Minahasa Tenggara dan Provinsi Sulawesi Utara (2014-2034).

Alat *Laptop*, kamera, *GPS*, *ArcGIS* versi 10.8, label petak, dan alat tulis.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian campuran dengan mengumpulkan data suhu dari setiap fase perkembangan tanaman padi kemudian dilakukan analisis perhitungan data tersebut, setelah itu dilakukan pemetaan spasial dengan interpretasi citra klasifikasi *visual on screen*.

Prosedur Penelitian

Persiapan

- Penentuan lokasi penelitian
- Menyiapkan alat-alat yang akan digunakan

Persiapan Data

Data yang akan digunakan :

- Data Lapangan : meliputi titik koordinat, lokasi sawah yang membudidayakan tanaman padi varietas Serayu, dan tanggal serta jumlah hari dari setiap fase pertumbuhan tanaman padi.

- Data Iklim NASA POWER : Data suhu harian.

- Data Citra Landsat dan Citra Sas Planet

- Data shp Kabupaten dan Prov. Sulawesi Utara (2014-2034)

Pengamatan Fenologi

Pembuatan plot pada lahan sawah yang di tanami padi varietas serayu. Plot yang akan dibuat yaitu sebanyak 12 plot.

Analisis Data

- Thermal Unit (TU)

TU adalah thermal unit (d oC) yang diperlukan untuk mencapai tingkat pertumbuhan tertentu. Untuk menentukan thermal unit dapat menggunakan persamaan :

$$TU = \sum(T-T_0)$$

$$s = \sum (T - T_0) / TU$$

Dimana:

- s = fase perkembangan tanaman
- T = Suhu udara (0C)
- T₀ = Suhu dasar (0C)
- TU = Thermal Unit

Nilai s akan sama dengan 1 bila tingkat pertumbuhan tersebut telah tercapai atau pada saat $\sum(T-T_0) = TU$. Oleh sebab itu jumlah hari (t) yang diperlukan untuk mencapai fase tersebut dapat ditentukan pada saat s=1. Untuk menentukan suhu dasar (T₀) dan thermal unit (TU), persamaan di atas dapat didekati dengan merata-ratakan suhu harian selama fase tersebut (T') sehingga pada saat s=1, maka $t(T' - T_0) = TU$.

Fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi meliputi :

- Tahap 1 : Semai
- Tahap 2 : Tanam
- Tahap 3 : Anakan
- Tahap 4 : Anthesis
- Tahap 5 : Matang Fisiologis

- Interpretasi Citra

Pada tahap ini dilakukan interpretasi klasifikasi visual on screen dengan mendelineasi setiap kelas tutupan lahan yang mempunyai warna dan bentuk yang sama menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8. Interpretasi visual lahan

persawahan di dasarkan atas beberapa unsur yaitu: pola, bentuk, lokasi, tekstur, dan asosiasi.

Overlay

Peta yang dihasilkan selanjutnya dioverlay dengan data shp Kab. Minahasa Tenggara dan Prov Sulawesi Utara, sehingga dihasilkan peta spasial lahan persawahan yang siap untuk di layout.

Pemasukan hasil analisis data Thermal Unit

Pada tahap ini kita harus memasukan titik koordinat sesuai dengan yang digunakan sebagai sampel dan telah dilakukan analisis data : Thermal Unit

Layout Peta

Layout peta merupakan tahap terakhir dalam pembuatan peta. Layout peta berarti menyusun penempatan-penempatan dari peta judul, legenda, skala, sumber data, penerbit dan lain-lain. Hasil akhir yaitu

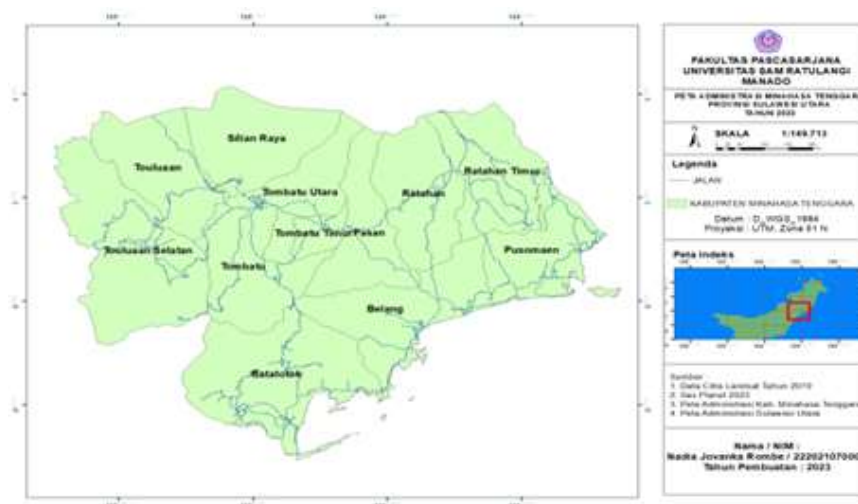
“Peta Spasial Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Kabupaten Minahasa Tenggara yang dilengkapi dengan penentuan waktu panen”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Minahasa Tenggara merupakan salah satu kabupaten yang ada Provinsi Sulawesi Utara, dengan batas – batasnya sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Minahasa Selatan
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Minahasa dan Laut Maluku
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Maluku dan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Minahasa Selatan.



Gambar 1. Peta Administrasi Minahasa Tenggara

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sulawesi Utara (2020), Kabupaten Minahasa Tenggara memiliki luas wilayah sebesar 610,8 km² dan terbagi menjadi 12 kecamatan, serta 135 desa.

Pengamatan Fenologi

Pengamatan fenologi dilakukan di Desa Rasi yang merupakan salah satu desa

yang berada di Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara.

Penyemaian

Penyemaian dilakukan pada tanggal 1 Juli 2023, dengan cara menyebarkan benih padi varietas serayu di dalam satu bedengan dengan perairan yang baik. Setelah dua hari, benih padi sudah berkecambah dan menjadi tanaman muda. Pada hari ke-7 yaitu pada

tanggal 7 Juli 2023, tanaman muda sudah mencapai ketinggian 14 cm. Dan pada fase ini, sistem perairan dalam bedengan tersebut masih disalurkan dengan cukup.

Tanam

Penanaman dilakukan pada tanggal 23 Juli 2023 dan untuk pengamatan pada fase ini dilakukan 5 hari setelah tanam.

Berdasarkan hasil pengamatan pada fase tanam yang dilakukan hari ke 5 setelah tanam, pada petak I.1 dan II.4 dapat dilihat bahwa petak tersebut mengalami pengeringan, kemudian pada petak I.4, III.1, III.3, III.4 mengalami pengairan yang tidak merata. Hal ini dikarenakan, pada lahan tersebut sudah mulai kekurangan air dari irigasi akibat cuaca panas dan rendahnya curah hujan sehingga mengakibatkan pasokan air ke irigasi itu berkurang. Oleh karena itu, beberapa tanaman yang terdapat pada petak-petak tersebut tidak berdiri kokoh. Sedangkan pada petak yang pengairannya cukup dan merata, tanaman terlihat kokoh.

Air berperan dalam menjaga suhu tanaman, proses fotosintesi, respirasi, media untuk reaksi-reaksi biokimia dan penyerapan mineral dari dalam tanah. Kekurangan air akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, air harus tersedia di dalam tanah. Sumber utama dari

air di dalam tanah adalah curah hujan (Hafif, 2016).



Anakan

Pengamatan fase ini dilakukan pada 29 Agustus 2023, yaitu hari ke-35 setelah tanam. Pada pengamatan ini dilakukan perhitungan jumlah rata-rata anakan dalam setiap petak, untuk tanaman yang hitung jumlah anakannya yaitu 4 tanaman yang berada di tengah petak.

Berdasarkan hasil pengamatan pada fase ini, tinggi tanaman dan warna daun terlihat sama dan merata. Akan tetapi terdapat variasi jumlah rata-rata anakan dalam setiap petak. Untuk petak dengan rata-rata anakan terbanyak yaitu petak I.3, III.1, III.2 yaitu sebanyak 31 anakan. Sedangkan petak dengan jumlah anakan paling sedikit yaitu pada petak II.4 yaitu 26 anakan.













Menurut penelitian yang dilakukan oleh Husna (2010), jumlah anakan tanaman dapat mencapai maksimum apabila tanaman tersebut memiliki karakter genetik yang baik, didukung oleh kondisi lingkungan yang menguntungkan dan sesuai dengan pertumbuhan serta perkembangan tanaman. Selain dipengaruhi oleh faktor lingkungan, perbedaan dalam pertumbuhan tanaman juga disebabkan oleh variasi genetik dari setiap genotip.

Tabel 1. Fase Penyemaian.

Fase	Tanggal	Gambar	Keterangan
Semai	1 Juli 2023		Gambar diambil pada hari ke-2 setelah semai.
Tanaman muda	7 Juli 2023		Gambar di ambil pada hari ke-7 setelah semai.













Sumber : Hasil Pengamatan di Desa Rasi, 2023

Tabel 2. Fase Tanam

No Petak	Ulangan			
	1	2	3	4
I				
II				
III				

Sumber : Hasil Pengamatan di Desa Rasi 2023

Tabel 3. Fase Anakan

No Petak	Ulangan			
	1	2	3	4
I				
II				
III				

Sumber : Hasil Pengamatan di Desa Rasi, 2023

Tabel 4. Jumlah Anakan

No Petak	Ulangan			
	1	2	3	4
I	30	28	31	29
II	26	30	27	26
III	31	31	29	30

Sumber : Hasil Pengamatan di Desa Rasi, 2023

Menurut Supriadin *et al.* (2013), variasi dalam jumlah anakan tanaman dapat disebabkan oleh faktor-faktor genetik maupun lingkungan, seperti curah hujan, metode budidaya, jarak tanam, dan ketersediaan nutrisi.

Anthesis – Pembuntingan

Pengamatan fase ini dilakukan pada 16 September 2023. Pada pengamatan fase anthesis – pembuntingan terdapat mayoritas tanaman dalam petakan sudah mengalami pembuntingan dan pembentukan serta pengembangan bulir padi. Bulir padi mulai mengisi dengan endosperm dan nutrisi. Terdapat juga 5-11 tanaman dalam satu petakan yang masih mengalami fase anthesis yaitu fase kunci reproduksi dimana bunga padi mekar dan pembuahan terjadi.

Faktor iklim terutama suhu dan kelembaban udara, dapat memengaruhi proses anthesis dan pembuntingan. Demikian juga dengan ketersediaan air yang memadai diperlukan













untuk mendukung perkembangan bunga dan proses pembuahan.

Matang Fisiologis

Pengamatan fase ini dilakukan pada tanggal 7 Oktober 2023. Pada fase ini gabah matang berkembang penuh, keras dan berwarna kuning, daun bagian atas mengering dengan cepat. Sejumlah daun yang mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman.

Pada pengamatan ini tanaman padi sudah mengalami matang fisiologis yang seragam dan Bulir padi mencapai tahap penuh kematangan dan siap untuk panen. Panen dilakukan pada tanggal 11 Oktober 2023. Hal ini dikarenakan sistem mapalus yang diterapkan dalam desa tersebut, dimana para petani saling membantu satu sama lain dalam melakukan pemanenan padi. Para petani juga masih menerapkan sistem panen tradisional sehingga memerlukan tenaga dan waktu yang lebih ekstra.

Tabel 5. Fase Anthesis – Pembuntingan

No Petak	Ulangan			
	1	2	3	4
I				
II				
III				

Peta dan Analisis Thermal Unit Padi Sawah di Kabupaten Minahasa Tenggara

Minahasa Tenggara merupakan salah satu kabupaten penghasil beras yang ada di provinsi Sulawesi Utara. Menurut data BPS













Sulawesi Utara (2021) dari segi luas panen, kabupaten Minahasa Tenggara menempati urutan ke-6 dengan total luas panen sebesar 1 694,76 ha, total produksi 6 582,06 ton, dan rata-rata produksi 38,84 ku/ha.

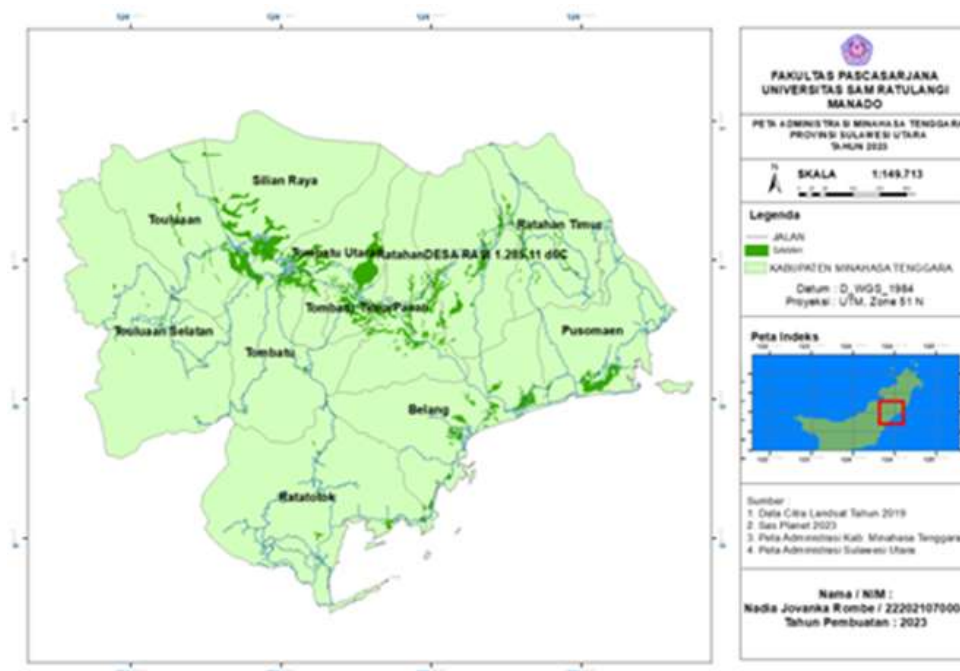
Penelitian ini dilaksanakan di desa Rasi kecamatan Ratahan dengan titik koordinat lahan sawah yang dijadikan sampel yaitu : 01001'35.41"N 123046'07.62"E.

Berdasarkan data pada tabel 9, dapat dilihat bahwa hasil digitasi lahan sawah di

kabupaten Minahasa Tenggara memiliki luas sebesar 3.002,621 ha. Kecamatan yang memiliki luas lahan sawah terbesar yaitu kecamatan Tombatu Utara sebesar 521,362 ha, sedangkan untuk kecamatan dengan luas lahan terkecil yaitu Touluaan Selatan sebesar 32,142 ha.

Tabel 6. Fase Matang Fisiologis

No Petak	Ulangan			
	1	2	3	4
I				
II				
III				



Gambar 2. Peta Spasial Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Kabupaten Minahasa Tenggara yang dilengkapi dengan penentuan waktu panen.

Menurut data Badan Pusat Statistik (2021), Kabupaten Minahasa Tenggara memiliki luas panen sebesar 1 694,76 ha, angka ini berbeda jauh dengan hasil digitasi luas lahan sawah yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena banyaknya lahan sawah yang sudah tidak produktif atau tidak aktif lagi serta adanya alih fungsi lahan sawah menjadi lahan budidaya tanaman hortikultura seperti sayur-sayuran.

Hasil Analisis Thermal Unit

Data suhu harian yang digunakan mulai dari tanggal semai : 1 Juli 2023 sampai tanggal panen : 11 Oktober 2023.

Berdasarkan data pada tabel 10 dan 11 diketahui bahwa rata-rata suhu harian pada lahan tersebut mencapai 260C/hari. Tanaman padi tersebut membutuhkan 103 hari pada proses semai-panen. Tanaman padi yang berada di Desa Rasi Kecamatan Ratahan Minahasa Tenggara juga memiliki kebutuhan panas yang berbeda-beda di setiap fasenya untuk keberlangsungan perkembangan dan pertumbuhan tanaman padi tersebut. Pada fase semai – tanam, tanaman padi memerlukan 292,79 d0C, tanam-anakan 460,04 d0C, anakan – anthesis dan bunting 217,57 d0C, serta pada fase anthesis dan bunting – panen tanaman padi memerlukan 314,71 d0C. Berdasarkan total jumlah kebutuhan panas setiap fasenya, maka nilai Thermal Unit/TU tanaman padi yang berada di lahan tersebut mencapai 1 285,11 d0C.

Pada umumnya tanaman padi biasanya memerlukan waktu 3-4 bulan untuk tumbuh mulai dari pembenihan sampai dengan panen, tergantung dari jenis varietas padi dan kondisi tempat tanaman padi tumbuh (Sajiwo, 2017). Hal – hal yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman yaitu jumlah air yang diberikan secara tepat, karena akan merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan efisiensi penggunaan air sehingga dapat meningkatkan luas areal tanaman yang bisa diairi (Ludong dan Nio, 2014).

Curah hujan sangat mempengaruhi produksi padi sawah, karena kebutuhan air bagi tanaman padi sangat dibutuhkan sehingga diperlukan irigasi untuk suplai air apabila

tidak tanaman akan mengalami stress air (Rumintjap , Verbry. 2016). Laju pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh pemupukan, perawatan tanaman, pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, menurut Kartasapoetra (1993) kebutuhan tanaman akan radiasi matahari berbeda-beda menurut jenis dan fase pertumbuhannya. Radiasi matahari berperan dalam proses fotosintesis yang menjadi bahan utama dalam pertumbuhan dan produksi tanaman pangan serta mempercepat proses pertumbuhan dan pematangan.

Casey L Brown et al (2022) berdasarkan risetnya bahwa durasi penghijauan musim semi kira-kira 2 minggu lebih pendek pada tahun-tahun berikutnya untuk forb ($19 \pm 3,8$ hari) dan graminoid ($13,2 \pm 2,8$ hari), dan penuaan 3 minggu lebih lama untuk graminoid ($25,1 \pm 5,1$) dan semak belukar ($22,0 \pm 4,6$). Rata-rata tanggal puncak pembungaan adalah $3,1 \pm 0,2$ hari lebih awal per dekade untuk spesies hijau tumbuhan bawah dengan sekitar 1/3 spesies (35%) menunjukkan tanggal puncak pembungaan lebih awal dari waktu ke waktu. Variasi curah hujan di akhir musim dingin mempunyai pengaruh paling besar terhadap lamanya penghijauan tumbuhan bawah, sedangkan variasi curah hujan di musim panas mempunyai pengaruh lebih besar terhadap lamanya periode penuaan.

Tony W Carr et al (2022) melaporkan hasil penelitiannya bahwa hasil panen menurun rata-rata 6% (-8% hingga +2% tergantung jenis tanamannya) karena perubahan iklim di semua skenario yang dianalisis. Kami menunjukkan bahwa strategi adaptasi yang umum dapat meningkatkan hasil panen yang terkena dampak perubahan iklim sebesar 13% (-4% hingga +19% tergantung pada strateginya) dibandingkan dengan praktik pengelolaan lahan seperti biasa, dan mengoptimalkan tanggal tanam dan kultivar. dengan durasi siklus tanaman yang lebih panjang sebenarnya dapat mengimbangi dampak negatif perubahan iklim terhadap hasil panen. Peningkatan penggunaan pupuk belum mengurangi dampak perubahan iklim terhadap tanaman, namun dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan saat ini dan di masa depan.

Jose Rafael Guarin et al 2022 melaporkan hasil riset bahwa persilangan haploid ganda (DH) dengan kinerja terbaik dengan peningkatan

fotosintesis kanopi dari percobaan ladang gandum dalam literatur diekstrapolasi ke skala global dengan ansambel multi-model model tanaman gandum berbasis proses untuk memperkirakan produksi gandum global. Percobaan juga digunakan untuk menentukan hubungan kuantitatif antara produksi gandum dan radiasi matahari untuk memperkirakan potensi hasil genetik. Ansambel multi-model memproyeksikan produksi gandum tahunan global sebesar 1.050 ± 145 Mt karena peningkatan fotosintesis kanopi, peningkatan sebesar 37%, tanpa perluasan area tanam. Pencapaian potensi hasil genetik ini akan memenuhi perkiraan proyeksi permintaan biji-bijian yang lebih rendah pada tahun 2050, meskipun terdapat tantangan yang cukup besar.

Ehsan Eyshi Rezaei et al 2015 menunjukkan bahwa efek pendinginan akibat DOH 14 hari sebelumnya hampir sepenuhnya mengkompensasi dampak buruk pemanasan global terhadap frekuensi dan besarnya stres panas tanaman. Periode musim semi yang lebih hangat dapat mencegah paparan terhadap kejadian panas ekstrem di sekitar bunga mekar, yang merupakan tahap pertumbuhan paling sensitif terhadap tekanan panas. Akibatnya, intensitas tekanan panas di sekitar bunga mekar pada tanaman musim dingin yang dibudidayakan di Jerman mungkin tidak meningkat akibat perubahan iklim meskipun jumlah dan durasi gelombang panas ekstrem meningkat. Hal ini tidak berarti bahwa peringatan global tidak akan merugikan produksi tanaman karena adanya dampak lain, misalnya, memperpendek masa pengisian gabah. Berdasarkan tren selama 34 tahun terakhir di Jerman, tekanan panas (stress thermal time) di sekitar bunga mekar akan menjadi 59% lebih tinggi pada tahun 2009 jika pengaruh suhu tinggi terhadap percepatan fenologi gandum diabaikan. Penelitian disimpulkan bahwa dampak iklim perlu mempertimbangkan pengaruh suhu tinggi terhadap pembentukan butir pada bunga mekar dan juga terhadap fenologi tanaman.

KESIMPULAN

Hasil pemetaan spasial menunjukkan bahwa luas sawah di kabupaten Minahasa Tenggara

<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/samrat-agrotek>

sebesar 3.002,621 ha yang tersebar diseluruh kecamatan yang ada di Minahasa Tenggara, Kecamatan yang memiliki luas lahan sawah terbesar yaitu kecamatan Tombatu Utara sebesar 521,362 ha, sedangkan untuk kecamatan dengan luas lahan terkecil yaitu Touluaan Selatan sebesar 32,142 ha. Hasil analisis Thermal Unit menunjukkan bahwa kabupaten Minahasa Tenggara / Rasi : 1.285,11 dOC, dengan jumlah kebutuhan panas yang berbeda-beda disetiap fasenya. Pada fase semai – tanam, tanaman padi memerlukan 292,79 dOC, tanam-anakan 460,04 dOC, anakan – anthesis dan bunting 217,57 dOC, serta pada fase anthesis dan bunting – panen tanaman padi memerlukan 314,71 dOC .

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, Fitria Aninda, Purwandaru Widyasunu dan Joko Maryanto. 2021. “Distribusi Unsur Hara Kalium Tanah dan Kadarnya pada Tanaman Padi Sawah di Wilayah Sub Das Serayu Hilir Kecamatan Sampang Kabupaten Cilacap” dalam *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, Volume 2. Purwokerto : Universitas Jenderal Soedirman.
- Tony W Carr et al 2022. Climate change impacts and adaptation strategies for crops in West Africa: a systematic review. *IOP Environ. Res. Lett.* 17 053001
- Casey L Brown et al 2022. Climate change effects on understory plant phenology: implications for large herbivore forage availability. *IOP Environ. Res.: Ecology* 1 011002
- Jose Rafael Guarin et al 2022. Evidence for increasing global wheat yield Potential. *IOP Environ. Res. Lett.* 17 124045
- Ehsan Eyshi Rezaei et al 2015. Intensity of heat stress in winter wheat—phenology compensates for the adverse effect of global warming *Environ. Res. Lett.* 10 024012
- Huda, Maulana Nuril, Sunaryo dan Roedy Soelistyono. 2015. “Kajian Thermal Unit Akibat Pengaruh Kerapatan Tanaman Dan Mulsa Plastik Hitam Perak Pada Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)” dalam *Jurnal Produksi Tanaman*, Volume 3, Nomor 1. Malang : Universitas Brawijaya.
- Muryono, Slamet dan Westi Utami. 2020. “Pemetaan Potensi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Guna Mendukung Ketahanan

- Pangan” dalam BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan. Yogyakarta : BHUMI.
- Punusingon, Greydi, Daniel P. M. Ludong dan Johannes E. X. Rogi. 2021. “Respon Evapotranspirasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Varietas Permata Dan Serayu Terhadap Variasi Ketebalan Tanah Menggunakan Metode System Of Rice Intensification (Sri) Di Desa Rasi, Kabupaten Minahasa Tenggara” dalam *Eugenia* Volume 27 No. 1. Manado : Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi.
- Rombon, Dellyna, Jemmy Najoan dan Samuel D. Runtunuwu. 2014. “Pengaruh Interaksi Konsentrasi Dan Waktu Aplikasi Paclobutrazol Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Padi Sawah (*Oryza SATIVA* L) Varietas Serayu”. Dalam *Cocos*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.
- Rumintjap, Verby, Johaness F. X. Rogi dan Deddie Tooy. 2016. “Pemetaan Potensi Produksi Padi Sawah (*Oryza Sativa* L) Dengan Menggunakan Model Simulasi Tanaman Di Kabupaten Minahasa

- Selatan” dalam *ASE – Volume 12 Nomor 1A*. Manado .
- Santoso, Yoga Setiawan, dkk. 2013. “Penentuan Umur Panen Dengan Metode Akumulasi Satuan Panas (Heat Unit) Untuk Meningkatkan Ketepatan Waktu Panen Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea*)”. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Shof, Najmi Nurus, dkk. 2022. “Sistem Peramalan Waktu Masak Fisiologis Benih Padi Menggunakan Double Exponential Smoothing” dalam *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT)* Vol. 9 No. 1. Jember : Politeknik Negeri Jember
- Sugiarta, Anak. 2016. “Tanggapan Beberapa Varietas Padi Sawah Pada Saat Panen Yang Tepat Terhadap Produksi Dan Kualitas Hasil”. Bali : Universitas Udayana.
- Wangsitala , Angger, Didik Hariyono dan Roedy Soelistyono. 2016. “Pemanfaatan Thermal Unit Untuk Menentukan Waktu Panen Tanaman Baby Wortel (*Daucus Carota* L.) Dengan Menggunakan Varietas Dan Mulsa Yang Berbeda” dalam *Produksi Tanaman* Vol. 4 No. 6. Malang : Universitas Brawijaya.