

Pemetaan Daya Dukung Pangan Kabupaten Malang Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam

Safira Arum Arysandi¹, Langgeng Wahyu Santosa², dan Sudrajat²

¹Magister Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia; e-mail: safiraarumarysandi@mail.ugm.ac.id

²Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Malang sejalan dengan meningkatnya kebutuhan lahan yang memicu maraknya alih fungsi lahan pertanian dan berdampak pada penurunan produksi pangan. Kondisi ini dapat mengancam ketahanan pangan daerah sehingga diperlukan evaluasi daya dukung pangan. Pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan sistem grid skala ragam memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap daya dukung pangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status daya dukung pangan beras di Kabupaten Malang serta memodelkan distribusinya dalam peta. Analisis SIG mencakup proses overlay parameter ekoregion, vegetasi alami, tutupan/penggunaan lahan, jenis tanah dan curah hujan yang nilainya diperoleh dari metode *simple additive weighting* (SAW) sehingga didapatkan nilai koefisien Daya dukung lingkungan dalam penyediaan pangan berbasis jasa ekosistem. Daya dukung pangan direpresentasikan dengan nilai daya dukung pangan beras menggunakan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan beras. Grid skala ragam resolusi 5"x5" digunakan untuk menyesuaikan variasi data spasial sehingga dapat meningkatkan presisi hasil analisis. Hasil penelitian ini menunjukkan ketersediaan pangan beras di Kabupaten Malang 312.916,66 ton sedangkan kebutuhan beras total adalah 241.275,90 ton. Sehingga nilai daya dukung pangan di Kabupaten Malang adalah 1,39, maka Kabupaten Malang masuk dalam kategori surplus, artinya produksi beras cukup untuk memenuhi kebutuhan penduduk dan dapat mendistribusikan kelebihan bahan pangan ke wilayah lain yang membutuhkannya.

Kata kunci: Daya dukung, pangan beras, jasa ekosistem, sistem grid skala ragam, sistem informasi geografi (SIG)

ABSTRACT

Population growth in Malang Regency is accompanied by an increasing demand for land, which has triggered the widespread conversion of agricultural land and resulted in a decline in food production. This situation can threaten regional food security, necessitating an evaluation of food carrying capacity. A Geographic Information System (GIS) based approach with a multi-scale grid system allows for more accurate analysis. This study aims to analyze the status of rice food carrying capacity in Malang Regency and model its distribution in a map. GIS analysis includes the process of overlaying ecoregion parameters, natural vegetation, land cover/use, soil type, and rainfall whose values are obtained from the simple additive weighting (SAW) method so that the coefficient value of environmental carrying capacity in providing food based on ecosystem services is obtained. Food carrying capacity is represented by the value of rice carrying capacity using a comparison between rice availability and needs. The 5"x5" resolution multi-scale grid system is used to adjust the variation of spatial data so that it can increase the precision of the analysis results. The results of this study indicate that the availability of rice food in Malang Regency is 312,916.66 tons while the total rice requirement is 241,275.90 tons. So if the food carrying capacity value in Malang Regency is 1.39, then Malang Regency is included in the surplus category, meaning that rice production is sufficient to meet the needs of the population and can distribute excess food to other areas that need it.

Keywords: carrying capacity, rice food, ecosystem services, multi-scale grid system, geographic information system (GIS)

Citation: Arysandi, S. A., Santosa, L. W., dan Sudrajat. (2025). Pemetaan Daya Dukung Pangan Kabupaten Malang Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1162-1174, doi:10.14710/jil.23.5.1162-1174

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk di Kabupaten Malang berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir (2014-2024) mencatat peningkatan

penduduk sebesar 203.514 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 1,64 per tahun. Peningkatan jumlah penduduk tersebut banyak dipengaruhi oleh faktor eksternal, terutama faktor perkembangan daerah sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi baru di Jawa Timur. Selain itu, Kabupaten

Malang berperan sebagai kawasan penyangga bagi Kota Malang dan Kota Batu yang tengah berkembang pesat dalam sektor perdagangan, jasa, dan pariwisata. Sehingga Kabupaten Malang turut mengalami percepatan dalam pertumbuhan penduduknya.

Peningkatan jumlah penduduk sejalan dengan peningkatan penggunaan sumber daya, diantaranya kebutuhan lahan sebagai ruang aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhannya (Ridwan., dkk. 2021; Muta'ali L., 2015). Hal ini memicu terjadinya alih fungsi lahan, utamanya lahan pertanian. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Malang No. 6 Tahun 2015 tentang Perlindungan LP2B, dalam kurun waktu lima tahun terakhir lahan pertanian di Kabupaten Malang mengalami penyusutan rata-rata 10-15 hektar per tahun. Disamping itu, produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan luas lahan pertanian. Akibatnya produksi padi di Kabupaten Malang pada tahun 2022 sebesar 501.697 ton dan menurun dibandingkan tahun 2021 sebesar 0.34 persen. Permasalahan yang sering muncul adalah pertambahan jumlah penduduk menyebabkan tingkat konsumsi bahan pangan semakin tinggi dan tidak diimbangi oleh tingkat produksi bahan pangan akibatnya dapat mengancam ketahanan pangan.

Keberlanjutan lahan pertanian dan ketahanan pangan menjadi perhatian Pemerintah Kabupaten Malang, karena sektor pertanian merupakan sektor andalan dalam perekonomian di Kabupaten Malang. Sebanyak 32,3% penduduknya bekerja di sektor pertanian (BPS, 2024). Tingginya jumlah tenaga kerja yang terserap di sektor pertanian menunjukkan bahwa pembangunan di sektor ini menjadi faktor utama dalam keberhasilan pembangunan daerah di Kabupaten Malang. Sektor pertanian juga memiliki peran penting dalam memberikan kontribusi terhadap PDRB di wilayah, namun kontribusi sektor pertanian mengalami penurunan dari 15,37 persen menjadi 14,8 persen di tahun 2021.

Alih fungsi lahan utamanya lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dapat menurunkan kemampuan daya dukung lingkungan dalam penyediaan pangan. Daya dukung lingkungan penyedia pangan merupakan kemampuan suatu daerah dalam menyediakan pangan guna memenuhi kebutuhan pangan penduduknya agar mempunyai kehidupan yang sejahtera. Konsep ini dirumuskan oleh Odum, Howard, dan Issard untuk menghitung tingkat swasembada pangan beras di suatu daerah (Muta'ali L., 2012). Daya dukung lingkungan penyedia pangan mengandung dua komponen utama, yaitu ketersediaan (*supply*) dan komponen kebutuhan (*demand*). Ketersediaan merepresentasikan kapasitas lingkungan yang umumnya terbatas tetapi kebutuhan merepresentasikan tekanan yang umumnya tidak terbatas (Ruggiero *et al.*, 2012). Keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan pangan sangat menentukan ketahanan pangan suatu wilayah.

Ketahanan pangan merupakan kondisi ketika setiap saat semua orang memiliki akses fisik dan ekonomi untuk mencukupi kebutuhan makanan yang

bernutrisi dalam rangka mencapai kehidupan yang sehat (Salasa, 2021). Salah satu dimensi dari ketahanan pangan adalah ketersediaan bahan pangan secara fisik, yang dapat ditentukan antara lain melalui tingkat produksi, ketersediaan dan perdagangan bahan pangan yang terjadi. Permasalahan ketahanan pangan dapat diselesaikan dengan cepat, salah satunya melalui informasi daya dukung pangan. Oleh karena itu penelitian tentang daya dukung lingkungan sebagai penyedia pangan menjadi sangat penting untuk menjadi solusi mengatasi masalah pangan.

Penilaian daya dukung lingkungan untuk penyedia pangan menjadi dasar dalam perencanaan dan pengelolaan lingkungan, sebagaimana diatur dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009. Sejak diberlakukannya undang-undang tersebut, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan telah mengembangkan berbagai analisis untuk memastikan keberlanjutan fungsi lingkungan, salah satunya dengan pendekatan berbasis pemanfaatan kinerja jasa ekosistem.

Daya dukung pangan perlu divisualisasikan secara jelas untuk memungkinkan analisis yang lebih komprehensif, karena informasi daya dukung pangan dapat membantu pemerintah dalam merancang kebijakan yang lebih efektif, terutama dalam menjaga keseimbangan antara pertumbuhan penduduk, ketahanan pangan, dan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan sistem grid skala ragam mampu merepresentasikan daya dukung wilayah dalam bentuk informasi spasial tanpa harus menyamakan skala data yang tersedia. Pendekatan ini membantu mengatasi kendala perbedaan resolusi data yang sering terjadi dalam pemetaan spasial (Norvyani & Taradini, 2016). Selain itu, studi oleh Burkhard *et al.*, (2012) dalam "*Mapping ecosystem service supply, demand and budgets*" menunjukkan bahwa pendekatan grid dalam pemetaan ekosistem dapat meningkatkan presisi dalam analisis daya dukung lingkungan. Dengan pembagian wilayah ke dalam sel-sel grid, variasi spasial dapat lebih mudah diidentifikasi dan dianalisis.

Namun demikian, kajian terkait daya dukung pangan umumnya masih menggunakan pendekatan administratif berbasis wilayah kecamatan atau kabupaten, sehingga cenderung mengaburkan variasi spasial pada skala lokal (Irsan, 2023; Pratama, I. D. J., Arrasyid, R., Zidan, M., Alfiah, N. S., & Rahma, 2021; Sriutomo, 2015). Kondisi ini menunjukkan adanya keterbatasan penerapan metode grid dalam pemetaan daya dukung pangan yang mampu memberikan representasi spasial yang lebih presisi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status daya dukung pangan dengan memodelkan distribusinya dalam peta menggunakan pendekatan berbasis SIG dengan sistem grid skala ragam.

Untuk mendukung analisis tersebut, metode *Simple Additive Weighting* (SAW) digunakan dalam menentukan parameter bobot pada sistem grid. SAW dipilih karena mampu mengolah berbagai parameter

dengan skala berbeda menjadi nilai terstandarisasi yang mudah dibandingkan, serta memberikan proses pengambilan keputusan yang sederhana, transparan, dan obyektif (Triantaphyllou, 2000). Kelebihan ini menjadikan SAW relevan untuk memperkuat akurasi penilaian daya dukung pangan dan memudahkan integrasi hasil ke dalam pemetaan SIG, sehingga distribusi spasial daya dukung dapat divisualisasikan secara lebih informatif.

Berdasarkan latar belakang tersebut tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis status daya dukung pangan yang direpresentasikan berdasarkan perbandingan ketersediaan dan kebutuhan pangan beras di Kabupaten Malang serta memodelkan distribusinya dalam peta dengan pendekatan berbasis SIG menggunakan sistem grid skala ragam.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengaplikasikan pendekatan secara spasial, dimana data-data wilayah kajian di analisis berdasarkan ruang menggunakan perangkat lunak SIG. Pendekatan spasial yang dilakukan pertama kali adalah penilaian daya dukung lingkungan penyedia pangan berdasarkan kinerja jasa ekosistem pada periode waktu tahun 2024, kemudian dilakukan perhitungan status daya dukung pangan beras. Penilaian daya dukung lingkungan penyedia pangan dengan pendekatan kelas jasa ekosistem dihasilkan dari parameter penggunaan lahan, ekoregion bentuklahan, jenis vegetasi alami, jenis tanah dan data curah hujan. Setiap paramter diberi nilai dan bobot untuk dianalisis menggunakan metode *simple additive weighting* (SAW) sehingga diperoleh nilai indeks kinerja jasa lingkungan (jasa ekosistem).

Penentuan status daya dukung pangan dilakukan dalam sistem grid dengan ukuran 5” dengan resolusi (150mx150m) untuk cakupan wilayah kabupaten. Ukuran grid yang digunakan sesuai dengan pedoman penentuan D3TLH yang dibuat oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Resolusi ini dipilih karena mampu menyajikan analisis informasi secara lebih rinci, sehingga objek dengan luasan kecil tetap dapat teridentifikasi tanpa terabaikan. Tahapan penentuan status daya dukung pangan terdiri dari (1) distribusi penduduk, (2) perhitungan kebutuhan pangan, (3) perhitungan ketersediaan pangan, dan (4) status daya dukung pangan.

2.1. Data Penelitian

Tabel 1. Data Penelitian

Data yang Digunakan	Skala/Tahun
Peta batas administrasi	1:50.000
Peta ekoregion bentangalam	1:250.000
Peta jenis vegetasi alami	1:250.000
Peta jenis tanah	1:50.000
Peta tutupan lahan eksisting	1:50.000
Peta jaringan jalan	1:50.000
Curah hujan tahunan	2024
Jumlah penduduk	2024
Produksi padi	2024
Standar kebutuhan beras per kapita per tahun	2024

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data yakni data sekunder dan data primer yang dikumpulkan melalui metode survei.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

1. *Simple Additive Weighting*

Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) merupakan metode penskoran sederhana dari parameter penentuan jasa ekosistem penyedia pangan. Pada tahap ini parameter penggunaan lahan, ekoregion bentuklahan, jenis vegetasi alami, jenis tanah dan data curah hujan diberinilai dan bobot dari pakar atau ahli di bidangnya (*expert judgement*). Pada tahap ini dilakukan wawancara terhadap 3 sumber, yakni perwakilan pakar dari Dinas Lingkunga Hidup Kabupaten Malang, Dinas Pertanian Kabupaten Malang dan dosen Fakultas Geografi UGM. Penilaian dilakukan dengan mengisi skala likert pada rentang nilai 1 – 5 dengan penjelasan semakin besar skor, semakin besar kontribusi masing-masing paramater terhadap potensi daya dukung penyediaan pangan (Muta’ali L., 2019). Bobot tiap paramater dalam penelitian ini diasumsikan memiliki nilai atau kepentingan yang sama.

2. Perhitungan Koefisien Jasa Ekosistem Penyedia Pangan

Koefisien Jasa Ekosistem (KJE) penyedia pangan dihitung dengan menjumlahkan skor dari beberapa parameter, yaitu skor bentuklahan, skor tipe vegetasi alami, skor penutup lahan, skor jenis tanah, dan skor curah hujan. Selanjutnya, untuk mengelompokkan hasil perhitungan KJE ke dalam beberapa kelas, digunakan rumus interval kelas. Interval kelas diperoleh dengan membagi selisih antara nilai tertinggi dan nilai terendah dengan jumlah kelas yang ditetapkan.

Hasil yang didapatkan akan menggambarkan sebaran spasial jasa ekosistem penyediaan bahan pangan di Kabupaten Malang dengan lima kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

3. Distribusi Penduduk

Disribusi penduduk dihitung dengan menggunakan pemodelan densitas penduduk oleh Nengsih, (2014) dimana distribusi penduduk menggunakan pemodelan berdasarkan bobot jenis penggunaan lahan dan jenis jalan. Densitas penduduk dihitung dengan mengalikan populasi penduduk dan bobot densitas penduduk berdasarkan kelas lahan kemudian di bagi dengan total populasi penduduk.

Pemodelan ini dipilih karena mampu merepresentasikan sebaran penduduk secara lebih realistis dibandingkan pendekatan rata-rata administratif, sebab mempertimbangkan faktor spasial yang memengaruhi konsentrasi penduduk, seperti intensitas penggunaan lahan dan aksesibilitas jalan.

Bobot kelas lahan dan jalan yang digunakan untuk memodelkan densitas penduduk dapat dilihat pada

Tabel 2. Sistem grid skala ragam digunakan dalam penelitian ini, karena menurut Riqqi, (2008) sistem grid skala ragam dapat dimanfaatkan dalam menggambarkan kejadian pada pola yang tidak berubah maupun berubah secara monoton dalam rentang skala tertentu.

Tabel 2. Nilai Bobot Jenis Jalan dan Kelas Penggunaan Lahan untuk Distribusi Penduduk

Jenis Jalan dan Penggunaan Lahan	Bobot
Jalan Arteri	0,095
Jalan Lokal	0,180
Jalan Kolektor	0,009
Danau	0,000
Hutan Lahan Kering Primer	0,000
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,000
Hutan Tanaman	0,000
Hutan Campuran	0,000
Lahan Terbuka	0,000
Perkebunan	0,000
Permukiman	0,270
Persawahan	0,272
Rawa	0,000
Semak Belukar	0,000
Sungai	0,000
Tegalan/Ladang	0,142

Sumber: Riqqi (2008) dan Nengsih (2014)

4. Kebutuhan Pangan Beras

Nilai kebutuhan bahan pangan diperoleh dari hasil perkalian distribusi penduduk per grid dengan standar kebutuhan konsumsi beras rata-rata penduduk Kabupaten Malang tahun 2022 sebesar 75,2 kg/kapita/tahun.

5. Ketersediaan Pangan Beras

Tahapan perhitungan ketersediaan bahan pangan menurut Nengsih (2014) dimulai dengan pendistribusian nilai Koefisien Jasa Ekosistem (KJE) kedalam grid, Hal ini dilaksanakan karena dalam 1 grid dapat terdiri dari satu penggunaan lahan dan atau ekoregion sehingga dilakukan pembobotan pada proporsi luas tiap objek (penggunaan lahan dan atau ekoregion).

Perhitungan nilai ketersediaan penyedia bahan pangan beras per kecamatan dilakukan dengan cara membagi jumlah produksi beras kg/tahun tiap kecamatan dengan nilai Koefisien Jasa Ekosistem tiap kecamatan. Setelah dilakukannya perhitungan ketersediaan bahan pangan per kecamatan, selanjutnya dilakukan pendistribusian nilai ketersediaan pangan beras ke dalam grid.

6. Status Daya Dukung Bahan Pangan

Penentuan status daya dukung bahan pangan dimulai dari perhitungan selisih ketersediaan bahan pangan dengan kebutuhan bahan pangan dalam satuan grid, kemudian dilakukan perhitungan ambang batas penduduk untuk melihat jumlah penduduk maksimal yang dapat ditampung.

Perhitungan ambang batas penduduk diperoleh dari pembagian ketersediaan bahan pangan dengan standar kebutuhan bahan pangan dalam satu tahun.

Untuk menentukan status daya dukung bahan pangan dihitung nilai dari selisih nilai ambang batas penduduk dalam grid dengan jumlah penduduk dalam grid.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Koefisien Jasa Ekosistem Penyedia Pangan

Perhitungan kinerja jasa ekosistem di Kabupaten Malang dianalisis berdasarkan dari nilai koefisien jasa ekosistem penyedia pangan, dimana nilai tersebut dihasilkan dari overlay parameter ekoregion bentang alam, jenis vegetasi, tutupan lahan, jenis tanah dan curah hujan. Hasil perhitungan didapatkan nilai koefisien jasa ekosistem penyedia pangan terendah adalah 8 dan tertinggi adalah 20 (Tabel 3).

Pada Gambar 1, dapat dilihat peta distribusi kelas kinerja jasa ekosistem penyedia pangan di Kabupaten Malang. Distribusi lima kelas yang terdiri dari kelas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi masing-masing memiliki luasan seperti pada Gambar 1.

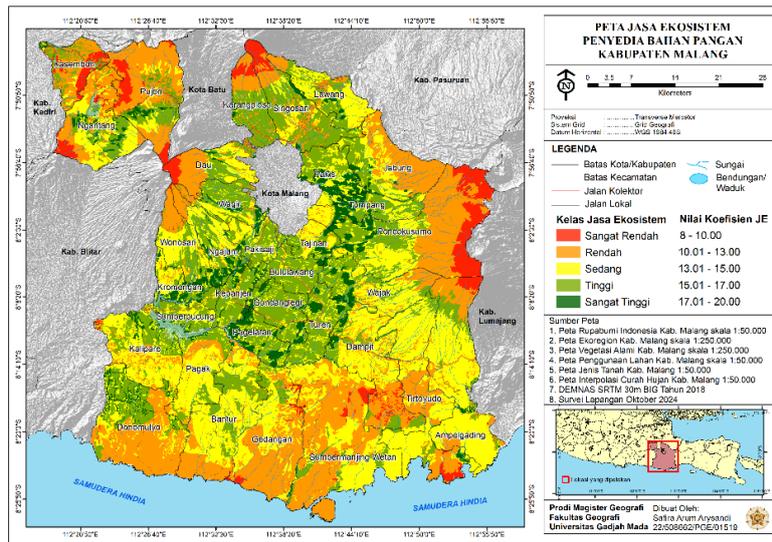
Kelas jasa ekosistem tinggi hingga sangat tinggi paling banyak tersebar pada bagian tengah Kabupaten Malang yang merupakan kawasan ekoregion dataran fluviovolkanik material aluvium. Kelas jasa ekosistem tinggi hingga sangat tinggi merepresentasikan kapasitas wilayah tersebut untuk mendukung penyediaan pangan. Hal ini didukung oleh karakteristik ekoregion dataran fluviovolkanik material aluvium yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai lahan budidaya pertanian basah karena material aluvium memiliki tekstur geluhan, struktur remah, solum tebal serta ketersediaan air yang melimpah (Kurniawan A., & Sadali, M.I., 2018). Sejalan dengan penelitian Febriarta dkk., (2020) dan penelitian Sabila, (2020) bahwa pola sebaran kinerja jasa ekosistem dengan nilai tinggi mayoritas tersebar pada satuan ekoregion dataran fluviovolkanik.

Kelas jasa ekosistem rendah hingga sangat rendah mayoritas tersebar pada kawasan ekoregion lereng atas dan lereng tengah pegunungan serta wilayah dengan material batuan sedimen karbonat atau wilayah karst di bagian selatan Kabupaten Malang. Hal ini dikarenakan topografi dan jenis tanah kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman pangan, khususnya padi.

Tabel 3. Distribusi Koefisien Jasa Ekosistem

Kelas	Nilai KJE	Luas
Sangat Rendah	8-10,00	19.191,28 (6%)
Rendah	10,01-13,00	99.980,31 (29%)
Sedang	13,01-15,00	117.452,85 (34%)
Tinggi	15,01-17,00	90.742,14 (26%)
Sangat Tinggi	17,01-20,00	17.442,59 (5%)

Sumber: Riqqi (2008) dan Nengsih (2014)



Gambar 1. Distribusi Nilai Koefisien Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan di Kabupaten Malang

Tabel 4. Persebaran Potensi Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Pangan Padi Berdasarkan Parameter Ekoregion Bentang Alam

Parameter Ekoregion Bentang Alam	Luasan Kelas Indeks Kinerja Jasa Ekosistem (ha)					Total
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
Pegunungan denudasional bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	550,5	2.817,3	16.683	1.784,6	0	2
Pegunungan kerucut vulkanik lereng atas bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	8.118,1	2.008,1	8,4	0	0	1
Pegunungan kerucut vulkanik lereng bawah bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	1.573,8	31.375,6	49.922	27.444	2.112,5	2
Pegunungan kerucut vulkanik lereng tengah bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	2.523,0	16.602	2.633,8	2.576,2	93,2	2
Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat	341,1	15.142	7.585,0	0	0	2
Perbukitan kerucut vulkanik parasiter bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	0	268,3	1.822,1	86,9		2
Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen karbonat	0	1.215,1	9.033,9	8.853,8	1.108,6	3
Dataran fluviovolkanik bermaterial aluvium		598,3	16.682	42.729	12.748	4
Dataran solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat	298,6	18.179	4.896,6	625,4	0	2
Dataran solusional karst berombak-bergelombang bermaterial batuan sedimen karbonat	14,2	1.586,9	7.617,4	575,5	0	2
Dataran vulkanik berombak-bergelombang bermaterial batuan beku luar	0	636,9	104,2	2.263,7	0	3
Danau	5,2	0	172,6	1.408,2	805,7	4
Lembah sungai bermaterial aluvium	406,1	1.727,2	666,6	1.727,2	406,1	4
Perbukitan denudasional bermaterial campuran batuan beku luar dan piroklastik	1.288,4	9.280,0	2.719,7	668,0	93,2	2

Sumber data diolah dari hasil analisis

Penggunaan lahan memiliki peran penting dalam jasa ekosistem karena merupakan cerminan potensi hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kegiatan manusia. Tutupan/penggunaan lahan sawah memiliki kinerja jasa ekosistem penyedia pangan sangat tinggi, sebab sistem sawah mampu mendukung produksi padi secara berkelanjutan melalui ketersediaan air irigasi, kesuburan tanah yang relatif stabil, serta praktik pengelolaan yang telah berlangsung lama dan adaptif. Selain menghasilkan pangan pokok bagi sebagian besar penduduk, sawah juga berperan dalam penyimpanan karbon dan regulasi siklus hidrologi, sehingga multifungsi dalam mendukung ketahanan pangan dan lingkungan (Huang et al., 2022).

Jenis tanah menentukan tingkat kesuburan dan ketersediaan nutrisi yang langsung mempengaruhi produktivitas Pertanian. Potensi kinerja jasa

ekosistem tinggi hingga sangat tinggi paling banyak tersebar pada tanah jenis andosol, gleisol dan kambisol.

Hal ini sejalan dengan karakteristik andosol yang kaya bahan organik dan memiliki kapasitas tukar kation tinggi, gleisol yang mampu menyimpan air sehingga mendukung ketersediaan kelembapan, serta kambisol yang relatif subur dengan tekstur tanah yang baik untuk perakaran (Anindita et al., 2023; Dwi Wahjunie et al., 2024). Kondisi tersebut menjadikan ketiga jenis tanah tersebut berperan penting dalam penyediaan jasa ekosistem pertanian yang berkelanjutan.

Keberadaan vegetasi alami menjadi indikator kualitas lingkungan dan berfungsi sebagai penyedia berbagai jasa ekosistem yang mendukung kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Jenis vegetasi alami hutan pamah monsun merangas mencakup

sebagian besar wilayah Kabupaten Malang, jenis vegetasi ini sangat mendukung kinerja jasa ekosistem penyedia pangan di Kabupaten Malang.

Vegetasi hutan pamah berperan dalam menjaga kesuburan tanah melalui kontribusi serasah organik, mempertahankan siklus hidrologi, serta melindungi keanekaragaman hayati yang penting bagi

keberlanjutan sistem pertanian di sekitarnya. Sejalan dengan temuan (de Groot et al., 2010) dan (Locatelli et al., 2015), ekosistem hutan menyediakan jasa ekosistem penting seperti penyimpanan karbon, regulasi air, dan penunjang produktivitas pangan, yang menjadikannya elemen kunci dalam menjaga ketahanan ekologi dan ekonomi wilayah.

Tabel 5. Persebaran Potensi Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Pangan Padi Berdasarkan Parameter Jenis Tutupan/Penggunaan Lahan

Parameter Jenis Tutupan/penggunaan Lahan	Luasan Kelas Indeks Kinerja Jasa Ekosistem (ha)					Total
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
Bangunan industri/perkantoran/perdagangan	29,5	111,2	6,8	0	0	0
Hutan	4.431,3	23.055	12.336	772,0	0	2
Kebun campuran	210,2	1.706,1	998,7	3,5	0	4
Ladang/tegalan	510,0	7.817,9	44.547	41.135	1.615,1	4
Lahan terbuka	477,3	31,8	10,7	22,6	2,6	3
Perkebunan	1.012,6	27.208	34.063	19.299	83,4	3
Pemukiman	1.438,4	13.647	14.910	71,7	1.108,6	1
Semak belukar	6.583,2	24.610	8.033	5.134	1,9	3
Sawah dengan padi terus menerus	0	28,1	2.259	17.325	12.408,5	5
Sawah dengan padi diselingi tanaman lain/bera	0	1.645,5	2.403	5.379	2.222,4	5
Badan Air	15,1	108,0	981,3	1.601	0,0	3

Sumber data diolah dari hasil analisis

Tabel 6. Persebaran Potensi Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Pangan Padi Berdasarkan Parameter Jenis Tanah

Parameter Jenis Tanah	Luasan Kelas Indeks Kinerja Jasa Ekosistem (ha)					Total
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
Andosol Eutrik	5.716	18.803	19.383	13.486	2.020,5	5
Andosol Vitrik	3.102,9	8.422,8	5.364,5	4.069,2	123,1	5
Gleisol Distrik			13,6	81,6	5,6	3
Gleisol Eutrik		595,0	8.512,6	23.334	5.631,1	3
Kambisol Distrik		688,6	546,3	289,9		3
Kambisol Eutrik	3.020,5	60.859	81.888	39.993	4.920,3	3
Kambisol Gleik		92,9	2.976,4	7.996,7	4.741,9	3
Latosol Haplik	1.943,3	8.126,6	792,5	8,4		1
Litosol	287,1					1
Mediterranean Haplik	306,1	158,6	105,8			0
Molisol Haplik	101,9	1.835,2	90,5	1,4		1
Pulau-pulau kecil	0,2	3,2				0
Regosol Distrik	40,1					0
Regosol Eutrik	189,3	310,8	97,1	80,1		0
Tubuh Air		72,1	777,0	1.401,8	0,0	2

Sumber data diolah dari hasil analisis

Tabel 7. Persebaran Potensi Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Pangan Padi Berdasarkan Parameter Jenis Vegetasi Alami

Parameter Jenis Vegetasi Alami	Luasan Kelas Indeks Kinerja Jasa Ekosistem (ha)					Total
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
Vegetasi hutan batugamping pamah	63,2	10.603	20.664	9.429,4	1.108,6	2
Vegetasi hutan batugamping pamah pada bentang alam karst	590,4	3.750,0	6.803,8	625,4	0	2
Vegetasi hutan batugamping pamah monsun	0,2	20468	75,5	0	0	2
Vegetasi hutan batugamping pamah monsun merangas pada bentang alam karst	0	1.301,8	1.590,1	0	0	2
Vegetasi hutan pegunungan atas	2.502,2	1.674,5	8,3	0	0	2
Vegetasi hutan pegunungan bawah	1.623,2	20.975	1.943,8	3.274,1	292,7	3
Vegetasi hutan pegunungan atas monsun	4.792,5	607,0	6,7	0	0	1
Vegetasi hutan pegunungan bawah monsun (monsoon lower mountain forest)	1.517,4	8.031,8	1.026,4	1.588,0	0	2
Vegetasi hutan pegunungan merangas pada bukit tinggi	2,1	0	0	0	0	2
Vegetasi hutan pegunungan subalpin	0	0	0	0	0	1
Vegetasi hutan pamah monsun merangas	1.564,4	5.915,2	30.002	50.258	12.960	3
Vegetasi hutan pamah (non dipterokarpa)	1.827,2	26.203	56.531	21.805	1.701,1	4
Vegetasi savana monsun pamah	0	56,3	226,9	86,8		3
Vegetasi terna rawa air tawar	0	72,3	621,2	1.593,0	386,9	4
Vegetasi terna tepian danau	56,5	117,4	1.001,6	1.948,1	974,3	4
Vegetasi terna tepian sungai	0	186,6	45,4	134,1	19,2	4
Vegetasi hutan pegunungan subalpin	168,3	6,8				3

Sumber data diolah dari hasil analisis

Curah hujan merupakan salah satu faktor yang turut berperan dalam mengatur keseimbangan ekologis dan mendukung berbagai layanan yang diberikan oleh ekosistem. sebagian besar wilayah Kabupaten Malang memiliki curah hujan tahunan 1500-2000 mm/tahun. Wilayah dengan jumlah hujan tersebut memiliki potensi dalam mendukung peningkatan biodiversitas dan produktivitas pertanian. Tanaman pangan seperti padi, jagung, dan sayuran dapat tumbuh subur, sementara hutan hujan yang lebat berfungsi sebagai penyimpan karbon yang efektif. Sejalan dengan penelitian (Siamabele, 2021), curah hujan yang cukup berpengaruh signifikan terhadap produktivitas lahan pertanian dan keanekaragaman hayati, serta mendukung fungsi ekosistem dalam penyimpanan karbon dan regulasi siklus hidrologi.

3.2. Distribusi Penduduk

Pemetaan daya dukung pangan beras membutuhkan representasi spasial yang lebih detail dan akurat terhadap variasi kebutuhan dan ketersediaan pangan. Kebutuhan pangan ditentukan oleh data penduduk yang umumnya berbasis batas administratif. Meskipun data sensus berkualitas baik,

resolusi spasialnya rendah karena tidak mempertimbangkan kondisi lingkungan.

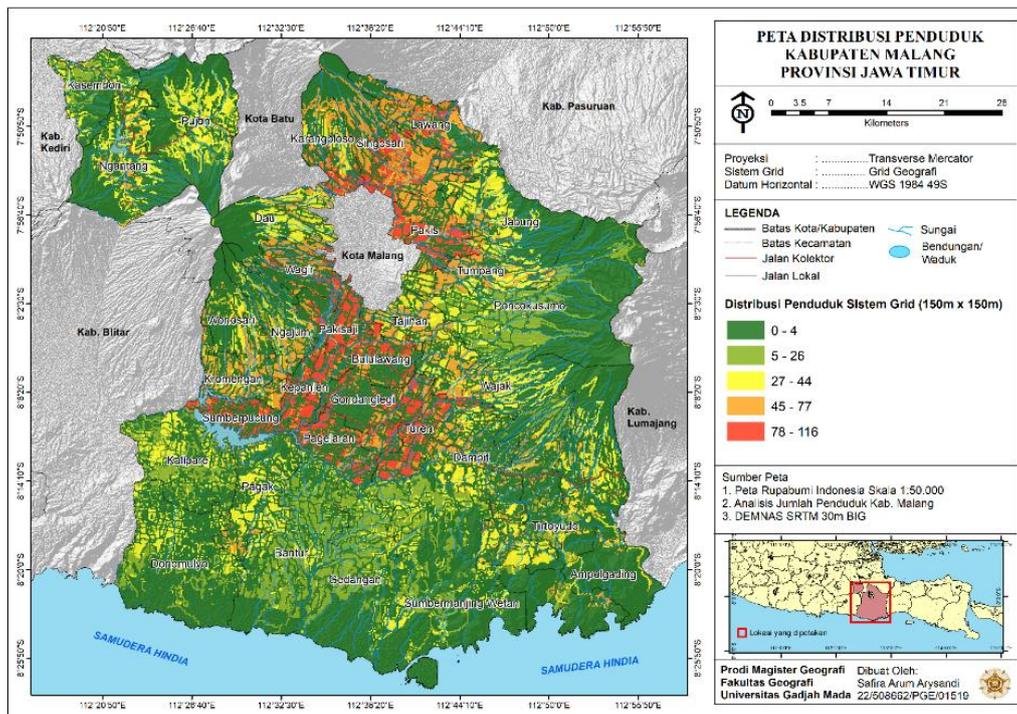
Sistem informasi geografi memungkinkan visualisasi data populasi dengan presisi tinggi, salah satunya melalui sistem grid skala ragam. Perhitungan distribusi penduduk mempertimbangkan variabel seperti tutupan lahan dan jenis jalan yang diberi bobot berdasarkan pengaruhnya. Permukiman mendapat bobot lebih besar karena kepadatannya tinggi, sementara aksesibilitas jalan juga berperan penting. Total penduduk tiap grid dihitung berdasarkan bobot dan model distribusi menurut Nengsih (2014) dengan persamaan (3). Diperoleh peta distribusi penduduk Kabupaten Malang seperti pada Gambar 2.

Distribusi penduduk Kabupaten Malang menunjukkan persebaran jumlah penduduk terbagi dalam 5 kelas berdasarkan jumlah penduduk tiap grid, yakni kelas dengan jumlah penduduk 0-4 jiwa (hijau tua), 5-26 jiwa (hijau muda), 27-44 jiwa (kuning), 45-77 (orange), dan jumlah penduduk 78-116 jiwa (merah). Kecamatan Singosari merupakan kecamatan dengan penduduk terbanyak karena jumlah penduduk tiap grid lebih dari 44 jiwa banyak terdistribusi di kecamatan ini, yaitu sebanyak 2.715 grid. Selain itu Kecamatan Pakis merupakan kecamatan dengan kepadatan penduduk tertinggi.

Tabel 8. Persebaran Potensi Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Pangan Padi Berdasarkan Parameter Curah Hujan

Parameter Curah hujan	Luasan Kelas Indeks Kinerja Jasa Ekosistem (ha)					Total
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
1000 - 1500 mm/tahun	16,6	1.468,2	11.536,1	6.273,6	762,9	5
1500 - 2000 mm/tahun	10.497	76.232,5	74.196,2	75.804	15.577,9	4
2000 - 2500 mm/tahun	4.193,9	21.755,9	29.822,3	8.224,1	1.092,8	3
>2500 mm/tahun		511,5	4.992,2	440,9	9,0	2

Sumber data diolah dari hasil analisis

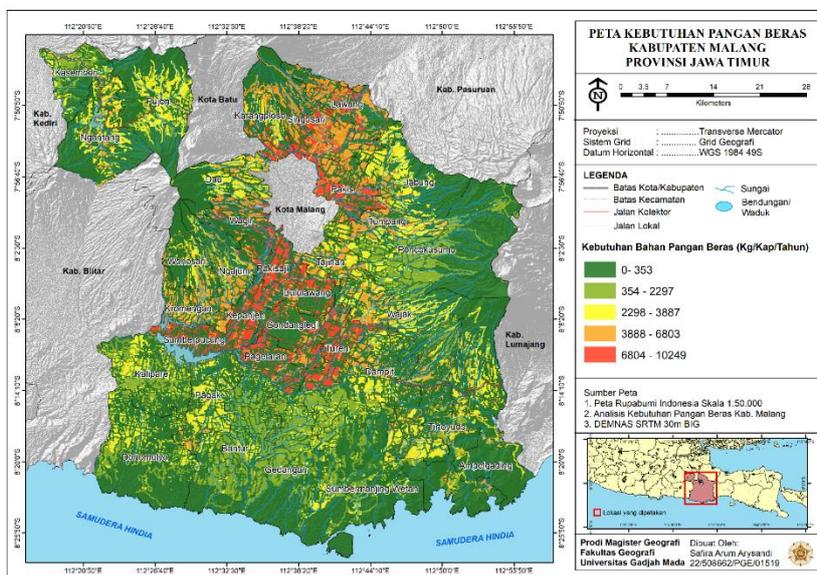


Gambar 2. Distribusi Nilai Koefisien Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan di Kabupaten Malang

Tabel 10. Produksi Beras Kabupaten Malang 2024

No	Kecamatan	Produksi Padi (ton)	Konversi Padi-Beras (%)	Produksi Beras (ton)
1.	Ampelgading	6.565,53	64,02	4.203,25
2.	Bantur	16.544,18	64,02	10.591,59
3.	Bululawang	14.044,12	64,02	8.991,05
4.	Dampit	25.237,17	64,02	16.156,83
5.	Dau	2.092,94	64,02	1.339,90
6.	Donomulyo	44.551,28	64,02	28.521,73
7.	Gedangan	7.889,94	64,02	5.051,14
8.	Gondanglegi	16.993,69	64,02	10.879,36
9.	Jabung	8.332,73	64,02	5.334,61
10.	Kalipare	26.135,94	64,02	16.732,23
11.	Karangploso	16.741,30	64,02	10.717,78
12.	Kasembon	10.410,76	64,02	6.664,97
13.	Kepanjen	35.856,21	64,02	22.955,15
14.	Kromengan	18.808,21	64,02	12.041,01
15.	Lawang	7.552,96	64,02	4.835,41
16.	Ngajum	16.893,11	64,02	10.814,97
17.	Ngantang	7.391,72	64,02	4.732,18
18.	Pagak	11.975,72	64,02	7.666,86
19.	Pagelaran	21.234,25	64,02	13.594,17
20.	Pakis	18.137,66	64,02	11.611,73
21.	Pakisaji	17.230,04	64,02	11.030,67
22.	Poncokusumo	10.246,90	64,02	6.560,07
23.	Pujon	17,43	64,02	11,16
24.	Singosari	18.532,84	64,02	11.864,73
25.	Sumbermanjing	8.388,73	64,02	5.370,47
26.	Sumberpucung	18.779,43	64,02	12.022,59
27.	Tajinan	9.529,58	64,02	6.100,84
28.	Tirtoyudo	4.404,17	64,02	2.819,55
29.	Tumpang	13.043,46	64,02	8.350,42
30.	Turen	24.310,79	64,02	15.563,77
31.	Wagir	4.824,15	64,02	3.088,42
32.	Wajak	14.313,60	64,02	9.163,57
33.	Wonosari	11.767,46	64,02	7.533,53
Jumlah		488.778	64,02	312.915,66

Sumber data diolah dari hasil analisis



Gambar 3. Distribusi Kebutuhan Pangan Beras di Kabupaten Malang

Dilihat dari distribusi spasialnya, jumlah penduduk tertinggi pada tiap grid umumnya tersebar pada kecamatan-kecamatan yang berbatasan langsung dengan Kota Malang ke arah Utara, Selatan dan Timur mengikuti jalan utama. Hal ini sejalan dengan penelitian Firsty Agustina & Herwangi, (2023) dalam penelitiannya yang berjudul "Pengukuran Spasial Urban Sprawl di Kota Malang Menggunakan Shannon's Entropy" mengkaji perkembangan lahan

terbangun di Kota Malang pada tahun 2006, 2012, dan 2020 menunjukkan nilai indeks relative entropy yang mendekati 1, dengan pola penyebaran yang cenderung mengikuti jalur jalan. Penyebaran pembangunan terutama bergerak ke arah utara, yakni dari Kecamatan Lowokwaru menuju Kecamatan Singosari. Penjalaran juga terjadi pada wilayah Kecamatan Kedungkandang mengarah ke Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Selain itu penelitian oleh

Rofii, (2021) yang mengkaji tentang perubahan dan perkembangan lahan dari tahun 2014 hingga pemodelan tahun 2030 menunjukkan perkembangan kawasan Kota Malang 1.78%. Perkembangan kawasan Kota Malang didominasi oleh perubahan lahan terbangun di bagian barat, khususnya di Kecamatan Pakis, serta ke arah selatan di Kecamatan Pakisaji. Faktor utama yang mempengaruhi perubahan ini adalah aksesibilitas yang baik, keberadaan lahan terbangun yang sudah ada, serta rencana pembangunan jalan lingkar barat. Perkembangan kawasan dan perubahan lahan tentunya diiringi oleh pertumbuhan penduduk dan konsentrasi penduduk di wilayah ini menjadi semakin banyak.

Tabel 9. Persentase Margin of Error Pemodelan Distribusi Penduduk Sistem Grid

Jumlah Penduduk Kabupaten Malang (jiwa)			Margin of Error
Data BPS 2023	Sistem Grid (150x150m)	Selisih	
2.730.601	2.729.029	1.572	0,06%

Sumber data diolah dari hasil analisis

Berdasarkan hasil analisis, pemodelan ini memiliki batas kesalahan atau persentase Margin of Error sebesar 0.06%, artinya model ini mampu memberikan informasi distribusi penduduk tiap grid dengan sangat baik, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 9.

3.3. Kebutuhan Pangan Beras

Kebutuhan bahan pangan pada kajian ini menekankan pada komoditas pertanian padi dengan produk berupa beras. Jumlah penduduk pada sistem grid dikalikan dengan kebutuhan beras rata-rata sebesar 88,35 kg/kapita/tahun untuk memperoleh nilai Kebutuhan Bahan Pangan Beras. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan pangan terdapat 5 kelas kebutuhan bahan pangan beras selaras dengan jumlah penduduk pada tiap grid. Secara visualisasi pada peta dapat dilihat pada Gambar 3.

Terdapat kelas 0-353 (kg/kapita/tahun), kelas 354-2.297 (kg/kapita/tahun), kelas 2.298-3.887 (kg/kapita/tahun), kelas 3.888-6.803 (kg/kapita/tahun) dan kelas 6.804-10.249 (kg/kapita/tahun). Kecamatan Singosari merupakan kecamatan dengan kebutuhan beras tertinggi di Kabupaten Malang menyusul kemudian Kecamatan Pakis dan Kecamatan Dampit. Tingginya kebutuhan bahan pangan beras disebabkan oleh tingginya jumlah penduduk dan permintaan beras serta pada kecamatan-kecamatan tersebut sebagian besar lahannya adalah pemukiman dan pusat perdagangan dan industri. Kecamatan Singosari merupakan kecamatan prioritas untuk dijadikan pusat pertumbuhan di Satuan Wilayah Pengembangan lingkaran Kota Malang Utara (SWP II-Utara). Kecamatan ini tergolong pada pola pertumbuhan wilayah "Cepat Maju dan Cepat Tumbuh" dimana pada umumnya wilayah ini maju baik dari segi pembangunan atau kecepatan pertumbuhan ekonomi maupun pendapatan perkapita (Sutikno, 2007). Sehingga tingkat populasi pada kecamatan ini cukup tinggi.

Kebutuhan pangan sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk. Menurut Thomas Robert Malthus dalam *An Essay on the Principle of Population* (1798), pertumbuhan penduduk cenderung meningkat secara geometris sementara produksi pangan hanya meningkat secara aritmetis. Jika tidak ada upaya peningkatan produksi pangan, maka ketidakseimbangan antara jumlah penduduk dan ketersediaan pangan dapat menyebabkan krisis pangan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan inovasi dalam sektor pertanian, seperti penggunaan teknologi modern, intensifikasi pertanian, serta kebijakan pengendalian penduduk agar keseimbangan antara pertumbuhan populasi dan produksi pangan tetap terjaga.

3.4. Ketersediaan Pangan Beras

Berdasarkan data BPS tahun 2023, Total produksi padi di Kabupaten Malang sebesar 484.613 ton. Diketahui nilai konversi padi ke beras sebesar 64,02% sehingga dapat diperoleh total produksi beras eksisting Kabupaten Malang sebesar 312.915,66 ton. Kecamatan Donomulyo merupakan kecamatan dengan penghasil beras tertinggi di Kabupaten Malang. Secara rinci produksi beras Kabupaten Malang dapat dilihat pada Tabel 10.

Hasil analisis distribusi ketersediaan pangan beras Kabupaten Malang pada Gambar 4, menunjukkan ketersediaan padi tinggi didominasi pada wilayah tengah Kabupaten Malang mulai dari Kecamatan Kepanjen, Turen, Pagelaran, Kromengan, Sumberpucung, Pakis, Pakisaji, Gondanglegi, Dampit dan Ngajum. Di bagian Selatan terdapat Kecamatan Donomulyo dan Kecamatan Kalipare yang juga menghasilkan produksi padi cukup besar. Wilayah tengah Kabupaten Malang memiliki potensi pertanian yang sangat tinggi didukung oleh kondisi morfologi berupa dataran fluviovulkanik bermaterial aluvium. Morfologi datar sangat baik untuk sawah karena memudahkan sistem irigasi, mencegah erosi, serta mendukung pemerataan distribusi air. Lahan yang datar memungkinkan air menggenang dengan optimal, yang merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan padi. Selain itu, penggunaan alat pertanian seperti traktor dan mesin panen lebih efisien dibandingkan dengan lahan berlereng. Bentuklahan fluviovulkanik dengan material aluvium kaya akan mineral. Mineral yang terkandung dalam tanah sawah memiliki peran penting sebagai sumber unsur hara dan mempengaruhi sifat muatan tanah. Proses pelapukan mineral dalam tanah menghasilkan unsur hara makro, seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), dan natrium (Na), yang esensial bagi pertumbuhan tanaman (Prasetyo et al., 2007).

Ketersediaan pangan di beberapa kecamatan sebelah Selatan Kabupaten Malang seperti Kecamatan Donomulyo, Kecamatan Kalipare dan Kecamatan Bantur masih tergolong tinggi. Meskipun daerah ini didominasi oleh bentangalam karst tetapi sebagian wilayahnya merupakan lembah/basin karst yang masih banyak fungsikan sebagai lahan sawah dan

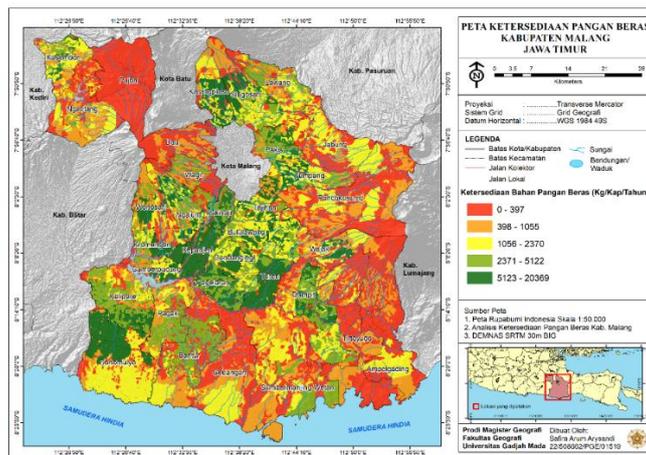
tegalan. Contohnya pada Kecamatan Donomulyo yang merupakan kecamatan dengan luas panen padi (sawah dan ladang) terluas di Kabupaten Malang yaitu 7.344 hektar dengan jumlah produksi padi 44.551 ton. Tingginya ketersediaan padi di kecamatan ini juga didukung oleh pemerintah kabupaten dengan program peningkatan produktivitas padi seperti Program Upaya Khusus Padi Jagung Kedelai (UPSUS PAJALE). Implementasi program ini ditujukan untuk komoditas padi, jagung, dan kedelai mencakup penyediaan bantuan sarana produksi, pendampingan teknis, dan pengawasan intensif, yang berdampak positif pada peningkatan produksi padi di wilayah tersebut. Program ini salah satunya dilaksanakan di 60 hektar lahan pertanian di Kecamatan Donomulyo dan dapat mempengaruhi peningkatan produksi di Kecamatan Donomulyo. Produksi padi di Kecamatan Donomulyo mengalami peningkatan pada tahun 2015 produksi padi sebanyak 34.403 ton menjadi 37.244 ton pada tahun 2018 (Hidayatulloh & Koestiono, 2021).

3.5. Penentuan Status Daya Dukung Pangan Beras

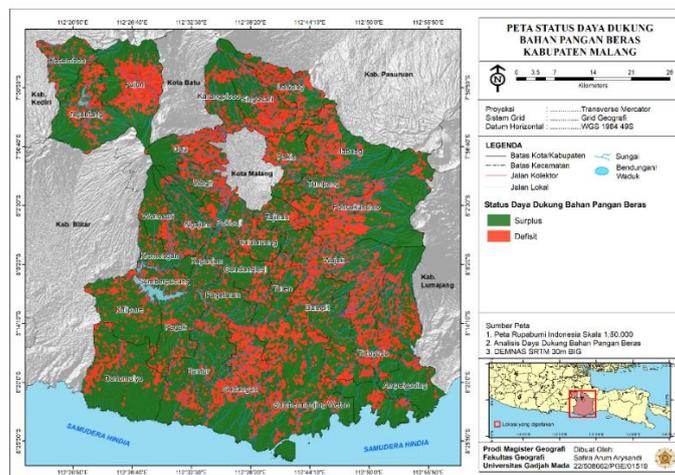
Penentuan Status Daya Dukung Bahan Pangan dilakukan dengan membandingkan ketersediaan dan kebutuhan bahan pangan di tiap grid wilayah. Jika

produksi pangan yang tersedia dalam grid tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan penduduk dalam grid atau nilainya < 1 , maka wilayah tersebut dikategorikan sebagai defisit, yang berarti tidak mampu mencukupi kebutuhan beras secara mandiri dan memerlukan suplai tambahan dari daerah lain. Sebaliknya, apabila ketersediaan pangan melampaui kebutuhan penduduk dalam grid atau nilainya ≥ 1 , maka wilayah tersebut masuk dalam kategori surplus, artinya produksi beras cukup untuk memenuhi kebutuhan penduduk dan dapat mendistribusikan kelebihan bahan pangan ke wilayah lain yang membutuhkannya. Distribusi status daya dukung bahan pangan dapat dilihat pada peta Gambar 5.

Berdasarkan hasil perhitungan pada setiap grid, dapat diketahui 101.710 grid atau 65,3% dari 155.876 total grid berstatus surplus, sedangkan jumlah grid status defisit sebanyak 54.166 grid atau 34,7 % dari total grid. Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Poncokusumo, dan Kecamatan Ampelgading adalah kecamatan dengan jumlah grid kategori surplus terbanyak, yakni berturut turut 8617 grid, 7686 grid, dan 6804 grid. Sedangkan Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Poncokusumo dan Kecamatan Gedangan memiliki jumlah grid kategori defisit terbanyak, yakni berturut turut 4045 grid, 4028 grid, dan 3453 grid.



Gambar 4. Distribusi Ketersediaan Pangan Beras di Kabupaten Malang



Gambar 5. Peta Status Daya Dukung Bahan Pangan Beras Kabupaten Malang

Nilai status daya dukung bahan pangan beras di Kabupaten Malang secara rata-rata berada pada kondisi surplus atau mampu mencukupi kebutuhan beras penduduknya yang ditunjukkan dengan nilai 1,39. Namun jika dilihat secara rinci pada Tabel 11, beberapa kecamatan di Kabupaten Malang tergolong pada kondisi defisit atau tidak mampu mencukupi kebutuhan bahan pangan beras untuk penduduknya. Terdapat 12 kecamatan dari total 33 kecamatan dengan status defisit yaitu Kecamatan Ampelgading, Dau, Gedangan, Jabung, Lawang, Ngantang, Pakis, Poncokusumo, Pujon, Singosari, Tirtoyudo, dan Wagir. Kecamatan Donomulyo memiliki nilai status kebutuhan pangan beras tertinggi dengan nilai 4,66. Sedangkan dengan nilai terendah dimiliki oleh Kecamatan Pujon, yakni 0,00.

Terdapat beberapa strategi peningkatan produksi pertanian padi berdasarkan kinerja jasa ekosistem dan daya dukung pangan beras. (1) antisipasi alih fungsi lahan pertanian dengan penegakan hukum ketat pada lahan sawah yang produktif dan dilindungi dan melakukan pemantauan laju pertumbuhan penduduk serta memperketat izin alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian sebagai upaya antisipasi alih fungsi lahan pertanian; (2) penggunaan sarana dan prasarana secara efisien, penerapan inovasi teknologi budidaya pertanian serta menerapkan teknik atau sistem pertanian yang sesuai; (3) memanfaatkan lahan dengan kinerja jasa ekosistem tinggi untuk produksi padi secara intensif serta melakukan konservasi tanah di daerah dengan ekosistem yang rentan terhadap erosi dan degradasi.

Tabel 11. Profil Status Daya Dukung Bahan Pangan Beras Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk Grid (jiwa)	Jumlah Kebutuhan Beras (kg/kapita/tahun)	Jumlah Ketersediaan Beras (kg/tahun)	Selisis Kebutuhan dan Ketersediaan Beras (kg/tahun)	Ambang Batas Penduduk (jiwa)	Nilai Ambang Batas Penduduk (jiwa)	Nilai Status Daya Dukung Pangan Beras	Status Daya Dukung Pangan Beras
1	Ampelgading	79.473	7.022.234,28	4.203.249,64	-2.828,44	47.570	-31903	0,60	Defisit
2	Bantur	77.182	6.819.801,52	10.591.586,49	3.662,93	119.869	42687	1,55	Surplus
3	Bululawang	72.399	6.397.175,64	8.991.047,43	2.559,85	101.755	29356	1,41	Surplus
4	Dampit	131.707	11.637.630,52	16.156.833,34	4.539,70	182.852	51145	1,39	Surplus
5	Dau	67.524	5.966.420,64	1.339.901,01	-4.659,74	15.164	-52360	0,22	Defisit
6	Donomulyo	69.214	6.115.749,04	28.521.726,88	22.345,63	322.790	253576	4,66	Surplus
7	Gedangan	57.779	5.105.352,44	5.051.141,62	-176,50	57.165	-614	0,99	Defisit
8	Gondanglegi	88.342	7.805.899,12	10.879.357,53	3.128,06	123.125	34783	1,39	Surplus
9	Jabung	77.083	6.811.053,88	5.334.612,60	-1.525,04	60.374	-16709	0,78	Defisit
10	Kalipare	70.618	6.239.806,48	16.732.225,77	10.487,03	189.364	118746	2,68	Surplus
11	Karangploso	83.149	7.347.045,64	10.717.778,74	3.412,09	121.297	38148	1,46	Surplus
12	Kasembon	32.079	2.834.500,44	6.664.967,63	3.831,09	75.430	43351	2,35	Surplus
13	Kepanjen	114.445	10.112.360,20	22.955.145,59	12.852,86	259.791	145346	2,27	Surplus
14	Kromengan	43.486	3.842.422,96	12.041.013,05	8.228,28	136.272	92786	3,13	Surplus
15	Lawang	112.317	9.924.330,12	4.835.406,46	-5.108,45	54.724	-57593	0,49	Defisit
16	Ngajum	54.262	4.794.590,32	10.814.970,14	6.046,36	122.397	68135	2,26	Surplus
17	Ngantang	60.032	5.304.427,52	4.732.176,49	-558,73	53.556	-6476	0,89	Defisit
18	Pagak	53.050	4.687.498,00	7.666.858,46	3.006,84	86.768	33718	1,64	Surplus
19	Pagelaran	75.600	6.680.016,00	13.594.167,23	6.878,54	153.850	78250	2,04	Surplus
20	Pakis	149.748	13.231.733,28	11.611.730,57	-1.579,18	131.414	-18334	0,88	Defisit
21	Pakisaji	92.298	8.155.451,28	11.030.668,90	2.873,45	124.838	32540	1,35	Surplus
22	Poncokusumo	99.192	8.764.605,12	6.560.067,05	-2.225,21	74.242	-24950	0,75	Defisit
23	Pujon	70.272	6.209.233,92	11.159,35	-6.223,88	126	-70146	0,00	Defisit
24	Singosari	180.387	15.938.995,32	11.864.725,03	-4.108,47	134.277	-46110	0,74	Defisit
25	Sumber Pucung	59.350	5.244.166,00	5.370.465,67	163,06	60.779	1429	1,02	Surplus
26	Sumbermanjing	102.177	9.028.359,72	12.022.589,57	3.015,97	136.064	33887	1,33	Surplus
27	Tajinan	57.981	5.123.201,16	6.100.839,18	997,43	69.045	11064	1,19	Surplus
28	Tirtoyudo	68.909	6.088.799,24	2.819.549,62	-3.200,51	31.910	-36999	0,46	Defisit
29	Tumpang	79.605	7.033.897,80	8.350.420,59	1.310,34	94.505	14900	1,19	Surplus
30	Turen	125.033	11.047.915,88	15.563.766,55	4.528,13	176.140	51107	1,41	Surplus
31	Wagir	89.178	7.879.768,08	3.088.417,94	-4.790,64	34.953	-54225	0,39	Defisit
32	Wajak	89.114	7.874.113,04	9.163.569,51	1.278,76	103.707	14593	1,16	Surplus
33	Wonosari	46.044	4.068.447,84	7.533.526,69	3.478,16	85.259	39215	1,85	Surplus
	Jumlah	2.729.029	241.137.002,44	312.915.662,33	71.639,76	3.541.372	812.343	1,39	Surplus

Sumber data diolah dari hasil analisis

Dalam penentuan status daya dukung pangan beras, juga dilakukan perhitungan ambang batas penduduk pada setiap grid untuk mengetahui jumlah maksimal penduduk yang dapat ditopang oleh ketersediaan pangan di grid tersebut. Nilai ini diperoleh dengan membagi total ketersediaan bahan pangan dengan kebutuhan rata-rata per kapita. Jika jumlah penduduk dalam suatu wilayah melebihi ambang batasnya, maka wilayah tersebut mengalami defisit, yang berarti tidak mampu mencukupi kebutuhan pangannya sendiri. Sebaliknya, jika jumlah penduduk berada di bawah atau sama dengan ambang batas, wilayah tersebut dikategorikan surplus, karena produksi pangannya mencukupi atau bahkan melebihi kebutuhan penduduknya. Berdasarkan Ambang Batas Penduduk dengan ketersediaan bahan pangan saat ini Kabupaten Malang masih mampu menopang sekitar 812.343 jiwa. Beberapa kecamatan yang penduduknya melampaui batas ambang ditunjukkan oleh nilai minus pada kolom Nilai Ambang Batas Penduduk dan kecamatan dengan nilai minus tersebut secara keseluruhan memiliki status daya dukung pangan beras defisit.

4. KESIMPULAN

Kabupaten Malang secara keseluruhan berada pada kondisi surplus dengan ketersediaan beras sebesar 312.916,66 ton, melebihi kebutuhan konsumsi penduduk sebesar 241.275,90 ton, atau dengan rasio ketersediaan terhadap kebutuhan 1,39 (≥ 1). Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tingkat kabupaten, Malang masih mampu menjaga ketahanan pangan beras secara agregat. Namun demikian, temuan adanya 12 kecamatan yang mengalami defisit berimplikasi penting bagi kebijakan spasial dan distribusi pangan. Hal ini mengindikasikan bahwa surplus di tingkat kabupaten belum sepenuhnya menjamin pemerataan akses pangan di tingkat lokal. Oleh karena itu, intervensi kebijakan perlu difokuskan pada kecamatan defisit melalui penguatan distribusi antarwilayah, optimalisasi pemanfaatan lahan dan input pertanian, serta perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan. Dengan demikian, surplus beras di tingkat kabupaten dapat dimanfaatkan secara lebih efektif untuk menutup kesenjangan antar kecamatan dan memperkuat ketahanan pangan secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

Anindita, S., Finke, P., & Sleutel, S. (2023). Tropical Andosol organic carbon quality and degradability in relation to soil geochemistry as affected by land use. *SOIL*, 9(2), 443-459. <https://doi.org/10.5194/soil-9-443-2023>

Badan Pusat Statistika Kabupaten Malang. (2024). *Kabupaten Malang Dalam Angka 2024*.

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>

de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen,

L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>

Dwi Wahjunie, E., Malahayati Yusuf, S., & Syahputri Hairani, R. (2024). Peranan Soil Tilth Terhadap Produktivitas Bawang Merah. *Syntax Idea*, 6(7), 3330-3340. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i7.4232>

Febriarta, E., Oktama, R., Purnama, S., Sumber, F. T., Alam, D., & Yogyakarta, T. (2020). Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan dan Air Bersih di Kabupaten Semarang. *Geomedia*, 18(1), 12-24. <https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>

Firsty Agustina, S., & Herwangi, Y. (2023). Measurement of Urban Sprawl n Malang City Using Shannon Entropy). *Jurnal Riset Pembangunan*, 5(2), 74-82.

Huang, T., Huang, W., Wang, K., Li, Y., Li, Z., & Yang, Y. (2022). Ecosystem Service Value Estimation of Paddy Field Ecosystems Based on Multi-Source Remote Sensing Data. *Sustainability*, 14(15), 9466. <https://doi.org/10.3390/su14159466>

Irsan. (2023). Analisis daya dukung lingkungan lahan pertanian tanaman pangan Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 584-593.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2009). *Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.

Kurniawan Andri, M. I. S. (2018). *Keistimewaan Lingkungan Daerah Istimewa Yogyakarta*.

Locatelli, B., Pavageau, C., Pramova, E., & Di Gregorio, M. (2015). Integrating climate change mitigation and adaptation in agriculture and forestry: opportunities and trade-offs. *WIREs Climate Change*, 6(6), 585-598. <https://doi.org/10.1002/wcc.357>

Malang, P. D. K. (2015). *Peraturan Daerah Kabupaten Malang No. 6 Tahun 2015 tentang Perlindungan LP2B*.

Muta'ali Lutfi. (2012). *Daya Dukung Lingkungan untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah*. Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM.

Muta'ali Lutfi. (2015). *Teknik analisis regional untuk perencanaan wilayah tata ruang dan lingkungan*. Badan Penerebit Fakultas Geografi UGM.

Muta'ali Lutfi. (2019). *Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup Berbasis Jasa Ekosistem untuk Perencanaan Lingkungan Hidup*. Badan Penerebit Fakultas Geografi UGM.

Nengsih. (2014). *Pembangunan Model Distribusi Populasi Penduduk Resolusi Tinggi untuk Wilayah Indonesia Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam*. Institut Teknologi Bandung.

Norvyani, D. A., & Taradini, J. (2016). Pemetaan Ambang Batas Daya Dukung Pangan Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam. *Geo-Environment Student Challenge*, 1(1), 1-8.

Prasetyo, B. H., Suganda, H., & Kasno, A. (2007). Pengaruh Bahan Volkan pada Sifat Tanah Sawah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 25, 45-58.

Pratama, I. D. J., Arrasyid, R., Zidan, M., Alfiah, N. S., & Rahma, S. D. A. (2021). Analisis daya dukung dan kebutuhan lahan pertanian di Kabupaten Purwakarta tahun 2028. *Jurnal Samudra Geografi*, 4(1), 16-29.

Ridwan, M., Hidayanti, S., & Nilfatri. (2021). Studi Analisis

- Tentang Kepadatan Penduduk Sebagai Sumber Kerusakan Lingkungan Hidup. *Jurnal IndraTech*, 2(1), 25-36.
- Riqqi, A. (2008). *Pengembangan Pemetaan Geografik Berbasis Pendekatan Skala Ragam untuk Pengelolaan Wilayah Pesisirtle*. Institut Teknologi Bandung.
- Rofii, I. (2021). Model Perubahan Penggunaan Lahan Di Wilayah Peri Urban Kota Malang. *Indonesian Journal of Spatial Planning*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.26623/ijsp.v2i1.3153>
- Ruggiero, G., Verdiani, G., & Dal Sasso, S. (2012). Evaluation of carrying capacity and territorial environmental sustainability. *Journal of Agricultural Engineering*, 43(2), 10. <https://doi.org/10.4081/jae.2012.e10>
- Sabila, S. (2020). Daya Dukung Pangan Dalam Mendukung Ketersediaan Pangan Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 59-68. <https://doi.org/10.21776/ub.jtstl.2020.007.1.8>
- Salasa, A. R. (2021). Paradigma dan Dimensi Strategi Ketahanan Pangan Indonesia. *Jejaring Administrasi Publik*, 13(1), 35-48. <https://doi.org/10.20473/jap.v13i1.29357>
- Siamabele, B. (2021). The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1933745>
- Sriutomo. (2015). Daya dukung pertanian tanaman pangan terhadap kebutuhan pangan penduduk di kabupaten Grobogan, provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(2).
- Sutikno, M. M. (2007). Analisis Potensi Dan Daya Saing Kecamatan Sebagai Pusat Pertumbuhan Satuan Wilayah Pengembangan (SWP) Kabupaten Malang. *Journal of Indonesian Applied Economics*, 1(1). <https://doi.org/10.21776/ub.jiae.2007.001.01.7>
- Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods: A comparative study. In *Kluwer Academic Publishers*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- Wenang Hidayatulloh dan Djoko Koestiono. (2021). Dampak Program Upaya Khusus Padi, Jagung, dan Kedelai (UPSUS PAJALE) terhadap Tingkat Ketahanan Pangan di Kabupaten Malang. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 5, 1059-1068.