

Pemanfaatan Bibit Unggul dan Pupuk Semi Organik untuk Ketahanan Pangan Berbasis Sistem Dinamis

Arla Meica Regita Sugianto^{*}, Hery Murnawan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru No 45 Surabaya, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur

E-mail: arlamai72@gmail.com^{*}

Abstract

Sumber kepuh Village in Tanjunganom Sub-district, Nganjuk District, covers 763 hectares with 78% of it being paddy fields, making it the largest rice producer in the sub-district. However, farmers are still struggling to increase harvest profits. Analysis using SmartPLS showed that the dominance of elderly farmers as well as environmental factors such as fertilizer type, soil pH, and seed quality had a significant effect on yield. A dynamic systems approach through STELLA resulted in three profit improvement scenarios. The first scenario uses superior seeds and a young planting system, increasing profits from IDR 27,487,047,641 to IDR 31,983,065,202 (up 16%). The second scenario, using semi-organic fertilizers, increased profits to IDR 39,072,970,965 (up 42%). The third scenario, a combination of both, yielded IDR 40,568,583,572 (a 48% increase). The third scenario is considered the most optimal in improving farmers' welfare and encouraging the regeneration of young farmers to maintain long-term food security in Sumberkepuh Village.

Keywords: Food Security, Agricultural Commodities, Dynamic Systems

Abstrak

Desa Sumberkepuh di Kecamatan Tanjunganom, Kabupaten Nganjuk, memiliki luas 763 hektar dengan 78% berupa lahan sawah, menjadikannya penghasil padi terbesar di kecamatan tersebut. Namun, petani masih kesulitan meningkatkan keuntungan panen. Analisis menggunakan SmartPLS menunjukkan bahwa dominasi petani lansia serta faktor lingkungan seperti jenis pupuk, pH tanah, dan kualitas bibit berpengaruh signifikan terhadap hasil panen. Pendekatan sistem dinamis melalui STELLA menghasilkan tiga skenario peningkatan keuntungan. Skenario pertama menggunakan bibit unggul dan sistem tanam muda, menaikkan keuntungan dari Rp 27.487.047.641 menjadi Rp 31.983.065.202 (naik 16%). Skenario kedua memakai pupuk semi organik, meningkatkan keuntungan menjadi Rp 39.072.970.965 (naik 42%). Skenario ketiga, yaitu kombinasi keduanya, menghasilkan Rp 40.568.583.572 (naik 48%). Skenario ketiga dinilai paling optimal dalam meningkatkan kesejahteraan petani serta mendorong regenerasi petani muda untuk menjaga ketahanan pangan jangka panjang di Desa Sumberkepuh.

Kata kunci: ketahanan Pangan, Komoditas Pertanian, Sistem Dinamis

1. Pendahuluan

Kabupaten Nganjuk dikenal sebagai salah satu wilayah utama penghasil padi di Provinsi Jawa Timur, dengan total produksi mencapai 418.096 ton pada tahun 2023. Kecamatan Tanjunganom, sebagai bagian dari kabupaten tersebut, memiliki area persawahan seluas 4.698 hektare dan dikenal akan hasil pertaniannya yang tinggi, terutama untuk komoditas padi dan jagung. Di kecamatan ini, Desa Sumberkepuh menempati posisi sebagai desa penghasil padi terbesar, dengan sekitar 78% wilayahnya berupa lahan sawah. Meskipun tingkat produksi padi dan jagung tergolong tinggi, kondisi kesejahteraan petani belum mengalami

peningkatan yang berarti. Hal ini disebabkan oleh sejumlah kendala seperti tingginya biaya produksi, keterbatasan akses terhadap pupuk bersubsidi, fluktuasi harga jual hasil panen, serta distribusi hasil panen yang belum efisien.

Masalah utama yang dihadapi petani adalah tidak seimbang antara biaya produksi yang tinggi dengan keuntungan yang diperoleh. Mayoritas petani masih mengandalkan pupuk kimia, yang selain harganya mahal juga sulit didapatkan. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya biaya produksi, sementara harga jual padi saat panen raya cenderung tidak stabil. Penggunaan pupuk kimia dalam jangka panjang turut menyebabkan penurunan kesuburan tanah,

sehingga membahayakan kelangsungan produktivitas pertanian. Di sisi lain, regenerasi petani masih minim karena sektor pertanian dinilai kurang menguntungkan secara ekonomi. Temuan dari analisis ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi petani dalam memilih penggunaan pupuk alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penerapan bibit unggul dan metode tanam yang tepat juga penting dilakukan untuk mendorong peningkatan hasil panen dan pendapatan petani agar mereka mendapatkan manfaat yang lebih besar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pertanian di Desa Sumberkepuh menggunakan pendekatan sistem dinamis dengan bantuan STELLA dan analisis SmartPLS untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi keuntungan petani. Pendekatan sistem dinamis mampu berperan dalam mengungkapkan penyebab masalah serta melakukan simulasi dalam periode waktu tertentu yang berkaitan dengan suatu objek [3]. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap perancangan model sistem pertanian berkelanjutan di tingkat desa dengan menggabungkan pendekatan system dynamics dan analisis SmartPLS, yang hingga kini masih jarang digunakan dalam studi ketahanan pangan berbasis petani lokal. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perumusan kebijakan strategis pertanian desa yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada peningkatan kesejahteraan petani.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan analisis kuesioner yang diolah melalui metode analisis multivariat dengan bantuan software SmartPLS. Metode statistik ini dirancang untuk menganalisis data dengan lebih dari dua variabel dan sangat efektif dalam memahami hubungan yang kompleks antar variabel secara bersamaan. Oleh karena itu, pendekatan ini dianggap tepat untuk penelitian yang melibatkan banyak faktor dan pola keterkaitan antar variabel. Setelah diperoleh faktor-faktor yang relevan melalui uji hipotesis menggunakan SmartPLS dalam konteks pertanian, langkah selanjutnya adalah menyusun model yang sesuai dan optimal untuk komoditas tanaman yang diteliti dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis melalui software STELLA.

1. Causal Loop Diagram

Pada tahap ini, setelah variabel dan komponen yang berhubungan dengan peningkatan keuntungan hasil panen berhasil diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mengembangkan model yang merepresentasikan

hubungan antar elemen tersebut secara menyeluruh.

2. Stock dan Flow Diagram

Diagram stock and flow merupakan alat yang digunakan dalam pemodelan sistem dinamis untuk memvisualisasikan hubungan antara variabel stok (persediaan) dan aliran (flow). Diagram ini membantu dalam menganalisis perilaku dinamis suatu sistem dengan menunjukkan bagaimana perubahan pada satu elemen dapat memengaruhi elemen lainnya secara keseluruhan.

3. Validasi Model

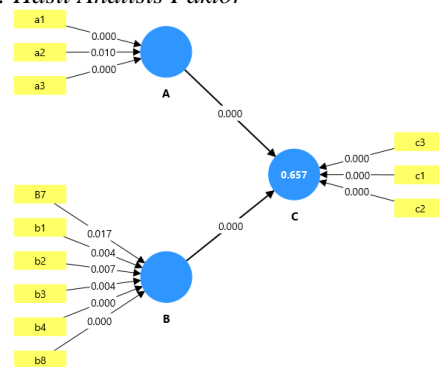
Setelah model diverifikasi, tahap selanjutnya adalah proses validasi untuk menilai sejauh mana model yang dikembangkan merepresentasikan kondisi nyata dari sistem yang disimulasikan. Dalam penelitian ini, validasi dilakukan melalui uji validitas perilaku guna memastikan bahwa model tersebut secara substansial sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini Behavior Validity test dimana dilaksanakan melalui dua cara, yaitu uji perbandingan rata-rata (mean comparison) atau uji perbandingan variasi amplitud (% error variance). Model dinyatakan valid dalam uji mean comparison jika nilai $E1 \leq 5\%$. Sementara itu dalam uji % error variance model dianggap valid jika $E2 \leq 30\%$.

4. Model Skenario

Tahap ini melibatkan simulasi model untuk menemukan metode yang paling efektif. Tujuan dari yaitu memaksimalkan keuntungan petani dengan memperhatikan berbagai aturan atau prosedur yang akan diterapkan..

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis Faktor



Gambar 3.1 Hasil Path Model Setelah Eliminasi

Gambar 3.1 di atas merupakan hasil analisis path model setelah melalui tahap eliminasi pada outer model. Variabel People (A) terdiri atas tiga indikator yaitu a1 (usia petani), a2 (pendidikan terakhir), a3 (ketersediaan tenaga kerja manusia di wilayah). Variabel Planet (B) terdiri atas delapan indikator yaitu b1 (jenis bibit MT 1), b2 (jenis bibit MT 2), b3 (jenis bibit MT 3), b4

(jenis pupuk yang digunakan), b7 (sumber air di wilayah), dan b8 (pH tanah). Adapun variabel Profit (C) diukur melalui tiga indikator yaitu c1 (profit MT 1), c2 (profit MT 2), dan c3 (profit MT 3). Diperoleh bahwa variabel Profit (C) dipengaruhi oleh dua variabel utama, yaitu People (A) dan Planet (B), dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,657 yang menunjukkan bahwa 65,7% variasi Profit (C) dapat dijelaskan oleh kedua variabel tersebut, sehingga model ini memiliki kemampuan prediktif yang cukup baik. Seluruh indikator telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas sesuai pengujian outer model, sehingga model ini layak digunakan untuk interpretasi lebih lanjut.

3.2. Uji Hipotesis

Tabel 3.1 Hasil Uji Hipotesis

	Original sample (O)	T statistics	P values
A -> C	0.236	3.643	0.000
B -> C	0.622	10.387	0.000

Hasil uji hipotesis diketahui nilai koefisien jalur people (A) terhadap profit (C) pada nilai p-Value yaitu $0,000 < 0,05$ dan nilai t-statistics $3,643 > 1,96$ dimana artinya people (A) berpengaruh positif dan signifikan terhadap profit (C) (hipotesis diterima). Pada koefisien jalur Planet (B) ke profit (C) nilai P-Value nya bernilai $0,000 < 0,05$ dan nilai t-statistics $10,387 > 1,96$ dimana berarti planet berpengaruh positif dan signifikan terhadap profit (hipotesis diterima). Jalur hubungan dari Planet (B) ke Profit (C) memiliki pengaruh paling kuat dengan nilai koefisien sebesar 0,622, sedangkan pengaruh People (A) ke Profit (C) hanya sebesar 0,236. Hal ini menunjukkan bahwa aspek lingkungan pertanian (Planet) memberikan kontribusi yang lebih kuat terhadap peningkatan keuntungan petani dibandingkan aspek sosial (People).

3.3. Causal Loop Diagram



Gambar 3.2 Hasil Path Model Setelah Eliminasi

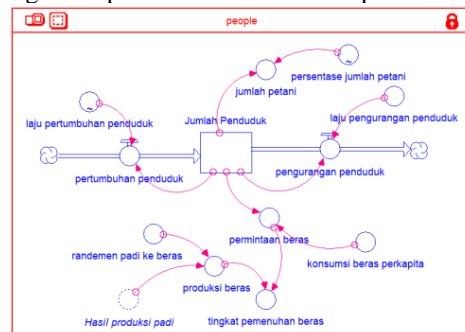
Gambar 3.2 menampilkan model hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel yang berkontribusi terhadap peningkatan keuntungan

petani di Desa Sumberkepuh, khususnya pada komoditas padi dan jagung. Dalam model ini, jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan dan penurunan populasi. Jumlah penduduk tersebut akan berpengaruh terhadap permintaan beras, yang bergantung pada hasil panen padi serta konsumsi beras per orang. Luas lahan pertanian yang digunakan dan risiko gagal panen akan menentukan luas panen dari tiap komoditas, yang kemudian memengaruhi total hasil panen. Pendapatan petani diperoleh dari hasil panen dikalikan dengan harga jual gabah, lalu dikurangi oleh biaya operasional yang dikeluarkan. Model ini menggambarkan adanya siklus umpan balik positif dan negatif yang memengaruhi ketersediaan pangan serta tingkat keuntungan yang diperoleh petani.

3.4. Stock and Flow Diagram

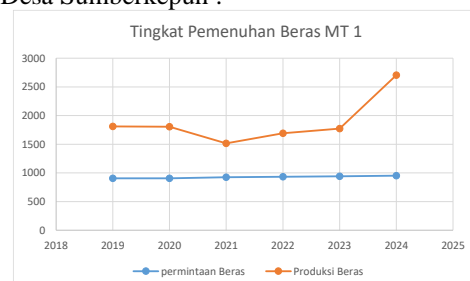
1. Sub Model People

Submodel people digunakan untuk memperoleh informasi mengenai apakah kebutuhan beras penduduk telah tercukupi, sekaligus untuk mengetahui kebutuhan tenaga kerja di sektor pertanian di Desa Sumberkepuh. Gambar berikut menunjukkan submodel people yang diterapkan di Desa Sumberkepuh:



Gambar 3.3 Sub Model People

Berikut hasil dari sub model people di Desa Sumberkepuh :

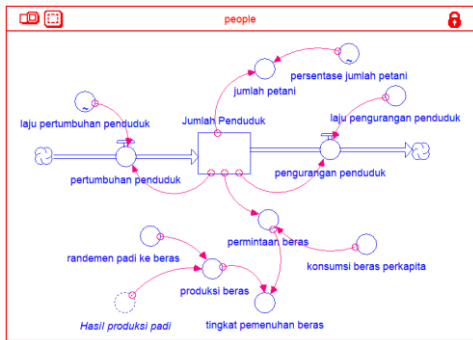


Gambar 3.4 Grafik Permintaan Beras dan Produksi Beras di Desa Sumberkepuh

Gambar 3.4 menampilkan hasil simulasi dalam bentuk grafik mengenai permintaan dan produksi beras di Desa Sumberkepuh selama rentang waktu 2019 hingga 2024. Grafik tersebut

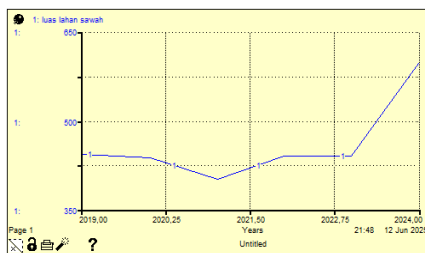
mengindikasikan bahwa permintaan beras mengalami peningkatan secara bertahap, dari sekitar 905 ton pada tahun 2019 menjadi sekitar 955 ton pada tahun 2024, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Sementara itu, produksi beras menunjukkan tren yang berfluktuasi, namun tetap berada di atas tingkat kebutuhan konsumsi masyarakat. Dengan asumsi konsumsi beras per kapita sebesar 217,3 gram per hari, dapat disimpulkan bahwa pasokan beras di Desa Sumberkepuh masih mampu mencukupi kebutuhan konsumsi masyarakat secara keseluruhan.

2. Sub Model Planet



Gambar 3.5 Sub Model Planet

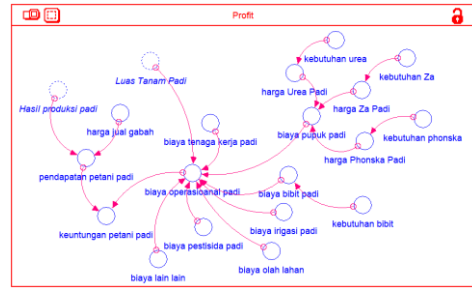
Submodel Planet di atas digunakan untuk merepresentasikan siklus pertanian tahunan yang dilakukan oleh petani di Desa Sumberkepuh, yang berlangsung selama tiga musim tanam dalam satu tahun. Model ini disusun untuk menggambarkan kondisi lingkungan di setiap musim tanam. Submodel ini mencakup hubungan antara luas lahan sawah, luas lahan yang ditanami, hasil produksi, dan luas panen. Berikut ditampilkan hasil dari submodel Planet.



Gambar 3.6 Hasil Luas Lahan Sawah Desa Sumberkepuh

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 3.6 dapat diketahui bahwa luas lahan sawah di Desa Sumberkepuh dari tahun 2019 sampai 2024 mengalami fluktuatif karena terjadinya konversi lahan. Pada tahun 2019 ke tahun 2020 mengalami penurunan menjadi 436,86 Ha dan mengalami kenaikan pada tahun 2024 menjadi 596,78 Ha.

3. Sub Model Profit



Gambar 3.7 Sub Model Profit

Submodel Profit Komoditi pada Gambar 3.7 menggambarkan hubungan kausal antar variabel yang memengaruhi besarnya keuntungan yang diperoleh petani. Keuntungan dihitung dari selisih antara total pendapatan petani dan biaya operasional yang dikeluarkan. Pendapatan petani diperoleh dari hasil produksi, yang bergantung pada luas lahan yang ditanami dan harga jual gabah. Sementara itu, biaya operasional mencakup berbagai komponen seperti biaya tenaga kerja, pembelian bibit, pupuk, irigasi, pestisida, pengolahan lahan, serta biaya tambahan lainnya. Seluruh variabel tersebut saling berinteraksi dalam suatu sistem dinamis yang secara keseluruhan memengaruhi tingkat keuntungan yang diterima petani.

3.5. Policy Formulation

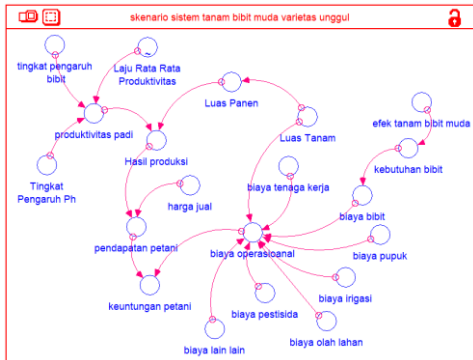
Pada tahap ini, model yang telah dibangun akan disesuaikan menggunakan tiga skenario, yaitu :

- a. Skenario penerapan teknologi pertanian menggunakan bibit varietas unggul dan sistem tanam bibit muda guna memaksimalkan keuntungan petani
- b. Skenario pemeliharaan kesuburan tanah menggunakan pupuk semi organik untuk menekan biaya operasional petani.
- c. Skenario gabungan antara penggunaan bibit unggul dan skenario menggunakan pupuk semi organik.

3.6. Hasil Skenario

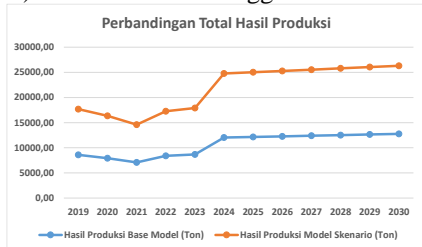
1. Skenario penggunaan bibit unggul dan sistem tanam bibit muda

Penggunaan bibit unggul (ADV Jago dan Ciherang) dengan sistem tanam bibit muda (7–15 HSS) lebih efisien dan produktif dibanding sistem tanam bibit tua. Metode ini mengurangi kebutuhan benih hingga 50% dan mendorong peningkatan anakan serta hasil panen, sesuai prinsip SRI. Dengan produktivitas naik sekitar 6%, strategi ini efektif meningkatkan keuntungan petani meskipun harga jual tetap.



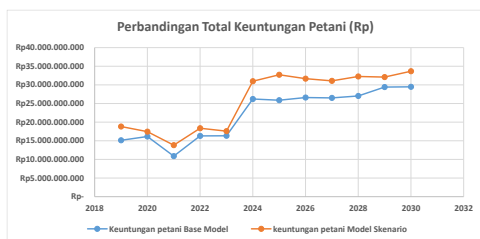
Gambar 3.8 Model Skenario penggunaan bibit unggul dan sistem tanam bibit muda

Berdasarkan skenario pengaruh bibit unggul dan masa tanam bibit muda terhadap hasil produksi pertanian berikut adalah grafik total hasil produksi dan total keuntungan petani (Ton) dari tahun 2019 hingga 2030.



Gambar 3.9 Total hasil Produksi dari Skenario Pertama

Berdasarkan grafik diatas hasil skenario dapat meningkatkan rata-rata 6% hasil produksi daripada base modelnya. Dengan peningkatan hasil produksi yang signifikan mampu mengimbangi biaya operasional pada pengadaan bibit yang sedikit meningkat karena harga bibit unggul yang lebih mahal dari bibit biasa. Gambar grafik berikut ini menunjukkan bahwa skenario pertama menghasilkan peningkatan keuntungan yang signifikan dibandingkan model dasar.

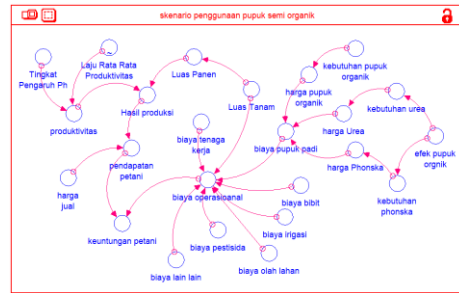


Gambar 3.10 Total hasil keuntungan petani dari Skenario Pertama

Berdasarkan hasil dari skenario pertama Pendapatan petani bisa meningkat sehingga keuntungan petani juga ikut meningkat hingga maksimal Rp.33.281.156.876, hal ini dikarenakan hasil produksi juga ikut meningkat. Dengan demikian petani sangat diuntungkan dalam scenario pertama ini dalam mendapatkan keuntungan yang optimal.

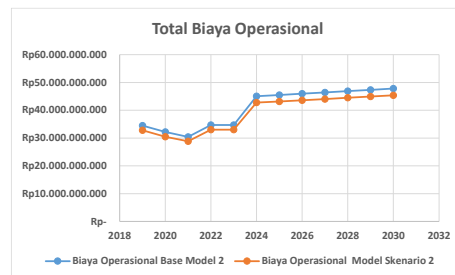
2. Skenario penggunaan pupuk semi organik

Skenario penggunaan pupuk semi organik bertujuan menekan biaya operasional. Pupuk organik dapat mengurangi ketergantungan pupuk kimia hingga 25–50% jika diterapkan berkelanjutan. Hasil wawancara menunjukkan peningkatan panen hingga 20% dibandingkan penggunaan pupuk kimia penuh. Dalam skenario ini, komposisi pupuk diubah urea dan phonska dikurangi dari 38% menjadi 30%, dan pupuk ZA diganti pupuk organik sebanyak 40%.



Gambar 3.11 Model Skenario Penggunaan Pupuk Semi Organik

Berikut Gambar grafik dari perbandingan Total biaya operasional antara base model dengan model skenario di Desa Sumberkepuh.

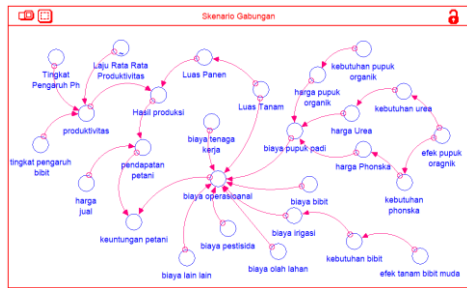


Gambar 3.12 Hasil Skenario dua Total Biaya Operasional

Grafik 3.12 menunjukkan bahwa skenario kedua berhasil menurunkan biaya operasional dari Rp.46.648.480.921 menjadi Rp.44.269.247.250, dengan peningkatan keuntungan petani maksimal 41.110.575.960 dibanding base model. Skenario ini efektif menekan biaya operasional di Desa Sumberkepuh.

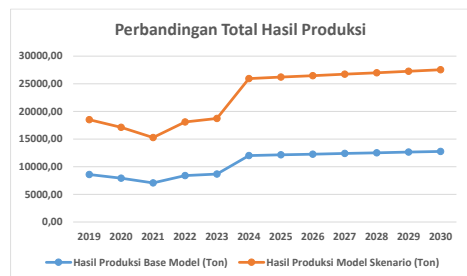
3. Skenario Gabungan

Skenario gabungan mengombinasikan penggunaan bibit unggul (Ciherang dan ADV Jago) dengan sistem tanam muda dan pemakaian pupuk semi organik (urea dan phonska 30%, pupuk organik 40%).

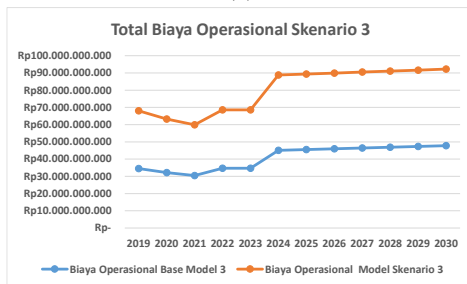


Gambar 3.13 Model Skenario Gabungan

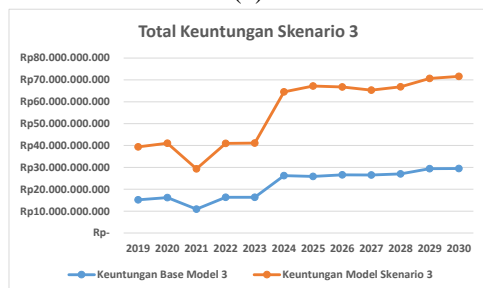
Berdasarkan skenario yang di bangun didapatkan kesimpulan mengenai perbandingan total hasil produksi, total biaya operasional dan total keuntungan petani antara base model dengan skenario gabungan pada gambar grafik 3.14



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.14 (a) Hasil Skenario Gabungan total hasil Produksi, (b) Hasil Skenario Gabungan total Biaya Produksi, (c) hasil Skenario Gabungan Total Keuntungan

Gambar 3.14 menunjukkan skenario gabungan meningkatkan produksi 16% (rata-rata 12282,09 ton/tahun), menurunkan biaya operasional dari 46.648.480.921 menjadi Rp 44.133.485.746, dan menaikkan keuntungan petani hingga maksimal Rp 41.311.763.808. Skenario ini efektif meningkatkan hasil panen

dan efisiensi biaya daripada dua skenario sebelumnya.

4. Simpulan

Keuntungan petani di Desa Sumberkepuh dipengaruhi oleh faktor sosial seperti usia petani yang didominasi lansia dan kurangnya regenerasi, serta faktor lingkungan seperti jenis pupuk, pH tanah, dan kualitas bibit. Berdasarkan kondisi ini, dibuat tiga skenario: penggunaan bibit unggul, penggunaan pupuk organik, dan kombinasi keduanya. Skenario gabungan terbukti paling efektif karena mampu meningkatkan keuntungan hingga maksimal 41.311.763.808 dan menekan biaya operasional hingga maksimal 7% dari base modelnya, sehingga menjadi pilihan terbaik untuk meningkatkan profitabilitas petani secara berkelanjutan yang akan membuat petani muda tertarik untuk bertani dan ketahanan pangan di Desa Sumberkepuh tetap terjaga.

Daftar Pustaka

- [1] R. S. Wijaya, "Analisis Faktor-Faktor Produksi Pada Tanaman Jagung Manis Di Desa Wonosari Kecamatan Pekalongan Lampung Timur," 2022.
- [2] Z. H. Al Ghifari, "Analisis Kelayakan Usahatani Padi Gogo Dengan Sistem Tumpangsari Jagung Lahan Kering Di Desa Giripanggung, Kecamatan Tepus, Kabupaten Gunungkidul," 2024.
- [3] Lolanda Hamim Annisa, N. K. Wardati, dan S. F. Handayani, "Model Sistem Dinamis Pengaruh Ketersediaan Lahan terhadap Peningkatan Produksi Pangan untuk Mendukung Ketahanan Pangan: a Systematic Literature Review," *J. Agribus. Sci. Rural Dev.*, vol. 2, no. 1, hal. 29–36, 2022, doi: 10.32639/jasrd.v2i1.242.
- [4] D. M. Sari, "Analisis Pendapatan Dan Faktor Produksi Usahatani Padi Sawah Di Desa Jojog Kecamatan Pekalongan Kabupaten Lampung Timur," *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, hal. 1–19, 2023.
- [5] F. A. Putri, "Analisis Faktor-Faktor Produksi Dan Skala Usahatani Padi Sawah (Studi Kasus Di Desa Bumidaya Kecamatan Palas Kabupaten Lampung Selatan)," no. 21751032, hal. 17734001, 2024.
- [6] V. V. Rumawas, H. Nayoan, dan N. Kumayas, "Peran Pemerintah Dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan di Kabupaten Minahasa Selatan (Studi Dinas Ketahanan Pangan Minahasa

- Selatan),” *Governance*, vol. 1, no. 1, hal. 1–12, 2024.
- [7] A. R. Salasa, “Paradigma dan Dimensi Strategi Ketahanan Pangan Indonesia,” *Jejaring Adm. Publik*, vol. 13, no. 1, hal. 35–48, 2021, doi: 10.20473/jap.v13i1.29357.
- [8] S. J. Rachmanwatie, J. Sutrisno, E. S. Rahayu, dan L. Widiastuti, “Mewujudkan Ketahanan pangan, Melalui Implementasi Sistem Pertanian Terpadu Berkelanjutan,” in *Plantaxia*, 2020.
- [9] S. P. Setyawati, *Sample & Sampling*. Nuta Media, 2020.
- [10] S. Widodo *et al.*, “Buku Ajar Metode Penelitian,” *Buku Ajar Metod. Penelit. Manaj.*, no. January, 2023, doi: 10.21070/2022/978-623-464-048-9.
- [11] R. Ananda dan M. Fadhli, *Statistik Pendidikan*. 2018.