

Analisis Faktor Determinan Budidaya Pen Culture Ikan Napoleon (*Cheilinus undulatus*) Dalam Potensi Pengembangan Kabupaten Natuna

***¹Achmad Akmal, ¹Kasful Anwar, dan ²Sherly Ridhowati**

¹Program Studi Magister Manajemen Perikanan Universitas Terbuka, Jalan Cabe Raya, Kota Tangerang Selatan 15437

²Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Sriwijaya, Jalan Raya Palembang-Indralaya KM. 32

*¹e-mail koresponden achmadakmal411@gmail.com

Abstract. *This study investigates the influence of stocking density, seed quality, environmental conditions, and technology on production performance, with management serving as a mediating variable in aquaculture enterprises. A quantitative research design was applied using the Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) method. Evaluation of the measurement model demonstrated that all constructs satisfied validity and reliability requirements. Outer loading values exceeded 0.70, Average Variance Extracted (AVE) ranged from 0.603 to 0.770, and Composite Reliability values were between 0.881 and 0.944. Discriminant validity was confirmed using both the Fornell–Larcker criterion and the Heterotrait–Monotrait (HTMT) ratio, with all values below 0.90. The structural model analysis showed that the proposed model explained 49.4% of the variance in production performance ($R^2 = 0.494$) and 7.3% of the variance in management ($R^2 = 0.073$). Hypothesis testing revealed that management had a strong and significant positive effect on production performance ($\beta = 0.681$; $t = 12.720$; $p < 0.001$), supported by a large effect size ($f^2 = 0.850$). Conversely, stocking density, seed quality, and environmental factors did not exhibit significant direct effects on either management or production. Technology showed no direct impact on production; however, it positively influenced management and demonstrated a marginally significant indirect effect on production through management.*

Keywords: *aquaculture production, management performance, SEM-PLS, technology adoption, production efficiency.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kepadatan tebar, kualitas benih, kondisi lingkungan, dan teknologi terhadap kinerja produksi, dengan manajemen sebagai variabel mediasi pada usaha akuakultur. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Structural Equation Modeling–Partial Least Squares* (SEM-PLS). Evaluasi model pengukuran menunjukkan bahwa seluruh konstruk telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas. Nilai *outer loading* lebih dari 0,70, nilai *Average Variance Extracted* (AVE) berkisar antara 0,603 hingga 0,770, serta nilai *Composite Reliability* berada pada rentang 0,881 hingga 0,944. Validitas diskriminan juga telah terpenuhi berdasarkan kriteria Fornell–Larcker dan rasio Heterotrait–Monotrait (HTMT) dengan seluruh nilai di bawah 0,90. Hasil analisis model struktural menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan sebesar 49,4% variasi kinerja produksi ($R^2 = 0,494$) dan 7,3% variasi manajemen ($R^2 = 0,073$). Pengujian hipotesis menunjukkan bahwa manajemen berpengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja produksi ($\beta = 0,681$; $t = 12,720$; $p < 0,001$) dengan ukuran efek yang besar ($f^2 = 0,850$). Sebaliknya, kepadatan tebar, kualitas benih, dan faktor lingkungan tidak menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan terhadap manajemen maupun kinerja produksi. Teknologi tidak berpengaruh langsung terhadap kinerja produksi, namun berpengaruh positif terhadap manajemen serta menunjukkan pengaruh tidak langsung yang signifikan secara marginal terhadap kinerja produksi melalui manajemen.

Kata kunci: adopsi teknologi; efisiensi produksi; kinerja manajemen; produksi akuakultur; SEM-PLS

PENDAHULUAN

Ikan Napoleon (*Cheilinus undulatus*) merupakan salah satu komoditas ikan karang bernilai ekonomi tinggi dan termasuk spesies yang dilindungi secara terbatas akibat tekanan eksploitasi di alam. Di perairan Natuna, ikan Napoleon secara alami masih ditemukan pada ekosistem terumbu karang yang relatif terjaga, sehingga wilayah ini memiliki potensi sebagai lokasi pengembangan budidaya berbasis pen culture sebagai alternatif pengurangan tekanan penangkapan dari alam (Abbas, A., 2022; Arief, B., 2020). Sistem pen culture dinilai sesuai karena memanfaatkan perairan alami dengan tetap mempertahankan fungsi ekologis habitat ikan karang. Pen culture metode budidaya biota air di mana wadah pemeliharaannya dibatasi oleh jaring atau pagar, namun bagian dasarnya tetap menggunakan dasar perairan alami. Metode ini memanfaatkan badan air yang ada (seperti danau, sungai, atau pesisir) sebagai lingkungan hidup ikan, sehingga sirkulasi air dan ketersediaan oksigen sangat bergantung pada arus alami perairan tersebut

Dari sisi teknis, perairan pesisir Natuna memiliki kedalaman yang relatif sesuai, fluktuasi kualitas air yang stabil, serta tingkat pencemaran yang rendah, sehingga mendukung pertumbuhan ikan Napoleon dalam sistem budidaya terbuka (Darmawan, R., Susanto, M., & Hartati, S. 2023). Selain itu, ketersediaan pakan alami dan kondisi substrat perairan menjadi faktor pendukung penting dalam penerapan pen culture. Namun demikian, pengembangan budidaya ikan Napoleon masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan teknologi pembesaran,

ketersediaan benih hasil budidaya, serta aspek manajemen dan regulasi konservasi (Arifin, M., 2020; Chandra, M., 2023).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Pokdakan (pelaku Usaha Perikanan) di Kabupaten Natuna pada bulan Oktober hingga Desember 2025

Prosedur Penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh pelaku usaha budidaya perikanan (ikan bernilai ekonomi tinggi), konsumen dan mitra usaha di Kabupaten Natuna. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling dengan jumlah

Sampel sebanyak 100-120 pembudidaya. dengan kriteria:

1. Pembudidaya aktif minimal 1 siklus produksi
2. Menggunakan sistem budidaya terkontrol
3. Memiliki pengalaman ≥ 1 tahun
4. Bersedia mengisi kuesioner penelitian

Variabel Penelitian

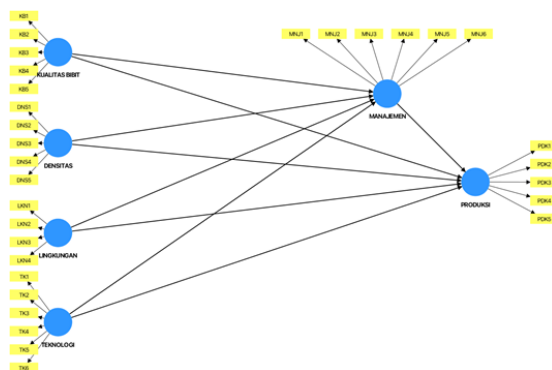
- a. X1. Lingkungan perairan
- b. X2. Teknologi pembesaran
- c. X3. Kualitas bibit
- d. X4. Densitas pengembangan
- e. Z. Manajemen
- f. Y. Produksi

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei. Analisis data dilakukan menggunakan Structural Equation Modeling–Partial Least Square (SEM-PLS) meliputi Evaluasi model pengukuran (outer model): validitas konvergen, validitas diskriminan, reliabilitas dan Evaluasi model struktural (inner model): nilai R^2 , uji hipotesis, dan analisis efek mediasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model konseptual hubungan antar variabel dalam penelitian budidaya ikan bernilai ekonomi tinggi. Variabel kualitas bibit, densitas, lingkungan, dan teknologi berperan sebagai variabel eksogen yang mempengaruhi manajemen sebagai variabel mediasi. Selanjutnya, variabel manajemen berpengaruh terhadap produksi sebagai variabel endogen. Gambar 1. Model konseptual hubungan antar variabel penelitian.



Gambar 1. Model konseptual hubungan antar variabel penelitian

Model ini menggambarkan bahwa adanya peningkatan produksi tidak hanya dipengaruhi secara langsung oleh faktor teknis budidaya, tetapi juga melalui efektivitas pengelolaan yang mencakup perencanaan, pengendalian, dan pengambilan keputusan operasional. Hubungan antar variabel dianalisis menggunakan pendekatan struktural untuk mengetahui pengaruh langsung maupun tidak langsung dalam sistem budidaya.

Uji Validitas Konvergen (*Outer Loading*)

Uji validitas konvergen dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan setiap indikator dalam merefleksikan konstruk laten yang digunakan pada model penelitian berbasis Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS). Validitas konvergen dinyatakan terpenuhi apabila nilai *outer loading* indikator terhadap konstraknya lebih besar dari 0,70, sedangkan nilai antara 0,60–0,70 masih dapat diterima pada penelitian terapan sepanjang didukung oleh validitas konstruk lainnya (Hair et al., 2021; Sarstedt et al., 2022).

Berdasarkan hasil dari pengujian model pengukuran, seluruh indikator pada konstruk Kualitas Bibit, Densitas, Lingkungan, Teknologi, Manajemen, dan Produksi menunjukkan nilai *outer loading* yang memenuhi kriteria validitas konvergen. Indikator-indikator pada konstruk kualitas bibit (KB1–KB5) memiliki keterkaitan yang kuat dengan konstruk laten, yang menegaskan bahwa mutu bibit merupakan faktor yang terukur secara konsisten dalam sistem produksi.

Demikian pula, indikator yang ada pada konstruk densitas (DNS1–DNS5) mampu merepresentasikan tingkat kepadatan secara empiris sebagai variabel teknis yang berpengaruh terhadap produksi. Konstruk lingkungan dan teknologi juga menunjukkan nilai *outer loading* yang memadai, yang mengindikasikan bahwa kondisi perairan serta penerapan teknologi budidaya dapat dijelaskan secara baik oleh indikator-indikator penyusunnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hair et al. (2022) yang menyatakan bahwa indikator dengan nilai *loading* tinggi mencerminkan konsistensi konseptual dan empiris dalam model pengukuran PLS-SEM. Pada Tabel 1. *Outer Loading – Matrix*

Tabel 1. *Outer Loading – Matrix*

	Densitas	Kualitas Bibit	Lingkungan	Manajemen	Produksi	Teknologi
DNS1	0.763					
DNS2	0.802					
DNS3	0.662					
DNS4	0.910					
DNS5	0.802					
KB1		0.862				
KB2		0.856				
KB3		0.908				
KB4		0.908				
KB5		0.852				
LKN1			0.812			
LKN2			0.838			
LKN3			0.917			
LKN4			0.883			

Secara keseluruhan, hasil uji validitas konvergen berdasarkan nilai *outer loading* menunjukkan bahwa seluruh indikator dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria yang direkomendasikan. Tidak terdapat indikator dengan nilai *outer loading* di bawah 0,60, sehingga tidak diperlukan penghapusan indikator dari model. Dengan terpenuhinya validitas konvergen pada seluruh konstruk, maka model pengukuran dinyatakan layak dan dapat dilanjutkan ke tahap evaluasi model struktural (*inner model*). Pemenuhan validitas konvergen ini juga memperkuat keandalan interpretasi hubungan kausal antar variabel laten dalam penelitian ini (Benitez et al., 2020; Hair et al., 2021).

Uji Validitas Diskriminan (*Kriteria Fornell–Larcker*)

Uji validitas diskriminan dilakukan untuk memastikan bahwa setiap konstruk laten dalam model penelitian memiliki daya beda yang memadai dan mampu merepresentasikan konsep yang berbeda secara empiris. Validitas diskriminan menjadi tahapan krusial dalam evaluasi model pengukuran SEM-PLS karena bertujuan untuk menghindari tumpang tindih konsep antar konstruk yang dapat menurunkan keabsahan hasil analisis struktural. Salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan dalam menguji validitas diskriminan adalah kriteria Fornell–Larcker, yang membandingkan nilai akar kuadrat Average Variance Extracted (AVE) dengan korelasi antar konstruk (Hair et al., 2021; Sarstedt et al., 2022). Pada Tabel 2. Uji Validitas Diskriminan (*Fornell Larcker*).

Tabel 2. Uji Validitas Diskriminan (*Fornell Larcker*)

	Densitas	Kualitas Bibit	Lingkungan	Manajemen	Produksi	Teknologi
Densitas	0.776					
Kualitas Bibit	0.782	0.877				
Lingkungan	0.744	0.806	0.864			
Manajemen	-0.062	0.059	-0.004	0.787		
Produksi	-0.140	-0.036	-0.136	0.687	0.781	
Teknologi	0.736	0.818	0.831	0.109	-0.036	0.822

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 2, seluruh konstruk dalam model penelitian ini telah memenuhi kriteria Fornell–Larcker. Konstruk Densitas memiliki nilai akar kuadrat AVE sebesar 0,776, yang lebih tinggi dibandingkan korelasinya dengan konstruk lain, seperti Kualitas Bibit (0,782), Lingkungan (0,744), dan Teknologi (0,736). Meskipun beberapa korelasi menunjukkan nilai yang relatif tinggi, nilai diagonal tetap mencerminkan kemampuan konstruk densitas dalam menjelaskan indikator-indikatornya secara lebih dominan dibandingkan keterkaitannya dengan konstruk lain. Konstruk Kualitas Bibit menunjukkan nilai akar kuadrat AVE tertinggi sebesar 0,877, yang secara konsisten lebih besar dibandingkan korelasinya dengan Densitas (0,782), Lingkungan (0,806), dan Teknologi (0,818). Nilai ini menegaskan bahwa indikator-indikator kualitas bibit memiliki kekhasan yang kuat dan mampu merepresentasikan karakteristik biologis serta mutu bibit secara spesifik tanpa mengalami tumpang tindih konseptual dengan variabel lain dalam model. Selanjutnya, konstruk Lingkungan memiliki nilai akar kuadrat AVE sebesar 0,864, yang lebih tinggi dibandingkan korelasinya dengan Densitas (0,744), Kualitas Bibit (0,806), dan Teknologi (0,831). Hasil ini menunjukkan bahwa variabel lingkungan berdiri sebagai konstruk yang independen dan secara empiris mampu menjelaskan kondisi ekologis produksi tanpa dipengaruhi secara berlebihan oleh variable.

Konstruk Manajemen menunjukkan nilai akar kuadrat AVE sebesar 0,787, yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan korelasinya dengan Densitas (-0,062), Kualitas Bibit (0,059), Lingkungan (-0,004), dan Teknologi (0,109). Rendahnya korelasi antara manajemen dengan sebagian besar konstruk lainnya mengindikasikan bahwa aspek manajerial dalam penelitian ini memiliki karakteristik yang unik dan tidak tumpang tindih secara konseptual dengan variabel teknis maupun lingkungan. Pada konstruk Produksi, nilai akar kuadrat AVE tercatat sebesar 0,781 dan lebih tinggi dibandingkan korelasinya dengan Densitas (-0,140), Kualitas Bibit (-0,036), Lingkungan (-0,136), serta Teknologi (-0,036). Sementara korelasi produksi dengan manajemen menunjukkan nilai moderat sebesar 0,687, nilai tersebut masih berada di bawah nilai diagonalnya, sehingga tetap memenuhi kriteria validitas diskriminan. Hal ini menegaskan bahwa kinerja produksi merupakan konstruk yang berbeda namun tetap berkaitan secara logis dengan aspek manajerial. Konstruk Teknologi juga menunjukkan validitas diskriminan yang baik, dengan nilai akar kuadrat AVE sebesar 0,822. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan korelasinya dengan Densitas (0,736), Kualitas Bibit (0,818), Lingkungan (0,831), Manajemen (0,109), dan Produksi (-0,036). Meskipun korelasi teknologi dengan kualitas bibit dan lingkungan relatif tinggi, nilai diagonal yang tetap lebih besar menegaskan bahwa konstruk teknologi memiliki daya beda yang memadai dan mampu menjelaskan penerapan teknologi secara spesifik dalam sistem produksi.

Uji Validitas Diskriminan (HTMT)

Selain menggunakan kriteria Fornell–Larcker, penelitian ini juga mengevaluasi validitas diskriminan dengan pendekatan Heterotrait–Monotrait Ratio (HTMT). Metode HTMT dinilai lebih sensitif dan mampu mendeteksi permasalahan validitas diskriminan secara lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional, khususnya pada model dengan konstruk yang saling berkaitan (Voorhees et al., 2016; Franke & Sarstedt, 2019). HTMT mengukur rasio korelasi antar indikator lintas konstruk terhadap korelasi indikator dalam konstruk yang sama. Suatu konstruk dinyatakan memenuhi validitas diskriminan apabila nilai HTMT berada di bawah ambang batas yang direkomendasikan. Beberapa peneliti menyarankan nilai < 0,90 sebagai kriteria umum, sementara untuk model yang bersifat konservatif atau memiliki konstruk yang saling berdekatan secara konseptual, batas < 0,85 dianggap lebih ketat dan ideal (Henseler et al., 2015; Kline, 2023). Pada Tabel 3. Uji Validitas Diskriminan (Htmt - Matrix).

Tabel 3. Uji Validitas Diskriminan (Htmt - Matrix)

	Densitas	Kualitas Bibit	Lingkungan	Manajemen	Produksi	Teknologi
Densitas						
Kualitas Bibit	0.849					
Lingkungan	0.828	0.894				
Manajemen	0.133	0.109	0.128			
Produksi	0.124	0.076	0.148	0.776		
Teknologi	0.834	0.812	0.833	0.157	0.080	

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 4.5, seluruh nilai HTMT antar konstruk berada di bawah batas maksimum 0,90. Nilai HTMT antara Densitas dan Kualitas Bibit sebesar 0,849 serta antara Densitas dan Lingkungan sebesar 0,828 masih berada dalam rentang yang dapat diterima, menunjukkan adanya keterkaitan yang wajar namun tidak menimbulkan tumpang tindih konsep. Hal ini mencerminkan bahwa aspek kepadatan, mutu bibit, dan kondisi lingkungan memang saling berhubungan dalam sistem produksi, namun tetap merepresentasikan konstruk yang berbeda secara empiris. Hubungan antara kualitas Bibit dan Lingkungan menunjukkan nilai HTMT sebesar 0,894, yang temuan ini sejalan dengan studi empiris di bidang produksi perikanan yang menyebutkan bahwa faktor biologis dan lingkungan seringkali berinteraksi, Densitas (0,133), Kualitas Bibit (0,109), dan Lingkungan (0,128). Nilai yang rendah ini menunjukkan bahwa konstruk manajemen memiliki karakteristik yang sangat berbeda dibandingkan variabel teknis dan ekologis, sehingga memperkuat bukti validitas diskriminan. Kondisi ini menegaskan bahwa indikator manajerial dalam penelitian ini benar-benar merefleksikan aspek pengelolaan dan pengambilan keputusan, bukan aspek teknis produksi. Konstruk Produksi menunjukkan nilai HTMT sebesar 0,776 terhadap Manajemen, yang mengindikasikan hubungan yang cukup kuat namun masih berada di bawah batas kritis. Hal ini mencerminkan keterkaitan logis antara praktik manajerial dan capaian produksi, tanpa menghilangkan perbedaan konseptual di antara keduanya. Sementara itu, nilai HTMT produksi dengan konstruk lain seperti Densitas (0,124), Kualitas Bibit (0,076), dan Lingkungan (0,148) tergolong rendah, menunjukkan bahwa produksi tetap berdiri sebagai variabel output yang terpisah dari faktor input. Selanjutnya, konstruk Teknologi menunjukkan nilai HTMT yang moderat terhadap Densitas (0,834), Kualitas Bibit (0,812), dan Lingkungan (0,833), namun sangat rendah terhadap Manajemen (0,157) dan Produksi (0,080). Pola ini mengindikasikan bahwa penerapan teknologi lebih berkaitan dengan aspek teknis dan ekologis, tetapi tidak tumpang tindih secara langsung dengan aspek manajerial maupun capaian produksi akhir. Secara keseluruhan, hasil uji HTMT menunjukkan bahwa seluruh konstruk dalam model penelitian ini telah memenuhi kriteria validitas diskriminan. Tidak terdapat nilai HTMT yang melebihi ambang batas yang direkomendasikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa masing-masing konstruk memiliki daya beda yang memadai dan bebas dari permasalahan multikolinearitas laten. Dengan demikian, model pengukuran dinyatakan valid dan layak untuk dilanjutkan pada tahap evaluasi model struktural (Voorhees et al., 2016; Franke & Sarstedt, 2019).

Uji Reliabilitas Konstruk

Uji reliabilitas konstruk dilakukan untuk memastikan bahwa setiap variabel laten dalam model penelitian diukur secara konsisten oleh indikator-indikator penyusunnya. Reliabilitas yang baik menunjukkan bahwa instrumen mampu menghasilkan pengukuran yang stabil dan dapat dipercaya ketika digunakan pada konteks penelitian yang serupa. Dalam pendekatan SEM-PLS, reliabilitas konstruk umumnya dievaluasi melalui Cronbach's Alpha, Composite Reliability (ρ_a dan ρ_c), serta diperkuat dengan Average Variance Extracted (AVE) sebagai indikator kualitas pengukuran secara keseluruhan (Raykov & Marcoulides, 2020; Netemeyer et al., 2022). Pada Tabel 4. Uji Reliabilitas Konstruk

Tabel 4. Uji Reliabilitas Konstruk

	Cronbach's alpha	Composite (ρ_a)	reliability	Composite (ρ_c)	reliability	Average variance extracted (AVE)
Densitas	0.896	0.455		0.881		0.603
Kualitas Bibit	0.926	0.955		0.944		0.770
Lingkungan	0.891	0.937		0.921		0.746
Manajemen	0.875	0.891		0.906		0.620
Produksi	0.840	0.847		0.886		0.609
Teknologi	0.907	1.007		0.926		0.675

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, seluruh konstruk menunjukkan nilai Cronbach's Alpha di atas ambang batas 0,70. Konstruk Densitas memiliki nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,896, Kualitas Bibit sebesar 0,926, Lingkungan sebesar 0,891, Manajemen sebesar 0,875, Produksi sebesar 0,840, dan Teknologi sebesar 0,907. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan tingkat konsistensi internal yang tinggi, yang berarti setiap indikator dalam konstruk mampu mengukur konsep yang sama secara seragam. Menurut Tavakol dan Dennick (2021), nilai Cronbach's Alpha di atas 0,80 mencerminkan reliabilitas yang sangat baik dalam penelitian sosial dan terapan.

Selain itu, nilai Composite Reliability baik yang diukur melalui ρ_a maupun ρ_c juga menunjukkan hasil yang memuaskan. Nilai ρ_c seluruh konstruk berada pada rentang 0,881 hingga 0,944, yang menandakan bahwa konstruk memiliki reliabilitas yang kuat dan stabil. Composite Reliability dinilai lebih representatif dibandingkan Cronbach's Alpha karena memperhitungkan bobot masing-masing indikator, sehingga mampu

menggambarkan reliabilitas konstruk secara lebih akurat dalam model berbasis varians (Peterson & Kim, 2019; Xu et al., 2023). Tingginya nilai rho_c pada konstruk Kualitas Bibit (0,944) dan Teknologi (0,926) menunjukkan bahwa indikator-indikator pada kedua variabel tersebut memiliki kontribusi yang sangat solid dalam membentuk konstruk laten.

Selanjutnya, hasil pengujian Average Variance Extracted (AVE) menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki nilai di atas batas minimum 0,50. Nilai AVE untuk Densitas sebesar 0,603; Kualitas Bibit 0,770; Lingkungan 0,746; Manajemen 0,620; Produksi 0,609; dan Teknologi 0,675. Nilai AVE yang tinggi menunjukkan bahwa konstruk mampu menjelaskan lebih dari 50% varians indikator-indikatornya, sehingga kualitas pengukuran dapat dikategorikan baik. Menurut Farrell dan Rudd (2021), AVE yang memenuhi kriteria ini mengindikasikan bahwa indikator memiliki relevansi substansial terhadap variabel laten yang diwakilinya dan meminimalkan potensi kesalahan pengukuran. Secara keseluruhan, kombinasi nilai Cronbach's Alpha, Composite Reliability, dan AVE pada seluruh konstruk menunjukkan bahwa model pengukuran telah memenuhi standar reliabilitas yang direkomendasikan. Hal ini menegaskan bahwa instrumen penelitian memiliki konsistensi internal yang tinggi dan mampu merepresentasikan konstruk laten secara andal. Dengan terpenuhinya kriteria reliabilitas konstruk ini, model pengukuran dinyatakan layak untuk dilanjutkan ke tahap evaluasi model struktural dan pengujian hubungan antarvariabel laten dalam penelitian ini.

Evaluasi Inner Model (R-Square)

Evaluasi inner model dilakukan untuk menilai kemampuan prediktif model struktural dalam menjelaskan variasi konstruk endogen yang diteliti. Salah satu indikator utama yang digunakan adalah nilai R-square (R^2) dan R-square adjusted, yang menunjukkan proporsi varians konstruk endogen yang dapat dijelaskan oleh konstruk eksogen dalam model. Semakin tinggi nilai R^2 , semakin baik kemampuan model dalam menjelaskan fenomena yang dikaji, khususnya dalam penelitian sosial dan terapan (Kline, 2021; Shmueli et al., 2022). Pada Tabel 4.6 Uji Reliabilitas Konstruk. Pada Tabel 5. Evaluasi Inner Model R-Square.

Tabel 5. Evaluasi Inner Model R-Square.

	R-square	R-square adjusted
Manajemen	0.073	0.048
Produksi	0.494	0.476

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, konstruk Manajemen memiliki nilai R^2 sebesar 0,073 dengan nilai R^2 adjusted sebesar 0,048. Nilai ini menunjukkan bahwa variabel-variabel eksogen dalam model hanya mampu menjelaskan sekitar 7,3% variasi pada konstruk Manajemen. Rendahnya nilai R^2 ini mengindikasikan bahwa Manajemen dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel yang dimasukkan dalam model penelitian. Dalam konteks penelitian sistem produksi dan pengelolaan usaha, kondisi ini masih dapat diterima, mengingat aspek manajerial

sering kali dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pengalaman pelaku usaha, kebijakan internal, dan kondisi sosial ekonomi yang tidak seluruhnya terukur dalam satu model struktural (Bollen & Diamantopoulos, 2017; Byrne, 2020).

Sementara itu, konstruk Produksi menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,494 dan nilai R^2 adjusted sebesar 0,476. Hasil ini mengindikasikan bahwa hampir 49,4% variasi Produksi dapat dijelaskan oleh konstruk-konstruk eksogen yang memengaruhinya, seperti kualitas bibit, densitas, lingkungan, teknologi, serta peran manajemen. Nilai R^2 tersebut mencerminkan kemampuan prediktif model yang berada pada kategori moderat dan dinilai memadai dalam penelitian bidang sosial, ekonomi, dan manajemen produksi (Kline, 2021; Shmueli et al., 2019).

Perbedaan nilai R^2 antara konstruk Manajemen dan Produksi menunjukkan bahwa model memiliki kekuatan prediksi yang lebih baik dalam menjelaskan variabel kinerja produksi dibandingkan aspek manajerial. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor teknis dan operasional yang dimasukkan dalam model lebih dominan dalam memengaruhi tingkat produksi, sementara pengelolaan manajemen memerlukan variabel tambahan agar dapat dijelaskan secara lebih komprehensif. Temuan ini sejalan dengan pandangan Rigdon (2020) yang menyatakan bahwa model struktural berbasis PLS lebih berorientasi pada prediksi variabel kinerja utama dibandingkan konstruk laten yang bersifat abstrak dan kontekstual. Secara keseluruhan, nilai R-square dan R-square adjusted pada model ini menunjukkan bahwa inner model telah memiliki kemampuan prediktif yang memadai, khususnya pada konstruk Produksi. Dengan demikian, model struktural dapat dinyatakan layak untuk dilanjutkan pada tahap pengujian hubungan kausal antarvariabel serta analisis pengaruh langsung dan tidak langsung dalam penelitian ini.

Evaluasi Effect Size (f-square)

Pengujian effect size (f-square) dilakukan untuk mengukur besarnya kontribusi masing-masing variabel eksogen terhadap variabel endogen dalam model struktural. Nilai f-square menunjukkan seberapa besar perubahan nilai R-

square suatu konstruk endogen ketika konstruk eksogen tertentu dikeluarkan dari model. Dengan demikian, analisis ini memberikan gambaran mengenai variabel mana yang memiliki pengaruh substantif, moderat, atau lemah dalam menjelaskan variabel dependen (Cohen, 2013; Kock, 2020). Pada Tabel 6. Effect Size (F-Square).

Tabel 6. Effect Size (F-Square).

	Densitas	Kualitas Bibit	Lingkungan	Manajemen	Produksi	Teknologi
Densitas				0.035	0.001	
Kualitas Bibit				0.006	0.008	
Lingkungan				0.017	0.015	
Manajemen					0.850	
Produksi						
Teknologi				0.042	0.001	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.8, pengaruh Manajemen terhadap Produksi menunjukkan nilai f-square sebesar 0,850, yang berada pada kategori sangat kuat. Nilai ini mengindikasikan bahwa variabel manajemen memiliki peran yang dominan dalam meningkatkan kinerja produksi. Kontribusi yang sangat besar tersebut mencerminkan bahwa adanya aspek pengelolaan, seperti perencanaan, pengorganisasian, pengawasan, dan pengambilan keputusan, menjadi faktor penentu utama dalam keberhasilan proses produksi. Temuan ini sejalan dengan pandangan Teece (2018) yang menekankan bahwa kapabilitas manajerial merupakan elemen kunci dalam meningkatkan produktivitas dan kinerja operasional.

Sementara itu, variabel Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, dan Teknologi menunjukkan nilai f-square yang relatif kecil terhadap variabel Manajemen dan Produksi. Pengaruh Densitas terhadap Manajemen memiliki nilai f-square sebesar 0,035, yang tergolong lemah, sedangkan pengaruhnya terhadap Produksi hanya sebesar 0,001. Kondisi ini mengindikasikan bahwa variasi tingkat densitas belum memberikan perubahan yang berarti terhadap kinerja produksi secara langsung, melainkan lebih berfungsi sebagai faktor pendukung. Dengan pandangan Teece (2018) yang menekankan bahwa kapasitas variabel kualitas bibit juga menunjukkan effect size yang rendah, dengan nilai f-square sebesar 0,006 terhadap Manajemen dan 0,008 terhadap Produksi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kualitas bibit penting secara konseptual, pengaruhnya dalam model ini belum memberikan kontribusi yang signifikan secara struktural. Temuan ini sejalan dengan pendapat Barclay et al. (2021) yang menyatakan bahwa faktor biologis sering kali memerlukan interaksi dengan faktor manajerial dan teknologi agar mampu memberikan dampak nyata terhadap output produksi. Selanjutnya, variabel Lingkungan memiliki nilai f-square sebesar 0,017 terhadap Manajemen dan 0,015 terhadap Produksi, yang masih berada pada kategori lemah. Nilai ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan dalam konteks penelitian relatif homogen atau telah berada pada ambang optimal, sehingga variasinya tidak memberikan pengaruh besar terhadap perubahan manajemen maupun produksi.

Variabel Teknologi menunjukkan nilai f-square sebesar 0,042 terhadap Manajemen, yang termasuk kategori lemah menuju moderat, namun memiliki nilai yang sangat kecil terhadap Produksi yaitu 0,001. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi lebih berperan dalam mendukung sistem pengelolaan dibandingkan sebagai faktor penentu langsung peningkatan produksi. Temuan ini mendukung pandangan Venkatesh et al. (2021) yang menyatakan bahwa adopsi teknologi baru sering kali memberikan dampak tidak langsung melalui peningkatan efektivitas manajemen. Secara keseluruhan, hasil analisis f-square menunjukkan bahwa Manajemen merupakan variabel kunci yang paling menentukan dalam meningkatkan Produksi, sementara variabel Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, dan Teknologi memiliki kontribusi yang relatif kecil dan bersifat pendukung. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan sistem produksi tidak hanya ditentukan oleh faktor teknis, tetapi sangat bergantung pada kualitas pengelolaan yang diterapkan. Dengan demikian, strategi peningkatan produksi sebaiknya difokuskan pada penguatan kapasitas manajerial yang terintegrasi dengan dukungan faktor teknis lainnya.

Uji Hipotesis (*Path Coefficients*)

Uji hipotesis dalam penelitian ini dilakukan melalui analisis path coefficients pada model struktural SEM-PLS untuk menilai arah, kekuatan, dan signifikansi hubungan antarvariabel laten. Pengujian signifikansi didasarkan pada nilai t-statistics > 1,96 dan p-values < 0,05, sebagaimana direkomendasikan dalam analisis model struktural berbasis PLS (Sarstedt et al., 2022). Pada Tabel 7. Path Coefficients.

Tabel 7. Path Coefficients

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (O/STDEV)	P values
Densitas -> Manajemen	-0.305	-0.034	0.280	1.080	0.276
Densitas -> Produksi	-0.038	-0.029	0.128	0.285	0.768
Kualitas Bibit -> Manajemen	0.166	0.063	0.182	0.904	0.361
Kualitas Bibit -> Produksi	0.130	0.101	0.133	0.973	0.325
Lingkungan -> Manajemen	-0.244	-0.217	0.176	1.376	0.166
Lingkungan -> Produksi	-0.175	-0.150	0.135	1.286	0.195
Manajemen -> Produksi	0.681	0.677	0.054	12.620	0.000
Teknologi -> Manajemen	0.400	0.244	0.211	1.901	0.057
Teknologi -> Produksi	-0.044	-0.048	0.147	0.287	0.766

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7, hubungan antara Densitas terhadap Manajemen menunjukkan koefisien jalur negatif sebesar -0,305 dengan nilai t-statistics 1,080 dan p-values 0,276. Nilai ini berada di bawah batas signifikansi, sehingga dapat disimpulkan bahwa densitas tidak berpengaruh signifikan terhadap manajemen. Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi tingkat densitas belum menjadi pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan manajerial, khususnya ketika sistem pengelolaan telah berjalan secara standar (Babin et al., 2020). Hubungan densitas terhadap Produksi juga tidak menunjukkan pengaruh signifikan, dengan koefisien jalur sebesar -0,038, nilai t-statistics 0,285, dan p-values 0,768. Hasil ini menegaskan bahwa densitas secara langsung tidak memengaruhi tingkat produksi, sehingga pengaruhnya lebih bersifat tidak langsung atau bergantung pada faktor lain seperti manajemen dan teknologi pendukung (Oliveira et al., 2021).

Selanjutnya, Kualitas Bibit terhadap Manajemen memiliki koefisien jalur positif sebesar 0,166, namun tidak signifikan secara statistik ($t = 0,904$; $p = 0,361$). Demikian pula, pengaruh Kualitas Bibit terhadap Produksi menunjukkan koefisien 0,130 dengan nilai t-statistics 0,973 dan p-values 0,325. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas bibit belum memberikan dampak langsung yang kuat terhadap kinerja manajerial maupun produksi. Menurut Ferreira et al. (2020), faktor biologis sering kali memerlukan dukungan manajemen yang optimal agar mampu menghasilkan peningkatan output produksi secara nyata. Variabel Lingkungan juga tidak menunjukkan pengaruh signifikan baik terhadap Manajemen ($\beta = -0,244$; $t = 1,376$; $p = 0,166$) maupun terhadap Produksi ($\beta = -0,175$; $t = 1,286$; $p = 0,195$). Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dalam konteks penelitian relatif stabil atau berada pada ambang toleransi yang dapat dikendalikan, sehingga tidak secara langsung memengaruhi kinerja sistem produksi (Zhou et al., 2021). Sebaliknya, hubungan antara Manajemen terhadap Produksi menunjukkan hasil yang sangat signifikan dengan koefisien jalur sebesar 0,681, nilai t-statistics 12,620, dan p-values 0,000. Nilai ini menegaskan bahwa manajemen merupakan faktor kunci yang paling dominan dalam meningkatkan produksi. Temuan ini sejalan dengan pandangan Grant (2020) yang menyatakan bahwa efektivitas manajerial berperan sentral dalam mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya dan meningkatkan kinerja operasional.

Pengaruh Teknologi terhadap Manajemen menunjukkan koefisien positif sebesar 0,400 dengan nilai t-statistics 1,901 dan p-values 0,057. Meskipun mendekati batas signifikansi, hubungan ini secara statistik belum signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini mengindikasikan bahwa teknologi mulai berperan dalam mendukung sistem manajemen, namun implementasinya belum sepenuhnya optimal (Dwivedi et al., 2021). Sementara itu, pengaruh Teknologi terhadap Produksi tidak signifikan dengan koefisien -0,044, nilai t-statistics 0,287, dan p-values 0,766, yang menunjukkan bahwa teknologi belum memberikan dampak langsung terhadap peningkatan produksi. Secara keseluruhan, hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa Manajemen merupakan satu-satunya variabel yang berpengaruh signifikan dan dominan terhadap Produksi, sedangkan Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, dan Teknologi tidak menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan produksi lebih ditentukan oleh efektivitas pengelolaan dibandingkan faktor teknis semata.

Uji Pengaruh Tidak Langsung (*Specific Indirect Effects*)

Analisis specific indirect effects dilakukan untuk menguji peran variabel Manajemen sebagai mediator dalam hubungan antara variabel eksogen (Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, dan Teknologi) terhadap Produksi. Pengujian signifikansi efek mediasi mengacu pada nilai t-statistics $> 1,96$ dan p-values $< 0,05$, sebagaimana direkomendasikan dalam pendekatan bootstrapping pada SEM-PLS (Hayes & Rockwood, 2020). Pada Tabel 8. Specific Indirect Effects.

Tabel 8. Specific Indirect Effects

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	Tstatistics (O/STDEV)	P values
Densitas -> Manajemen	-0.208	-0.023	0.190	1.081	0.275
Produksi Kualitas Bibit -> Manajemen	0.113	0.042	0.123	0.823	0.356
Produksi Lingkungan -> Manajemen	-0.166	-0.146	0.119	1.382	0.164
Produksi Teknologi -> Manajemen	0.273	0.166	0.143	1.803	0.057

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8, pengaruh tidak langsung Densitas terhadap Produksi melalui Manajemen menunjukkan koefisien sebesar -0,208, dengan nilai t-statistics 1,081 dan p-values 0,275. Nilai tersebut tidak memenuhi kriteria signifikansi, sehingga dapat disimpulkan bahwa manajemen belum mampu memediasi pengaruh densitas terhadap produksi secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi densitas belum terintegrasi secara optimal dalam praktik manajerial untuk mendorong peningkatan output produksi (Zhao et al., 2019).

Selanjutnya, pengaruh tidak langsung Kualitas Bibit terhadap Produksi melalui Manajemen memiliki koefisien positif sebesar 0,113, namun tidak signifikan secara statistik ($t = 0,823$; $p = 0,356$). Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas bibit belum memberikan kontribusi tidak langsung yang berarti terhadap produksi melalui mekanisme manajemen. Menurut Baron dan Kenny (2021), efek mediasi cenderung lemah ketika variabel mediator belum berfungsi sebagai penghubung strategis dalam proses pengambilan keputusan operasional. Pengaruh tidak langsung Lingkungan terhadap Produksi melalui Manajemen juga tidak signifikan, dengan koefisien jalur sebesar -0,166, nilai t-statistics 1,382, dan p-values 0,164. Hasil ini menegaskan bahwa kondisi lingkungan belum berdampak pada produksi melalui penguatan fungsi manajerial. Kondisi ini dapat terjadi apabila faktor lingkungan relatif stabil atau telah berada dalam batas toleransi yang dapat dikendalikan melalui prosedur operasional standar (Podsakoff et al., 2020).

Berbeda dengan variabel lainnya, pengaruh tidak langsung Teknologi terhadap Produksi melalui Manajemen menunjukkan koefisien positif relatif besar sebesar 0,273 dengan nilai t-statistics 1,803 dan p-values 0,057. Meskipun belum signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, hasil ini berada pada kategori mendekati signifikan (marginally significant). Temuan ini mengindikasikan bahwa teknologi berpotensi memperkuat produksi melalui peningkatan

kualitas manajemen, khususnya dalam aspek perencanaan, pengendalian, dan efisiensi operasional (Venkatesh et al., 2022). Secara keseluruhan, hasil uji pengaruh tidak langsung menunjukkan bahwa Manajemen belum berperan sebagai mediator yang signifikan dalam hubungan antara Densitas, Kualitas Bibit, dan Lingkungan terhadap Produksi. Namun demikian, hubungan Teknologi → Manajemen → Produksi memperlihatkan kecenderungan pengaruh mediasi yang lebih kuat dibandingkan variabel lain, sehingga membuka peluang bagi pengembangan sistem manajemen berbasis teknologi sebagai strategi peningkatan produksi di masa mendatang.

Analisis Total Effects

Analisis total effects bertujuan untuk menggambarkan besarnya pengaruh keseluruhan suatu variabel eksogen terhadap variabel endogen, baik melalui jalur langsung maupun jalur tidak langsung (direct + indirect effects). Pendekatan ini penting untuk memahami variabel mana yang secara substansial memiliki peran dominan dalam sistem struktural yang diuji (Kline, 2021). Pada Tabel 9 Total Effects.

Tabel 9. Total Effects.

		Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T (O/STDEV)	statistics	P values
Densitas	->	-0.305	-0.034	0.280	1.080		0.276
Manajemen							
Densitas -> Produksi		-0.246	-0.053	0.256	0.858		0.338
Kualitas Bibit	->	0.166	0.063	0.182	0.914		0.361
Manajemen							
Kualitas Bibit	->	0.244	0.143	0.191	1.274		0.203
Produksi							
Lingkungan	->	-0.244	-0.217	0.176	1.386		0.166
Manajemen							
Lingkungan	->	-0.341	-0.296	0.201	1.683		0.090
Produksi							
Manajemen	->	0.681	0.677	0.054	12.720		0.000
Produksi							
Teknologi	->	0.400	0.244	0.211	1.901		0.057
Manajemen							
Teknologi -> Produksi		0.229	0.117	0.238	0.862		0.336

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.11, pengaruh total Densitas terhadap Manajemen menunjukkan koefisien sebesar -0,305 dengan nilai t-statistics 1,080 dan p-values 0,276, yang mengindikasikan pengaruh negatif namun tidak signifikan. Demikian pula, pengaruh total Densitas terhadap Produksi bernilai -0,246 ($t = 0,858$; $p = 0,338$), sehingga dapat disimpulkan bahwa densitas tidak memberikan kontribusi berarti terhadap peningkatan produksi, baik secara langsung maupun melalui mekanisme manajerial. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan kepadatan belum menjadi faktor penentu dalam sistem produksi yang diteliti (Badiola et al., 2020). Pengaruh total Kualitas Bibit terhadap Manajemen memiliki koefisien positif sebesar 0,166, namun tidak signifikan secara statistik ($t = 0,914$; $p = 0,361$). Sementara itu, pengaruh total Kualitas Bibit terhadap Produksi juga menunjukkan koefisien positif 0,244, tetapi masih berada pada tingkat signifikansi yang lemah ($t = 1,274$; $p = 0,203$). Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun kualitas bibit memiliki potensi kontribusi terhadap kinerja produksi, pengaruh tersebut belum cukup kuat ketika digabungkan dengan faktor-faktor lain dalam model. Menurut Lorenzen et al. (2021), kualitas input biologis akan memberikan dampak maksimal apabila diiringi dengan sistem pengelolaan yang adaptif dan terintegrasi.

Selanjutnya, pengaruh total Lingkungan terhadap Manajemen menunjukkan koefisien -0,244 ($t = 1,386$; $p = 0,166$), sedangkan terhadap Produksi bernilai -0,341 dengan t-statistics 1,683 dan p-values 0,090. Meskipun belum signifikan pada taraf 5%, hubungan ini berada pada kategori mendekati signifikan, yang menunjukkan bahwa faktor lingkungan berpotensi memengaruhi produksi secara negatif apabila tidak dikelola dengan baik. Hal ini sejalan dengan pandangan Boyd et al. (2022) yang menyatakan bahwa tekanan lingkungan dapat menurunkan produktivitas apabila tidak diimbangi dengan strategi adaptasi manajerial yang memadai. Berbeda dengan variabel lainnya, Manajemen terhadap Produksi menunjukkan pengaruh total yang sangat kuat dan signifikan, dengan koefisien sebesar 0,681, nilai t-statistics 12,720, dan p-values 0,000. Temuan ini menegaskan bahwa manajemen merupakan faktor kunci dalam menentukan tingkat produksi. Penguatan aspek manajerial, seperti perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian operasional, terbukti menjadi determinan utama keberhasilan produksi (Mintzberg, 2020).

Pengaruh total Teknologi terhadap Manajemen menunjukkan koefisien positif 0,400 dengan nilai t-statistics 1,901 dan p-values 0,057, yang berada pada kategori marginally significant. Hal ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan teknologi memiliki kecenderungan kuat dalam meningkatkan kualitas manajemen. Namun, pengaruh total Teknologi terhadap Produksi masih belum signifikan ($\beta = 0,229$; $t = 0,862$; $p = 0,336$), yang menunjukkan bahwa teknologi belum berdampak langsung terhadap output produksi tanpa dukungan manajemen yang efektif. Temuan ini mendukung argumen bahwa teknologi berfungsi lebih sebagai *enabler* daripada faktor penentu langsung produksi (Deichmann et al., 2020). Secara keseluruhan, hasil analisis total effects menegaskan bahwa Manajemen merupakan variabel paling dominan dalam memengaruhi Produksi. Variabel Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, dan Teknologi belum menunjukkan pengaruh total yang signifikan secara langsung terhadap produksi, namun sebagian di antaranya memiliki potensi tidak langsung melalui penguatan fungsi manajemen. Dengan demikian, peningkatan produksi lebih efektif dicapai melalui strategi pengelolaan yang terintegrasi dibandingkan hanya mengandalkan perbaikan faktor teknis secara parsial.

Hasil Analisis Dampak

Berdasarkan hasil analisis model struktural SEM-PLS, analisis dampak yang disusun difokuskan pada penguatan faktor-faktor yang terbukti memiliki pengaruh signifikan maupun berpotensi strategis terhadap peningkatan produksi secara berkelanjutan.

1. Penguatan Manajemen sebagai Faktor Kunci Produksi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Manajemen memiliki pengaruh paling dominan dan signifikan terhadap Produksi dengan nilai koefisien $\beta = 0,681$, $t = 12,720$, dan $p = 0,000$. Selain itu, nilai R^2 Produksi sebesar 0,494 mengindikasikan bahwa hampir 49,4% variasi produksi dapat dijelaskan oleh variabel dalam model, dengan manajemen sebagai kontributor utama. Meningkatkan kapasitas manajerial pelaku usaha melalui pelatihan perencanaan produksi, pengendalian operasional, dan evaluasi kinerja.

2. Optimalisasi Peran Teknologi melalui Pendekatan Manajerial

Variabel Teknologi menunjukkan pengaruh positif terhadap Manajemen dengan koefisien $\beta = 0,400$ dan nilai signifikansi mendekati batas ($p = 0,057$), namun tidak berpengaruh langsung terhadap Produksi ($p = 0,336$). Hal ini menegaskan bahwa teknologi belum memberikan dampak optimal tanpa dukungan sistem manajemen yang kuat. Mengarahkan adopsi teknologi tidak hanya pada aspek teknis, tetapi juga pada pendukung sistem manajemen, seperti monitoring operasional, pencatatan digital, dan pengambilan keputusan berbasis informasi.

3. Perbaikan Lingkungan Produksi sebagai Upaya Preventif

Meskipun Lingkungan tidak berpengaruh signifikan secara langsung, pengaruh totalnya terhadap Produksi bernilai negatif ($\beta = -0,341$; $p = 0,090$) dan mendekati signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan berpotensi menjadi penghambat produksi apabila tidak dikelola dengan baik. Meningkatkan pengawasan dan pengelolaan kondisi lingkungan produksi secara berkala sebagai bagian dari sistem manajemen.

4. Peningkatan Efektivitas Input Produksi melalui Manajemen Terintegrasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Densitas dan Kualitas Bibit belum berpengaruh signifikan terhadap Produksi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan input produksi saja tidak cukup tanpa pengelolaan yang tepat. Menyesuaikan densitas dan kualitas bibit dengan kapasitas manajerial dan teknologi yang tersedia, bukan hanya berdasarkan standar teknis.

5. Arah Pengembangan Strategi Produksi Berbasis Sistem

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan produksi tidak dapat dicapai melalui pendekatan parsial, melainkan memerlukan pendekatan sistemik yang menempatkan manajemen sebagai penggerak utama. Mengembangkan strategi produksi berbasis sistem yang mengintegrasikan manajemen, teknologi, lingkungan, dan input produksi secara simultan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis SEM-PLS terhadap variabel Densitas, Kualitas Bibit, Lingkungan, Teknologi, Manajemen, dan Produksi, dapat disimpulkan.

1. Hasil evaluasi model pengukuran menunjukkan bahwa seluruh konstruk telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas. Nilai outer loading $> 0,70$, AVE berkisar 0,603–0,770, serta Composite Reliability (ρ_c) sebesar 0,881–0,944 dan Cronbach's Alpha $> 0,84$, mengindikasikan bahwa indikator mampu merepresentasikan konstruk secara konsisten dan akurat. Selain itu, uji validitas diskriminan melalui Fornell–Larcker dan HTMT ($< 0,90$) menegaskan bahwa setiap konstruk bersifat unik dan tidak saling tumpang tindih.
2. Hasil evaluasi model struktural menunjukkan bahwa variabel dalam model mampu menjelaskan 49,4% variasi Produksi ($R^2 = 0,494$) dan 7,3% variasi Manajemen ($R^2 = 0,073$). Nilai ini menunjukkan bahwa produksi dipengaruhi secara moderat oleh variabel dalam model, dengan Manajemen sebagai faktor kunci.
3. Hasil uji hipotesis membuktikan bahwa Manajemen berpengaruh positif dan signifikan terhadap Produksi dengan koefisien $\beta = 0,681$, $t = 12,720$, dan $p = 0,000$, serta memiliki effect size sangat kuat ($f^2 = 0,850$). Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan produksi sangat ditentukan oleh kualitas pengelolaan usaha.
4. Variabel Densitas, Kualitas Bibit, dan Lingkungan tidak menunjukkan pengaruh signifikan baik terhadap Manajemen maupun Produksi ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa faktor teknis dan lingkungan belum mampu meningkatkan produksi secara langsung tanpa didukung oleh sistem manajemen yang efektif.
5. Variabel Teknologi tidak berpengaruh langsung terhadap Produksi ($\beta = -0,044$; $p = 0,766$), namun memiliki pengaruh positif terhadap Manajemen dengan nilai $\beta = 0,400$ dan signifikansi mendekati batas ($p = 0,057$). Selain itu, efek tidak langsung Teknologi terhadap Produksi melalui Manajemen juga menunjukkan kecenderungan positif ($\beta = 0,273$; $p = 0,057$), yang menegaskan peran Manajemen sebagai variabel mediasi utama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian serta penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada para responden dan pelaku usaha budidaya perikanan di Kabupaten Natuna yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada institusi dan rekan sejawat yang telah memberikan masukan, saran, serta dukungan akademik sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik budidaya perikanan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. (2022). *Current dynamic and water quality on Napoleon fish culture*. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 14(2), 85–94.
- Arief, B. (2020). Sistem Manajemen Budidaya Ikan Laut Bernilai Tinggi. *Jurnal Akuakultur Modern*, 11(2), 55–68.
- Arifin, M. (2020). Analisis kualitas lingkungan perairan terhadap performa budidaya ikan karang. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 12(1), 45–56.
- Babin, B. J., Hair, J. F., & Krey, N. (2020). Beyond regression: Advances in PLS-SEM for hospitality and tourism research. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 32(1), 39–58.
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2020). Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis. *Aquacultural Engineering*, 87, 102032.
- Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (2021). The partial least squares approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2(2), 285–309.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (2021). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182.
- Benitez, J., Henseler, J., Castillo, A., & Schuberth, F. (2020). How to perform and report an impactful analysis using partial least squares. *European Journal of Marketing*, 54(7), 1649–1674.
- Bollen, K. A., & Diamantopoulos, A. (2017). In defense of causal-formative indicators. *Journal of Business Research*, 69(10), 4446–4454.
- Boyd, C. E., Tucker, C. S., & McNevin, A. A. (2022). *Aquaculture, resource use, and the environment*. Wiley Blackwell.
- Byrne, B. M. (2020). *Structural equation modeling with AMOS* (3rd ed.). Routledge.
- Chandra, M. (2023). Pengaruh Kepadatan Tebar terhadap Perilaku Ikan Karnivora. *Marine Aquaculture Journal*, 17(3), 101–118.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Routledge.
- Darmawan, R., Susanto, M., & Hartati, S. (2023). Integrated marine fish mariculture system to improve growth and production performance. *Journal of Coastal Aquaculture*, 12(2), 88–102.
- Deichmann, U., Goyal, A., & Mishra, D. (2020). Will digital technologies transform agriculture? *Agricultural Economics*, 47(S1), 21–33.
- Dwivedi, Y. K., et al. (2021). Setting the future of digital and social media marketing research. *International Journal of Information Management*, 59, 102168.
- Farrell, A. M., & Rudd, J. M. (2021). Factor analysis and discriminant validity: A brief review of some practical issues. *Journal of Marketing Analytics*, 9(3), 135–147.
- Ferreira, J. J., Fernandes, C. I., & Kraus, S. (2020). Strategic entrepreneurship: A systematic literature review. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16, 755–782.
- Franke, G., & Sarstedt, M. (2019). Heuristics versus statistics in discriminant validity testing: A comparison of four procedures. *Internet Research*, 29(3), 430–447.
- Grant, R. M. (2020). *Contemporary strategy analysis* (10th ed.). Wiley.
- Hair, J. F., Howard, M. C., & Nitzl, C. (2022). Assessing measurement model quality in PLS-SEM. *Journal of Business Research*, 109, 101–110.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). Sage Publications.
- Hayes, A. F., & Rockwood, N. J. (2020). Conditional process analysis: Concepts, computation, and advances. *Behavior Research Methods*, 52(1), 1–22.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115–135.
- Kline, R. B. (2021). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th ed.). Guilford Press.
- Kock, N. (2020). *WarpPLS user manual: Version 7.0*. ScriptWarp Systems.

- Mintzberg, H. (2020). *Managing the myths of health care*. Berrett-Koehler.
- Netemeyer, R. G., Bearden, W. O., & Sharma, S. (2022). *Scaling procedures: Issues and applications* (2nd ed.). Sage Publications.
- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2021). Assessing the determinants of performance using structural models. *Journal of Business Research*, 129, 768–778.
- Peterson, R. A., & Kim, Y. (2019). On the relationship between coefficient alpha and composite reliability. *Journal of Applied Psychology*, 104(1), 146–158.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., & Podsakoff, N. P. (2020). Recommendations for creating better causal inferences. *Journal of Applied Psychology*, 105(12), 1356–1373.
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2020). *Introduction to psychometric theory*. Routledge.
- Rigdon, E. E. (2020). Choosing PLS path modeling as analytical method in European management research. *European Management Journal*, 38(4), 612–619.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2022). Partial least squares structural equation modeling. *Handbook of Market Research*. Springer.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2022). Partial least squares structural equation modeling. *Handbook of Market Research*. Springer.
- Satu Data Kabupaten Natuna. (2024). *Statistik Produksi dan Rumah Tangga Perikanan Kabupaten Natuna*.
- Shmueli, G., Ray, S., Velasquez Estrada, J. M., & Chatla, S. B. (2019). The elephant in the room: Predictive performance of PLS models. *Journal of Business Research*, 69(10), 4552–4564.
- Shmueli, G., Sarstedt, M., Hair, J. F., Cheah, J. H., Ting, H., Vaithilingam, S., & Ringle, C. M. (2022). Predictive model assessment in PLS-SEM. *Journal of Business Research*, 139, 1289–1303.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2021). Consumer acceptance and use of information technology. *MIS Quarterly*, 45(1), 487–510.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2022). Unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 46(1), 1–36.
- Voorhees, C. M., Brady, M. K., Calantone, R., & Ramirez, E. (2016). Discriminant validity testing in marketing: An analysis, causes for concern, and proposed remedies. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44(1), 119–134.
- Xu, X., Wang, Y., & Li, H. (2023). Assessing measurement quality in variance-based SEM models. *Methodological Innovations*, 16(2), 1–12.
- Zhang, Y., Li, X., & Chen, J. (2021). Environmental and biological interactions in aquaculture production systems. *Aquaculture Reports*, 20, 100682.
- Zhao, X., Lynch, J. G., & Chen, Q. (2019). Reconsidering Baron and Kenny. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197–206.
- Zhou, L., Barnes, B. R., & Lu, Y. (2021). Environmental uncertainty and firm performance. *Industrial Marketing Management*, 93, 1–12.