

Strategi Peningkatan Pemanfaatan Teknologi *Smart Farming* di CV Bumi Agro Technology

Improvement Strategy Of Smart Farming Technology Utilization At Cv Bumi Agro Technology

Stephani Gunawan*, Trisna Insan Noor

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

*Email: stephani21001@mail.unpad.ac.id

(Diterima 29-07-2025; Disetujui 05-01-2026)

ABSTRAK

Pertanian merupakan sektor dengan tingkat produktivitas terendah, dibandingkan dengan sektor-sektor lain di Indonesia. Penggunaan teknologi kecerdasan buatan pada sektor pertanian (*smart farming*) dapat mengatasi masalah tersebut, dengan mengoptimalkan input dan memaksimalkan output pertanian. Penelitian ini dilakukan di CV Bumi Agro Technology, sebagai salah satu usahatani yang menerapkan sistem *smart farming*, dengan tujuan menganalisis Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) di CV Bumi Agro Technology, serta meninjau strategi peningkatan pemanfaatan *smart farming* yang dapat diterapkan. Dengan metode penelitian deskriptif kualitatif, diperoleh hasil bahwa TKT *smart farming* di CV Bumi Agro Technology berada pada level 7 dari 9. Tingkat Kesesuaian pada gap analysis-nya berjumlah 77,77%. Strategi yang dapat dilakukan berupa evaluasi teknologi berkala, aktif berkolaborasi dan mencari penunjang, serta mengedukasi dan melatih tenaga kerja.

Kata kunci: *smart farming*, Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT), *gap analysis*, strategi peningkatan

ABSTRACT

Agriculture is a sector with the lowest productivity rate, compared with other sectors in Indonesia. Artificial Intelligence technology usage in the agriculture sector (smart farming) can address the problem, by making the inputs more effective and maximizing the output in agriculture. This research was conducted in CV Bumi Agro Technology, as one of the farms that apply smart farming systems, with the aim to analyze the Technology Readiness Level (TRL) at CV Bumi Agro Technology, and observe applicable strategies to leverage the utilization of smart farming. With qualitative descriptive research methods, the results obtained were the TRL of smart farming in CV Bumi Agro Technology is at level 7 out of 9. The level of conformity in the gap analysis is 77.77%. Strategies that can be applied are doing periodic evaluation regarding the technology, actively collaborating and seeking support, as well as educating and training the manpower.

Keywords: smart farming, Technology Readiness Level (TRL), gap analysis, improvement strategy

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor dengan produktivitas terendah, dibandingkan dengan sektor-sektor lain di Indonesia. Menurut beberapa pakar, modernisasi pertanian mampu menjadi kunci penunjang produktivitas sektor pertanian ini. Selain mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan, modernisasi pertanian juga dapat mendorong transformasi ekonomi Indonesia secara struktural ke sektor lain di luar pertanian (Alta dkk., 2023).

Modernisasi pertanian sendiri berfokus pada peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya di bidang pertanian; dengan adanya perubahan teknologi, perilaku, struktur, dan lembaga pertanian. Modernisasi pertanian dilihat dari efektivitas budidaya, efisiensi Sumber Daya Alam (SDA), hingga pemanfaatan mesin dan teknologi yang tepat guna (Kementerian Pertanian RI, 2021).

Pada tahun 1960-an, modernisasi pertanian dilakukan dengan revolusi hijau yang merupakan program akselerasi pertanian dalam peningkatan efektivitas kinerja petani. Keberhasilan revolusi ini pernah membawa Indonesia menyandang gelar negara eksport beras terbesar, dan menjadi faktor perubahan dalam bidang lain, seperti bidang ekonomi dan sosial (Prayoga dkk., 2019). Saat ini, pendekatan modernisasi pertanian yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan teknologi pertanian yang berkelanjutan.

Di era globalisasi dan kemajuan zaman, perkembangan teknologi telah menjadi hal yang tak asing. Berbagai inovasi teknologi terus dikembangkan dengan tujuan membantu mengefisienkan pekerjaan manusia; sebagaimana pernyataan Fatah Syukur NC (2008), bahwa teknologi adalah keseluruhan cara yang mampu mentransformasi dan mengarahkan hidup manusia agar lebih mudah dan efisien.

Perkembangan teknologi bersifat fleksibel dan dapat diaplikasikan ke dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Pada praktiknya, penerapan teknologi tertentu di bidang pertanian kerap kali disebut *smart farming*. *Smart farming* sendiri merupakan suatu teknik pertanian cerdas dengan pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan untuk mempermudah pekerjaan petani (Mitra Sejahtera Membangun Bangsa, 2018). Penerapannya dilakukan dengan menempatkan perangkat teknologi di sekitar lahan pertanian untuk menggantikan pekerjaan manusia.

Pemanfaatan teknologi ini memiliki potensi yang sangat besar dalam peningkatan pendapatan petani, mendorong pertanian berkelanjutan, serta memperkuat ketahanan pangan. Hal ini berlandaskan oleh kemampuan *smart farming* yang mampu memberikan input bagi tumbuhan dan lahan pertanian dengan tingkat ketepatan yang tinggi (Knierim dkk., 2019).

Berdasarkan survei CropLife yang dilakukan terhadap para pengecer tanaman yang menggunakan *smart farming* di Amerika Serikat dan Kanada pada tahun 2019, peningkatan penggunaan data dan teknologi untuk bidang agrikultur (seperti sampel tanah, pencitraan satelit, dan pemetaan hasil panen) meningkat secara signifikan dibandingkan dengan tahun 2017 (Balafoutis dkk., 2020). Meskipun demikian, teknologi yang dimanfaatkan belum terjamin memiliki tingkat kesiapan yang layak dalam penerapannya di bidang pertanian, terutama pada *smart farming* yang memanfaatkan kecerdasan buatan. Saat ini, beberapa masalah yang muncul pada sistem *smart farming* adalah mengenai privasi dan keamanan sistem yang digunakan (Gupta dkk., 2020), reliabilitas data, dan kemampuan komputasi pada perangkat Internet of Things (IoT) (Idoje dkk., 2020).

Apabila teknologi yang digunakan untuk *smart farming* belum sepenuhnya siap dan layak diterapkan, hasil pertaniannya memiliki risiko kurang optimal akibat data yang tidak akurat. Selain itu, ada ketidakpastian kredibilitas produk dan perusahaan teknologi yang digunakan untuk kebutuhan *smart farming* (Rika R. R., 2021).

Di Eropa, dari 287 petani yang berasal dari 7 negara berbeda, 50 persennya telah mengadopsi teknologi *smart farming*. Namun, baik petani yang sudah mengadopsi teknologi *smart farming* maupun yang belum, keduanya menunjukkan sentimen yang cenderung kurang memuaskan terhadap teknologi ini. Pada pengadopsi, ada kekecewaan terhadap teknologi *smart farming*-nya yang dianggap kurang maksimal; sementara pada non-pengadopsi, ada keraguan bahwa teknologinya tepat dan mudah diakses (Kernecker dkk., 2020).

Fenomena yang terjadi pada petani-petani di Eropa juga terjadi pada salah satu usahatani di Kabupaten Bandung yang mengadopsi teknologi *smart farming*, yaitu CV Bumi Agro Technology. Usahatani ini terletak di Cisarua, Kabupaten Bandung Barat.

Bumi Agro Technology telah menerapkan teknologi irigasi tetes, pendinginan, dan pemupukan dalam budidaya tanamannya. Meskipun begitu, penerapan teknologi di Bumi Agro Technology tidak luput dari berbagai masalah yang telah disebutkan sebelumnya. Selain itu, Bumi Agro Technology yang telah mengadopsi *smart farming* dari tahun 2015, tidak menggunakan teknologinya untuk tujuan budidaya, melainkan hanya untuk edukasi. Hal ini mencerminkan adanya masalah/kendala dalam praktik teknologi *smart farming* yang seharusnya dapat mengefisienkan pekerjaan, khususnya budidaya, di Bumi Agro Technology. Dalam mengatasi masalah-masalah tersebut yang dapat berujung pada rendahnya tingkat optimalitas usaha Bumi Agro Technology, analisis tingkat kesiapan teknologi atau Technology Readiness Level (TRL) dengan memanfaatkan Tekno-Meter v2.5; gap analysis; dan analisis strategi peningkatan pemanfaatan teknologi dapat digunakan.

Dengan analisis TRL, gap, dan strategi; dapat diukur tingkat kematangan teknologi yang digunakan dan kesiapan produksi menggunakan teknologi tersebut, agar risiko yang mungkin terjadi dapat diminimalisir dan inovasi teknologi *smart farming* yang diadopsi dapat memberikan output yang maksimal dan berkelanjutan.

Pengujian tingkat kesiapan teknologi pada usahatani yang telah menerapkan *smart farming*, Bumi Agro Technology, dapat membuka pengetahuan terkait kelayakan teknologi yang digunakan di usahatani tersebut; serta menjadi bahan pertimbangan para pemangku kepentingan Bumi Agro Technology untuk tetap menggunakannya atau mendorong inovasi teknologi agar lebih siap dan efektif untuk

dimanfaatkan. Dengan pemanfaatan teknologi yang optimal dan analisis strategi yang tepat, usaha *smart farming* dapat berjalan dengan praktis, karena mampu mengoptimalkan kinerja sumber daya manusia dan menekan biaya jangka panjang yang perlu dikeluarkan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, kontribusi berupa inovasi teknologi dapat diaplikasikan untuk meningkatkan potensi pertanian dan produktivitas kebun Bumi Agro Technology, agar lebih efisien dan hasilnya maksimal. Namun, pemanfaatan teknologi tersebut perlu dianalisis dari segi kesiapannya, dengan rumusan masalah “Bagaimana strategi peningkatan pemanfaatan teknologi *smart farming* di Bumi Agro Technology, berdasarkan analisis tingkat kesiapan teknologi dan kesenjangannya?”. Diharapkan penelitian ini dapat meninjau berbagai strategi yang dapat diterapkan pada pemanfaatan teknologi di Bumi Agro Technology, berdasarkan analisis gap tingkat kesiapan teknologinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif kualitatif, dengan pendekatan berupa studi kasus pada usaha tani Bumi Agro Technology yang telah menerapkan teknologi *smart farming* berupa irigasi tetes, pendinginan, dan pemupukan. Penelitian kualitatif merupakan desain penelitian yang bertujuan untuk mengetahui fenomena sosial atau manusia, dengan memberikan gambaran keseluruhan yang bisa dituang ke dalam kata-kata, menyajikan pandangan rinci dari informan, serta dilaksanakan dalam latar alamiah (Walidin dkk., 2015). Sementara studi kasus merupakan bagian dari penelitian kualitatif, dimana peneliti mengumpulkan data mengenai kasus tertentu secara terperinci, serta menggunakan berbagai teknik dalam periode waktu tertentu (Creswell, 1998).

Informan dari penelitian ini adalah para pengelola/pemangku kepentingan usaha tani Bumi Agro Technology yang telah menerapkan teknologi *smart farming* pada budidaya pertaniannya. Penentuan partisipan dilakukan dengan teknik purposive sampling. Pengambil sampel purposive adalah teknik dimana target sampel dipilih dengan tujuan tertentu berupa pemberian informasi yang tidak memungkinkan diperoleh dari target sampel lain (Maxwell, 2012). Dengan teknik ini, diperoleh informan sebanyak 5 orang yang merupakan pengelola Bumi Agro Technology, dengan kriteria informan yang mengetahui sistem kerja teknologi yang digunakan dan permasalahan yang dihadapi secara nyata di Kebun Bumi Agro Technology.

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengisian Tekno Meter yang berisi sejumlah indikator, untuk mengetahui tingkat kesiapan teknologi yang akan dan/atau telah diterapkan, serta observasi langsung dan wawancara mendalam. Sementara pengumpulan data sekunder dilakukan melalui studi literatur.

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk menjelaskan tingkat kesiapan teknologi (Technology Readiness Level) dan strategi pemanfaatan teknologi *smart farming* di Bumi Agro Technology. Menurut Yuliani (2018), analisis deskriptif dilakukan melalui 3 tahap, yaitu reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode *gap analysis* untuk mengukur dan mengetahui kesenjangan performa teknologi *smart farming* yang digunakan. Menurut Nurfida dkk. (2020), *gap analysis* dilakukan dengan penentuan nilai ideal, penilaian kondisi aktual, dan penilaian kesenjangan. Sementara itu, untuk merancang strategi, dilakukan analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) untuk memahami kondisi internal dan eksternal objek yang diteliti. Menurut Suriono (2022), analisis SWOT dilakukan dengan melakukan pengumpulan data dan analisis strategi menggunakan matriks. Pada penelitian ini, digunakan Matriks TOWS Weihrich.

HASIL DAN PEMBAHASAN

CV Bumi Agro Technnology merupakan perusahaan agribisnis yang didirikan di Lembang, Kabupaten Bandung Barat pada 15 Desember 2011. Awalnya, perusahaan ini didirikan dengan nama Barujak Farm (BA Farm) untuk produksi benih kentang unggul kelas G0. Pada Mei 2013, BA Farm membuka kebun di Cisarua, Kabupaten Bandung Barat. Kebun ini digunakan untuk berfokus pada produksi benih kentang dan stroberi.

Saat ini, CV Bumi Agro Technology dikenal sebagai pelopor pertanian modern dan berkelanjutan melalui adopsi teknologi *smart farming*. Melalui kerjasama dengan PT Habibi Garden, CV Bumi Agro Technology menggunakan teknologi *smart farming* terintegrasi yang dapat mengelola

penyiraman, pemupukan, hingga pengaturan suhu secara online. Adopsi teknologi *smart farming* didasarkan oleh keinginan untuk meningkatkan produksi dengan lahan yang terbatas, melalui sistem yang lebih terukur dan terkondisikan. Dengan *smart farming*, kesalahan teknis manusia dapat direduksi dan penggunaan input lebih efisien. Selain itu, perusahaan juga ingin melakukan inovasi pada teknik budidaya usahatannya dengan mengikuti perkembangan teknologi.

Saat ini, CV Bumi Agro Technology memanfaatkan teknologi *smart farming* berupa irigasi tetes, pendinginan, dan pemupukan. Seluruh teknologi ini terhubung secara langsung ke 1 Aplikasi “Habibi Garden” untuk kontrol jarak jauh, serta alat “Habibi Grow & Habibi Dose” untuk kontrol manual, yang dapat digunakan oleh pengelola teknologi di Bumi Agro Technology. Aplikasi ini berkonsep real time dengan internet dan sinyal yang mendukung.

Salah satu komoditas utama CV Bumi Agro Technology yang mengadopsi *smart farming* adalah kentang. Proses produksi benih kentang di Kebun Cisarua terdiri dari pengadaan sarana produksi, aklimatisasi, produksi, dan penyimpanan.

1. Sarana produksi yang dibutuhkan berupa media tanam cocopeat, pupuk, hormon perakaran, kultur jaringan, tray, gunting, pinset, dan baki. Untuk kultur jaringan, CV Bumi Agro Technology bekerjasama dengan Institut Pertanian Bogor (IPB). Namun, pada proses pengadaan sarana produksi, CV Bumi Agro Technology belum menggunakan teknologi *smart farming*.
2. Aklimatisasi adalah proses penyesuaian organisme kultur jaringan dengan lingkungan barunya. Pada Benih Kentang G0, proses ini dilakukan dengan penyimpanan kultur di green house Kebun Cisarua CV Bumi Agro Technology. Proses aklimatisasi sudah menggunakan teknologi *smart farming*, yaitu sistem pendinginan menggunakan sprayer dan sensor suhu, serta pemupukan. Secara keseluruhan, teknologi ini dapat dikontrol melalui Aplikasi Habibi Garden.
3. Pemeliharaan pada proses produksi dilakukan dengan penyiraman, serta pemberian pupuk dan pestisida. Teknologi *smart farming* yang digunakan pada tahap ini adalah penyiraman, pendinginan, dan pemupukan. Selain itu, terdapat kamera dan sensor suhu untuk memantau keadaan dan kebutuhan pada green house, yang dapat dipantau melalui Aplikasi Habibi Garden.
4. Benih kentang G0 yang telah dipanen akan dikeringkan dalam green house, kemudian disortasi dan disimpan dalam gudang untuk masa dormansi. Pada proses ini, teknologi *smart farming* belum dimanfaatkan. Namun, untuk mempermudah pekerjaan monitoring, teknologi *smart farming* seharusnya dapat dikembangkan pada proses penyimpanan.

Untuk mengukur kematangan teknologi *smart farming* yang digunakan di CV Bumi Agro Technology, dilakukan pengukuran Tingkat Kesiapan Teknologi menggunakan Tekno Meter v2.5. Tekno Meter v2.5 berupa parameter berbasis spreadsheet yang terdiri dari 9 level pernyataan. Apabila persentase rata-rata level indikator lebih dari 80%, maka indikatornya terpenuhi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada Februari 2025 terhadap para informan dari CV Bumi Agro Technology, diperoleh hasil bahwa Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) *smart farming* yang digunakan telah mencapai level 7. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan parameter Tekno Meter v2.5 kepada informan, lalu dilanjutkan dengan observasi langsung dan wawancara mendalam mengenai teknologi *smart farming* yang diterapkan di CV Bumi Agro Technology. Tabel rekapitulasi hasil Tekno Meter v2.5 pada teknologi *smart farming* CV Bumi Agro Technology tertera pada Tabel 1.

Pada level 6, TKT terpenuhi 86,7%. Namun, penilaian indikator ini belum mencapai 100% karena teridentifikasi bahwa teknologi *smart farming* yang digunakan belum maksimal dalam mengidentifikasi kebutuhan investasi, Modeling & Simulation (M & S), uji akurasi prototipe teknologi, dan kelayakan teknisnya. Ketika teknologi diujicoba secara manual untuk melakukan pendinginan pada salah satu greenhouse di Kebun Cisarua, terjadi kesalahan yang menyebabkan pendinginan menyala di greenhouse lain. Kejadian ini menunjukkan adanya sistem teknologi yang bermasalah dan tidak akurat, atau dapat dikatakan memiliki bug yang menghambat penerapan teknologinya.

Pada level 7 Tekno Meter v2.5, TKT terpenuhi 92,7%. Penilaian indikator pada level ini masih belum sempurna, menunjukkan bahwa penerapan teknologi *smart farming* di CV Bumi Agro Technology belum maksimal dalam mengidentifikasi keseluruhan sistem teknologi, kalkulasi perkiraan biaya, kelancaran fungsi teknologi, hingga kesiapan produksi awal/Low Rate Initial Production (LRIP). Adanya bug seperti yang dijelaskan sebelumnya, menjelaskan alasan identifikasi sistem teknologi belum maksimal dan perlu dikembangkan. Selain itu, kalkulasi perkiraan biaya kurang maksimal

karena tidak adanya peningkatan produktivitas signifikan setelah melakukan investasi untuk penerapan teknologi *smart farming* ini. Produksi skala kecil (LRIP) menggunakan teknologi *smart farming* untuk mengukur efisiensi & kualitas belum menunjukkan produktivitas yang efisien. Hal ini ditunjukkan dengan arah gerak penggunaan teknologi CV Bumi Agro Technology yang lebih berfokus pada tujuan edukasi dibandingkan produksi.

Tabel 1. Kategori Partisipasi Responden

Level TKT	Persentase	Kendala
1	100%	-
2	100%	-
3	100%	-
4	100%	-
5	100%	-
6	86,7%	Kebutuhan investasi, pembuatan model dan simulasi, uji akurasi prototipe teknologi, serta kelayakan teknisnya masih belum matang.
7	92,7%	Belum maksimal dalam mengidentifikasi keseluruhan sistem teknologi, kalkulasi perkiraan biaya, kelancaran fungsi teknologi, hingga kesiapan produksi awal/ <i>Low Rate Initial Production</i> (LRIP).
8	77,8%	Kompatibilitas sistem, ujicoba LRIP, akurasi teknologi, hingga evaluasi teknologi belum maksimal.
9	72,5%	Konsep operasional teknologi belum dapat benar-benar diterapkan.

Sumber: Data Wawancara Peneliti (2025)

Pada level 8 Tekno Meter v2.5, persentase TKT-nya adalah 77,8%. Angka ini menunjukkan bahwa teknologi *smart farming* yang digunakan tidak memenuhi standar level 8 TKT, karena batas persentase level TKT dikatakan terpenuhi adalah 80%, seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Indikator TKT 8 ini menunjukkan adanya masalah pada kompatibilitas sistem, ujicoba LRIP, akurasi teknologi, hingga evaluasi teknologi. Kesalahan/bug yang terjadi pada teknologi ini menunjukkan tidak terpenuhinya kompatibilitas dan akurasi teknologi. Pada wawancara dengan beberapa informan dari CV Bumi Agro Technology, dikatakan bahwa tidak ada pelaksanaan evaluasi terkait teknologi *smart farming* yang digunakan. Melihat adanya berbagai masalah teknis pada penerapan teknologi ini, penting untuk melakukan ujicoba dan evaluasi (*Developmental Test & Evaluation* (DT & E)) terkait teknologi *smart farming* yang digunakan, untuk mendeteksi dan memperbaiki masalah. Melalui DT & E, penerapan teknologi dapat diusahakan untuk memberikan output maksimal dan efisien.

Pada level 9 Tekno Meter v2.5, persentase TKT-nya hanya mencapai angka 72,5%. Angka ini menunjukkan bahwa teknologi *smart farming* yang digunakan juga tidak memenuhi standar level tertinggi TKT, yaitu level 9. Indikator pada TKT 9 menunjukkan bahwa konsep operasional teknologi belum dapat benar-benar diterapkan. Hal ini juga merujuk pada fokus CV Bumi Agro Technology terkait teknologinya yang lebih ditujukan pada tujuan edukasi. Selain itu, bug yang terjadi menunjukkan bahwa perlu dilakukan perubahan desain pada sistem teknologi yang digunakan. Indikator ini juga menunjukkan bahwa produktivitasnya belum berada pada tingkat stabil, sesuai dengan pernyataan informan. Selain masalah-masalah tersebut, estimasi harga produksi dan teknologi kompetitor juga belum sepenuhnya diidentifikasi. Hal ini menyulitkan perusahaan untuk mencari perbandingan agar bisa menganalisis ruang perkembangan teknologi *smart farming* yang digunakan.

Melalui pengukuran Tekno Meter v2.5, dapat disimpulkan bahwa teknologi *smart farming* yang digunakan berada pada level 7. Menurut Taufik (2005), level ini memastikan bahwa teknologi telah diuji melalui proses demonstrasi dalam lingkungan yang sebenarnya. Tetapi, teknologi ini belum mencapai level 8, dimana keseluruhan sistem teknologi telah lengkap dan memenuhi syarat, khususnya melalui tes dan evaluasi.

Berdasarkan pengukuran kesiapan teknologi pada penelitian yang dilakukan oleh Zanariah Mohd Nor dkk. (2024) di Malaysia, meskipun para petani memiliki sentimen positif mengenai kesiapan mereka terhadap adopsi *smart farming*, mereka juga memiliki kekhawatiran dan ketidaknyamanan perihal pemanfaatan *smart farming*. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor belum maksimalnya level TKT di CV Bumi Agro Technology. Menurut Duang-Ek-Anong dkk. (2019), para petani harus memiliki kerangka konsep dan mengidentifikasi kondisi kebun secara spesifik dan menyeluruh sebelum memutuskan untuk mengadopsi teknologi untuk *smart farming*. Dengan konseptualisasi

yang matang sebelum adopsi teknologi, CV Bumi Agro Technology dapat memiliki sistem teknologi yang lengkap dan memenuhi syarat, melebihi level Tingkat Kesiapan Teknologinya saat ini, yaitu 7.

Dalam penelitian, *gap analysis* digunakan untuk mengukur kesenjangan ekspektasi dan realita variabel. Metode ini digunakan untuk meningkatkan efektivitas kinerja hal yang dianalisis (Kim & Ji, 2018). *Gap analysis* dimulai dengan penentuan nilai ideal (Nurfida dkk., 2020). Pada penelitian ini, standar untuk nilai ideal yang digunakan adalah Technology Readiness Level yang menggunakan Tekno Meter v2.5. Penentuan nilai ideal dilihat dari level tertinggi yang terdapat pada indikator Tekno Meter v2.5, yaitu level 9, dimana sistem telah teruji dan menunjukkan keberhasilan pengoperasian. Maka dari itu, acuan penilaian harapan peneliti dan pengelola CV Bumi Agro Technology ada pada level tertinggi Tekno Meter v2.5, yaitu level 9.

Setelah menentukan nilai ideal, langkah selanjutnya adalah penilaian kondisi aktual (Nurfida dkk., 2020). Melalui penelitian di CV Bumi Agro Technology menggunakan pengukuran Tekno Meter v2.5, diperoleh skor penilaian kinerja teknologi di level 7. Angka ini menunjukkan selisih 2 level dari harapan peneliti dan pengelola perusahaan, serta mengindikasikan adanya kesenjangan.

Setelah melakukan penentuan nilai ideal dan penilaian kondisi aktual, selanjutnya adalah penilaian kesenjangan (Nurfida dkk., 2020). Untuk menghitung tingkat kesenjangan ekspektasi dan realita variabel dalam bentuk persentase, digunakan rumus tingkat kesesuaian seperti berikut:

$$Tki = \frac{\sum Xi}{\sum Yi} \times 100\%$$

Tki = Tingkat kesesuaian responden/pelanggan
 $\sum Xi$ = Skor penilaian kerja
 $\sum Yi$ = Skor penilaian harapan responden

Gambar 1. Rumus Tingkat Kesesuaian

Berdasarkan rumus pada Gambar 1, perhitungan tingkat kesesuaian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Tki = \frac{7}{9} \times 100\%$$

$$Tki = 77,77\%$$

Gambar 2. Hasil Perhitungan Tingkat Kesesuaian

Berdasarkan perhitungan pada Gambar 2, diperoleh tingkat kesesuaian pada *gap analysis* teknologi *smart farming* di CV Bumi Agro Technology sebesar 77,77%. Menurut Nasikin & Rahardjo (2015), angka ini menunjukkan bahwa skor penilaian kinerja teknologi yang diteliti belum sepenuhnya memenuhi persyaratan & prosedur yang seharusnya, sehingga masih berada di bawah harapan. Hal ini dapat menimbulkan ketidakpuasan pada pengguna teknologi, serta mengindikasikan adanya hal yang perlu diperbaiki dan dikembangkan untuk menunjang efektivitas dan efisiensi teknologi *smart farming*.

Dari hasil perhitungan tingkat kesesuaian, kesenjangan dari kondisi aktual dan ideal teknologi ini adalah 22,23% (100% - 77,77%). Dengan mengacu pada hasil analisis dari Tekno Meter v2.5, angka kesenjangan ini diperoleh karena beberapa hal; meliputi tidak adanya uji akurasi teknologi, identifikasi sistem teknologi yang belum maksimal, ketidaksiapan produksi awal, kendala pada kompatibilitas sistem, hingga evaluasi sistem teknologi yang belum dilakukan secara sistematis.

Berdasarkan kesenjangan yang diperoleh dari hasil *gap analysis* teknologi *smart farming* CV Bumi Agro Technology, perlu adanya penguatan rancangan strategi untuk meningkatkan pemanfaatan teknologi ini. Dengan penyusunan strategi berdasarkan Analisis SWOT, teknologi *smart farming* yang diadopsi dapat berjalan lebih optimal, efisien, dan meningkatkan profit bagi perusahaan.

Menurut Rahmi dkk., (2021), analisisnya dapat dilakukan dengan mengklasifikasikan kelompok internal (Strength & Weakness), serta eksternal (Opportunity & Threat). Setelah melakukan kunjungan dan wawancara langsung dengan para pekerja CV Bumi Agro Technology, berikut hasil Analisis SWOT dari sistem teknologi *smart farming* yang digunakan:

1. *Strengths* (internal):
 - Unggul dalam *smart farming*, dibandingkan dengan kebun-kebun pertanian lain di Bandung
 - Memiliki jaringan baik dengan orang-orang di bidang *smart farming*
2. *Weaknesses* (internal):
 - Masih memerlukan pengembangan pada teknologi yang digunakan
 - Tenaga kerja kurang kompeten dalam mengelola teknologi *smart farming*
3. *Opportunities* (eksternal):
 - Memiliki peluang kerjasama dengan berbagai perusahaan teknologi yang dapat menunjang *smart farming*
 - Tingginya permintaan pasar akan produk pertanian dengan sistem modern
 - Kolaborasi dengan institusi pendidikan dan riset, untuk mengembangkan teknologi *smart farming*
4. *Threats* (eksternal):
 - Regulasi atau perizinan yang kompleks, karena implementasi teknologi baru
 - Risiko mati daya listrik, mengingat teknologi *smart farming* yang digunakan di CV Bumi Agro Technology memiliki ketergantungan terhadap energi listrik

Setelah melakukan Analisis SWOT, dapat dilakukan analisis strategi menggunakan Matriks (Suriono, 2022). Analisis strategi menggunakan Matriks TOWS Weihrich dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis menggunakan Matriks TOWS Weihrich

	<i>Weaknesses (W)</i>	<i>Strengths (S)</i>
<i>Opportunities (O)</i>	Memanfaatkan koneksi dan keunggulan dalam bidang <i>smart farming</i> untuk menjalin kerjasama strategis dalam pengembangan teknologi yang digunakan, dengan berbagai perusahaan teknologi maupun institusi.	Memanfaatkan keunggulan yang dimiliki untuk menunjukkan nilai perusahaan dan meyakinkan investor, agar risiko investasi teknologi <i>smart farming</i> dapat ditekan.
<i>Threats (T)</i>	Bekerja sama dengan berbagai mitra untuk melakukan pengembangan teknologi <i>smart farming</i> bersama, sehingga dapat mengurangi biaya mandiri. Perusahaan juga dapat melakukan diversifikasi sumber energi, seperti dengan menggunakan panel surya.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan evaluasi teknologi dan tenaga kerja secara berkala, agar risiko investasi dapat berkurang. 2. Berkolaborasi dengan lembaga pelatihan untuk meningkatkan kompetensi tenaga kerja dan memperbaiki performa teknologi yang kurang baik, sehingga di lain sisi juga dapat memperoleh dukungan dari pemerintah.

Sumber: Data Wawancara Peneliti (2025)

Apabila disimpulkan, beberapa strategi yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan Matriks TOWS adalah sebagai berikut:

1. Kerja sama Pengembangan Teknologi
Menjalin kerja sama strategis terkait pengembangan teknologi yang digunakan, dengan berbagai perusahaan teknologi. Hal ini dapat mengurangi beban biaya mandiri.
2. Mencari Investor
Menunjukkan nilai perusahaan dan meyakinkan investor, agar risiko investasi teknologi *smart farming* dapat ditekan.
3. Diversifikasi Energi
Hal ini dilakukan untuk mengurangi tingkat ketergantungan teknologi dengan daya listrik.

4. Evaluasi Berkala

Melakukan evaluasi teknologi dan tenaga kerja secara berkala

5. Kolaborasi Peningkatan Performa Tenaga Kerja

Berkolaborasi dengan lembaga pelatihan untuk meningkatkan kompetensi tenaga kerja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di CV Bumi Agro Technology, diperoleh kesimpulan bahwa tingkat kesiapan teknologi *smart farming* di CV Bumi Agro Technology berada di level 7 dari 9 level Tekno Meter v2.5. Level 7 terpenuhi dengan persentase sebesar 77,8%, sementara level Tekno Meter v2.5 dikatakan terpenuhi apabila persentasenya melebihi angka 80%.

Dari hasil tingkat kesiapan teknologi ini, dilakukan analisis kesenjangan menggunakan *gap analysis*. Perhitungan *gap analysis* yang dilakukan mengacu pada level Tekno Meter v2.5. Melalui perhitungan *gap analysis*, tingkat kesesuaian antara harapan pengelola perusahaan dengan realita kinerja teknologi adalah 77,77%. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi *smart farming* yang digunakan belum sepenuhnya memenuhi persyaratan & prosedur yang seharusnya, sehingga masih berada di bawah harapan. Namun, hal ini dapat menjadi ruang dan kesempatan untuk berkembang pada teknologi *smart farming* yang diadopsi oleh CV Bumi Agro Technology.

Beberapa hal yang dapat dikembangkan oleh CV Bumi Agro Technology terkait pemanfaatan teknologi *smart farming* meliputi kompatibilitas dan akurasi teknologi, tingkat produktivitas, hingga konsep operasional teknologi. Berdasarkan hasil Analisis SWOT dan Matriks TOWS Weihrich, strategi yang dapat dilakukan oleh CV Bumi Agro Technology adalah bekerjasama dengan berbagai perusahaan teknologi yang dapat menunjang *smart farming*, mencari investor untuk menekan risiko investasi, melakukan evaluasi, dan kolaborasi untuk meningkatkan performa tenaga kerja.

Perusahaan perlu melakukan kerjasama atau kolaborasi aktif dengan berbagai lembaga maupun perusahaan lain yang potensial dalam menunjang perkembangan teknologi *smart farming* di CV Bumi Agro Technology. Hal ini dapat menekan risiko dan biaya investasi mandiri dari perusahaan. Salah satu langkah konkret yang bisa dilakukan adalah dengan berkolaborasi bersama Kementerian Pertanian RI dalam edukasi dan pelatihan pemanfaatan teknologi *smart farming* untuk para petani. Hal ini dapat memberikan outcome berupa peningkatan kualitas tenaga kerja potensial di bidang *smart farming*.

Perusahaan juga perlu melakukan evaluasi keseluruhan penggunaan teknologi *smart farming* secara berkala. Melalui evaluasi, perusahaan akan mampu meminimalisir kesalahan pada sistem teknologi, sehingga menunjang efektivitas teknologi *smart farming* yang diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alta, A., Prabowo, A., Firdaus, A. H., Murwani, A., Fauzi, A. N., Arifin, B., Pasaribu, D., Nurhayati, E., Amanta, F., Budiman, I., Setiawan, I., Wibisono, I. D., Auliya, R., Permani, R., Parei, S. P., & Amir, M. F. (2023). *Memodernisasi Pertanian Indonesia*. PT. RajaGrafindo Persada.
- Balafoutis, A. T., van Evert, F. K., & Fountas, S. (2020). Smart farming technology trends: Economic and environmental effects, labor impact, and adoption readiness. *Agronomy*, 10(5), 1–26. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050743>
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Sage Publications.
- Duang-Ek-Anong, S., Pibulcharoensit, S., & Phongsatha, T. (2019). Technology Readiness for Internet of Things (IoT) Adoption in Smart Farming in Thailand. *International journal of simulation: systems, science & technology*, 1–6. <https://doi.org/10.5013/ijssst.a.20.05.12>
- Gupta, M., Abdelsalam, M., Khorsandroo, S., & Mittal, S. (2020). Security and Privacy in Smart Farming: Challenges and Opportunities. *IEEE Access*, 8(March), 34564–34584. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975142>
- Hasibuan, M. R. R. (2023). Penerapan Teknologi Precision Farming Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Pertanian. *Universitas Medan Area*, 3(1), 1–11. <https://osf.io/yxuek/download>

- Idoje, G., Dagiuklas, A., & Iqbal, M. (2020). Survey for Smart Farming Technologies: Challenges and Issues. *Computers and Electrical Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107104>
- Kementerian Pertanian RI. (2021). *Dengan Mekanisasi Pertanian Menarik Minat Generasi Muda Indonesia Untuk Berusaha Tani*. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=2237>
- Kim, S., & Ji, Y. (2018). GAP analysis. *Operations Engineer*, 11, 14–16. <https://doi.org/10.1002/9781119010722.iesc0079>
- Knierim, A., Kernecker, M., Erdle, K., Kraus, T., Borges, F., & Wurbs, A. (2019). Smart farming technology innovations - Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157352141830232X>
- Mitra Sejahtera Membangun Bangsa. (2018). *Smart farming 4.0: masa depan pertanian Indonesia*. <https://msmbindonesia.com/smartfarming-4-0-masa-depan-pertanian>
- Nasikin, A. I., & Rahardjo, B. (2015). Analisis Gap Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2015 di PT X. *Analisis Gap Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO, 9001(2)*, 283–288.
- Nurfida, A., Putra, M. F., & Usman, R. (2020). GAP Analysis Implementasi ISO 14000 pada PT. Citra Abadi Sejati. *Jurnal PASTI, 14(2)*, 157. <https://doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i2.006>
- Prayoga, K., Nurfadillah, S., Saragih, M., & Riezky, A. M. (2019). Menakar Perubahan Sosio-Kultural Masyarakat Tani Akibat Miskonsepsi Modernisasi Pembangunan Pertanian. *SOCA: Jurnal Sosial, Ekonomi Pertanian, February 2019*, 96. <https://doi.org/10.24843/soca.2019.v13.i01.p08>
- Rahmi, R., Dalimunthe, S., & Susita, D. (2021). Analisis SWOT sebagai Upaya Peningkatan Keunggulan Kompetitif Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di Wilayah Jakarta Timur. *Jurnal Pemberdayaan Komunitas MH Thamrin*, 3(2), 87–95. <https://doi.org/10.37012/jpkmht.v3i2.698>
- Sulistiani, H., & Dellia, P. (2016). Evaluasi Kelayakan Investasi Teknologi Informasi Menggunakan Metode Cost-Benefit Analysis. *Konferensi Nasional Sistem Informasi, April*, 1–7. <https://doi.org/10.31227/osf.io/4e9r2>
- Suriono, Z. (2022). Analisis SWOT dalam Identifikasi Mutu Pendidikan. *ALACRITY: Journal of Education, 1(20)*, 94–103. <https://doi.org/10.52121/alacrity.v1i3.50>
- Suryadharma, M., Asthiti, A. N. Q., Putro, A. N. S., Rukmana, A. Y., & Mesra, R. (2023). Strategi Kolaboratif dalam Mendorong Inovasi Bisnis di Industri Kreatif: Kajian Kualitatif pada Perusahaan Desain Grafis. *Sanskara Manajemen Dan Bisnis, 1(03)*, 172–181. <https://doi.org/10.58812/smb.v1i03.221>
- Taufik, T. A. (2005). Konsep Dan Metode Pengukuran Tingkat Kesiapan Teknologi/TKT (Technology Readiness Level/TRL). *Workshop KNRT – BPPT, 18*, 1–12.
- Walidin, W., Saifullah, & ZA, T. (2015). *Metodologi Penelitian Kualitatif Dan Grounded Theory* (Vol. 8, Nomor Desember). FTK Ar-Raniry Press.
- Yuliani, W. (2019). Pendanaan Inovasi, instrumen kebijakan inovasi dalam Inovasi Teknologi Power Train Kendaraan Masa Depan Untuk Pasar Indonesia. *Seminar Future Powertrain Technology Scenario GIIAS 2019*, ICE BSD, 25 Juli 2019, 1–23.
- Zanariah Mohd Nor, Rahim, A. A. A., Bujang, S. A., Noorakbar, M., Jumali, M., Firdaus, M., Isa, I. M., & Sharif, I. S. M. (2024). Determinants of readiness to smart farming adoption among Crop fertigation growers in Perak and Selangor. *National Conference on Agricultural and Food Mechanization, February*.