

SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI, DAN MODERN

Smart Farming 4.0 to Build Advanced, Independent, and Modern Indonesian Agriculture

Rika Reviza Rachmawati

Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian
Jalan Tentara Pelajar No. 3B, Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia
Korespondensi penulis. E-mail: rikareviza@rocketmail.com

Naskah diterima: 29 Januari 2021

Direvisi: 3 Mei 2021

Disetujui terbit: 2 Juni 2021

ABSTRACT

Smart farming 4.0 based on artificial intelligence is a flagship launched by the Ministry of Agriculture. Smart farming 4.0 encourages the farmers to work more efficient, measurable, and integrated. Through technology, farmers are able to carry out farm practice by relying on mechanization, not on the planting season, from planting to harvesting accurately. Several smart farming technologies such as blockchain for modern off farm agriculture, agri drone sprayer, drone surveillance (drone for land mapping), soil and weather sensors, intelligent irrigation systems, Agriculture War Room (AWR), Siscrop (information systems) 1.0 have been implemented in some areas. However, farmers deal with various educational backgrounds, aging farmers phenomenon, and high cost of smart farming technology tools to implement smart farming. This paper aims to analyze the huge opportunities of smart farming by utilizing the potential of millennial farmers as actors and analyzing various government policies to support smart farming 4.0. The Ministry of PDPT has carried out pilot projects to implement smart farming in several locations. The Ministry of Agriculture also needs to play a role by creating a smart farming roadmap. The Government's Strategic Project 2020–2024 through food estate based on farmer corporations may support massive smart farming applications.

Keywords: *artificial intelligence, agricultural technology, millennial farmers, precision agriculture, smart farming 4.0*

ABSTRAK

Smart farming 4.0 yang berbasis kecerdasan buatan telah menjadi andalan Kementerian Pertanian di era digital saat ini. *Smart farming 4.0* akan mendorong kerja petani sehingga budi daya pertanian menjadi efisien, terukur, dan terintegrasi. Petani bisa melakukan budi daya dengan tidak tergantung musim tetapi melalui mekanisasi. Proses penanaman hingga panen dapat dilakukan secara akurat mulai dari tenaga kerja, waktu tanam, dan proses panen. Beberapa teknologi *smart farming* seperti *blockchain* yang dapat memudahkan keterlacakan *supply chain* produk pertanian untuk pertanian *off farm* modern, *agri drone sprayer* (*drone* menyemprotkan pestisida dan pupuk cair), *drone surveillance* (*drone* untuk pemetaan lahan), *soil and weather sensor* (sensor tanah dan cuaca), sistem irigasi cerdas (*smart irrigation*), *Agriculture War Room* (AWR), *Siscrop* (sistem informasi) 1.0 telah diterapkan di beberapa daerah. Beragamnya tingkat pendidikan petani, fenomena penuaan petani, mahalnya alat teknologi *smart farming* menjadi kendala terbesar petani dalam menerapkan *smart farming*. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis besarnya peluang pemanfaatan *smart farming* dengan memanfaatkan potensi petani milenial sebagai pelaku dan menganalisis berbagai kebijakan pemerintah untuk mendukung penerapan *smart farming 4.0*. Kementerian PDPT telah melaksanakan *pilot project* penerapan *smart farming* di beberapa lokasi di Indonesia. Kementerian Pertanian juga perlu mengambil peran dengan membuat *roadmap smart farming*. Proyek Strategis Pemerintah 2020–2024 melalui *food estate* yang dibangun dengan korporasi petani dapat mendukung penerapan *smart farming* secara masif.

Kata kunci: *artificial intelligence, pertanian presisi, petani milenial, smart farming 4.0, teknologi pertanian*

PENDAHULUAN

FAO membuat prediksi bahwa pada tahun 2050 jumlah penduduk dunia akan mengalami peningkatan hingga mencapai 9,6 miliar. Hal ini

berarti produksi pertanian harus meningkat sebesar 70% agar mampu mencukupi kebutuhan penduduk dengan jumlah sebesar itu (Budiharto 2019). Apabila tidak terpenuhi, dunia akan terancam krisis pangan. Persoalan lain yang juga penting adalah sulitnya regenerasi

tenaga kerja di bidang pertanian hingga mengarah ke fenomena *aging farmer* dimana sebagian besar petani terdiri dari kelompok usia tua. Meningkatnya jumlah petani tua dan kurangnya minat anak muda usia produktif untuk terjun di bidang pertanian diduga disebabkan karena i) anggapan bahwa pendapatan di luar sektor pertanian lebih besar dibanding sektor pertanian, ii) adanya persepsi negatif tentang pertanian yang seringkali digambarkan pekerjaan kotor dan berat karena sering berinteraksi dengan lumpur dan harus mencangkul, iii) pekerjaan sektor pertanian tidak menuntut syarat pendidikan tinggi, sedangkan sektor luar pertanian menuntut pendidikan yang lebih tinggi dan memiliki jenjang karir yang lebih jelas. Semakin tinggi tingkat pendidikan pemuda memiliki kecenderungan untuk berkarir di luar bidang pertanian, iv) mengandung risiko tinggi seperti gagal panen akibat bencana alam, fluktuasi harga dan ketidakpastian lainnya (Arvianti et al. 2019). Ada beberapa strategi untuk menarik minat generasi muda ke bidang pertanian yaitu dengan menarik minat pemuda untuk terlibat dengan kelembagaan pertanian, pengenalan pertanian melalui Pendidikan Usia Dini (PAUD), peningkatan kualitas pelaku pertanian, mengembangkan *smart farming*, penguatan *cooperative farming*, pemberian asuransi pertanian dan adanya jaminan pemasaran (Nugroho et al. 2018).

Menghadapi ancaman krisis pangan, pemerintah perlu memperkuat produksi hasil pertanian dan ketersediaan pangan lokal untuk menggantikan komoditas pangan impor dengan usaha pertanian cerdas atau *smart farming 4.0*. *Smart farming* adalah sebuah metode pertanian cerdas berbasis teknologi yang menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) untuk memudahkan petani melakukan pekerjaan (MSMB 2018). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dan robot akan mampu melaksanakan berbagai tugas di bidang pertanian lebih cepat dengan presisi jauh lebih baik dibandingkan dengan manusia (Popa 2011). Digitalisasi dalam bidang pertanian telah memasuki era revolusi 4.0. *Smart farming 4.0* berpotensi besar untuk meningkatkan pendapatan para petani dan berkontribusi terhadap keberlanjutan pertanian. *Smart farming* dapat meningkatkan ketepatan dalam pemberian *input* tanaman dan lahan pertanian (Knierim et al. 2019).

Revolusi pertanian 4.0 yang terdiri dari *internet of things*, *artificial intelligence*, *human-machine interface*, teknologi robotik dan sensor serta teknologi 3D *printing* telah mendorong berkembangnya inovasi pertanian setelah

meningkatnya penggunaan informasi dan teknologi komunikasi dalam bidang pertanian. Mesin *autonomous* (tanpa awak) dengan menggunakan robot telah dikembangkan untuk tujuan budi daya pertanian seperti membersihkan gulma secara mekanis, aplikasi pupuk atau memanen buah. Pengembangan mesin tanpa awak di udara atau yang biasa disebut *drone* dengan mesin yang sangat ringan dan dukungan kamera yang dapat menghitung pengembangan biomassa dan status pemupukan tanaman yang kemudian akan memberikan saran rekomendasi untuk petani. Lebih jauh *drone* bisa memberikan saran kepada petani agar mampu membedakan berbagai jenis penyakit tanaman berdasarkan penampakan fisiologis tanaman sehingga bisa mengambil tindakan pengaplikasian pestisida secara tepat. Peningkatan revolusi teknologi ini akan menghasilkan perubahan yang besar terhadap praktek budi daya pertanian. *Smart farming* saat ini tidak hanya berkembang di negara maju, ditengah gencarnya arus informasi dan teknologi (seperti penggunaan *handphone* dan penggunaan internet), beberapa negara berkembang sudah menggunakan metode *smart farming*. Perubahan praktek pertanian secara dramatis tidak hanya menjadi peluang untuk meningkatkan produktivitas pertanian, melainkan bisa menjadi tantangan besar mengingat masih banyak petani yang belum mengenalnya (Walter et al. 2017).

Untuk membangun sistem pangan nasional hingga global yang dapat terus memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, diperlukan perubahan rantai pasok pangan. Integrasi teknologi merupakan salah satu strategi bisnis inti di sektor pertanian untuk efektivitas program *smart farming*. Munculnya teknologi *blockchain* yang digunakan untuk perancangan sistem logistik pangan yang efisien, transparan dan terelusur (*traceable*), akan memudahkan perusahaan dan konsumen untuk menentukan kualitas suatu produk pertanian. Oleh karena itu *Internet of Things* (IoT) menjadi sangat penting. Petani dapat menggunakan sensor untuk mengumpulkan data terkait budi daya tanaman. Data ini ditulis di *blockchain* dan mencakup faktor-faktor yang mengidentifikasi penyakit, hama serta pH tanah. Guna mengoptimalkan proses pertanian, perangkat IoT yang dipasang di pertanian dapat mendukung pengolahan dan pendataan, sehingga petani dapat mengambil tindakan cepat terhadap masalah yang muncul dan perubahan lingkungan sekitarnya. Analisis data dapat membantu memantau produktivitas dan membuat prediksi yang lebih akurat. Ini sangat penting untuk menjaga efisiensi produksi pertanian guna mencegah gagal panen (Wolfert

et al. 2017). Oleh karena itu, segala kelebihan *smart farming* dapat dijadikan salah satu strategi untuk menarik generasi muda yang identik dengan penguasaan teknologi dan internet. *Smart farming* mampu merubah anggapan buruk generasi muda terhadap pertanian dan beberapa alasan lainnya.

Kementerian lain seperti Kementerian Pembangunan Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi (Kemendes PDTT) juga turut berperan penting dalam membantu petani meningkatkan produktivitas. Kemendes PDTT telah membuat *pilot project* penerapan *smart farming* di beberapa daerah yang memiliki potensi lahan pertanian yang cukup luas. *Pilot project* diterapkan di lahan seluas 250 hektare dengan melibatkan *stakeholder* lain yang memiliki kapabilitas untuk pengembangan *smart farming*. Beberapa kota lain juga yang akan menjadi lokasi *pilot project smart farming* adalah a) Garut, Jawa Barat, b) Pasaman Barat, Sumatera Barat, c) Sukabumi, Jawa Barat, d) Situbondo, Jawa Timur, e) Dairi, Sumatera Barat, f) Brebes, Jawa Tengah, g) Banyuwangi, Jawa Timur, h) Badung, Bali, i) Ponorogo, Jawa Timur, j) Lombok Timur, NTB, k) Cianjur, Jawa Barat, l) Malang, Jawa Timur (Ditjen PDTT 2019). Kementerian Pertanian juga telah membuat terobosan teknologi berupa inovasi *smart farming* menggunakan citra data satelit yang berfungsi meningkatkan produktivitas di lapangan sekaligus mengantisipasi bencana yang mungkin terjadi. Transformasi pertanian dari sistem konvensional menjadi pertanian modern sudah diterapkan melalui *drone* untuk menanam padi, *drone* untuk pupuk dan pestisida, *autonomous* traktor (traktor otomatis), dan lain-lain. *Smart farming* yang disebut pertanian presisi dimana ketepatan penggunaan sumber daya dalam sistem produksi pertanian ditengah keterbatasan lahan bisa di atasi dengan menggunakan *big data*, *machine learning*, robotika dan *internet of things* guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian Indonesia.

Pemerintah sudah mencanangkan sebuah agenda prioritas nasional “*making* Indonesia 4.0” yang menjadi pintu gerbang keterbukaan era teknologi agar Indonesia mampu meningkatkan daya saing sekaligus ajang untuk mempersiapkan Indonesia memasuki revolusi industri ke-4, namun sampai saat ini penerapannya masih jauh dari memuaskan. Banyak petani yang baru pada tahap pengenalan bahkan sama sekali belum mengenali digitalisasi dalam bidang teknologi pertanian. Apabila dibandingkan dengan negara China dan Thailand, Indonesia masih jauh

tertinggal. Pesatnya jumlah penduduk, sulitnya regenerasi di tingkat petani, keterbatasan lahan membuat petani agaknya sudah tidak lagi memungkinkan untuk menggunakan metode konvensional (Arkeman 2021).

Tulisan ini merupakan hasil *review* berbagai literatur dan hasil penelitian yang bertujuan untuk menjawab pertanyaan yang muncul mengenai apa saja teknologi yang digunakan dalam *smart farming* 4.0 yang memungkinkan untuk diterapkan oleh para petani di Indonesia. Dengan memperhatikan pertanyaan penelitian tersebut, tulisan yang merupakan hasil *review* dari berbagai literatur ini bertujuan untuk 1) menganalisis besarnya peluang penggunaan *smart farming* dengan mempertimbangkan potensi dan hambatannya, 2) menganalisis potensi petani milenial sebagai pelaku *smart farming* 4.0, 3) mengidentifikasi berbagai kebijakan pemerintah untuk mendukung penerapan *smart farming* 4.0, dan 4) rekomendasi kebijakan untuk pengembangan *smart farming* 4.0. Susunan penulisan dalam kajian ini terdiri dari (i) berbagai jenis teknologi *smart farming* 4.0, (ii) analisis potensi dan hambatan penerapan *smart farming* 4.0 (iii) identifikasi kerja sama berbagai pemangku kepentingan untuk penerapan *smart farming* 4.0 beserta implementasinya, dan (iv) rekomendasi kebijakan untuk pengembangan *smart farming* 4.0.

TEKNOLOGI SMART FARMING 4.0

Teknologi *Blockchain* untuk Pertanian *Off Farm* Modern

Teknologi *blockchain* adalah teknologi yang dapat mendukung efisiensi dan transparansi. Teknologi ini mulai banyak digunakan di dunia industri. Bahkan saat ini mulai digunakan di sektor pertanian. Menggunakan teknologi ini, petani dapat meramalkan perubahan dunia yang sangat cepat. *Blockchain* dapat mengurangi inefisiensi sekaligus menghemat waktu dan energi. Para petani seringkali masih harus berhadapan dengan panjangnya rantai distribusi dan tengkulak yang menetapkan harga beli lebih rendah daripada harga pasar. *Blockchain* bisa meminimalisir ketidaksesuaian data dan informasi terkait dengan kapasitas, pasar dan pembiayaan bagi seluruh pelaku pertanian. Teknologi ini hadir sebagai solusi pertanian *off farm* yang akan mendekatkan petani dengan konsumen, menciptakan sinergi erat antara petani, pengusaha pertanian dan konsumen yang selama ini belum pernah terjadi.

Blockchain dapat menjamin transparansi dan *traceability* (ketelusuran) aliran produk pertanian mulai dari hulu sampai hilir sehingga para pelaku pertanian dapat saling mengontrol. Saat ini pelaku hulu (petani) seringkali berada dalam posisi lemah karena informasi yang didapat asimetris. Menggunakan *blockchain* sistem yang didapat oleh para pelaku menjadi lebih setara agar dapat membangun kepercayaan antar *stakeholder* (BPTP Kaltim 2020).

Blockchain akan menyederhanakan pengiriman logistik hasil pertanian. Petani akan terbebas dari rantai perantara yang panjang dan menyulitkan. Petani dapat memastikan produk mencapai konsumen akhir dalam kondisi yang baik. Teknologi *blockchain* yang sudah berkembang di Australia digunakan untuk memonitor pertumbuhan tanaman, menghasilkan tanaman yang berkualitas lebih baik dan memberikan informasi terpercaya di tangan petani, distributor dan konsumen. Bahkan *blockchain* dapat membantu petani menikmati transaksi *real time* dengan pembayaran instan. Dalam sistem manajemen rantai pasokan, transparansi bisnis merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan kepatuhan serta kepuasan pelanggan. Penggunaan teknologi digital mampu meningkatkan pengalaman pelanggan atau konsumen sehingga mempermudah para pelaku untuk mendapatkan laba bersih. Salah satu lokasi *pilot project blockchain* ada di daerah Jatiluwih Tabanan dengan luas lahan sekitar 60 ha. Para petani padi maupun kopi mendapatkan pendampingan dalam produksi pertanian menggunakan *blockchain*. Hal ini berfungsi meningkatkan kapasitas produksi maupun kualitas hasil pertanian. Para petani akan diajari cara untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan lahan, penanaman, perawatan, panen, akses jaringan pemasaran hingga ekspor (Divianta 2018). Dengan teknologi *blockchain*, kondisi rantai pasok yang terdiri dari petani, ketua kelompok tani, pabrik pengolah, *retailer* dan kondisi produksi, pengiriman, pembayaran, pembelian dan penjualan hasil pertanian mampu terdokumentasi secara baik.

Agri Drone Sprayer

Penggunaan pestisida dalam usaha pertanian sudah sangat dirasakan manfaatnya untuk meningkatkan produksi tanaman. Namun hal ini akhirnya meningkatkan ketergantungan petani terhadap penggunaan pestisida dan resistensi tanaman yang tinggi terhadap pestisida. Kandungan bahan kimia pestisida yang berbahaya, tidak boleh bersentuhan

langsung dengan kulit, terhirup atau kontak dengan mata manusia. Kecelakaan karena penggunaan pestisida menyebabkan gejala pusing atau muntah, mulas, mata berair, kulit gatal dan bisul, kejang, pingsan, banyak kasus berakhir dengan kematian. Aplikasi pestisida dengan penyemprotan secara manual berpotensi merusak tanaman karena dalam proses penyemprotan banyak tanaman yang terinjak. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk meminimalkan risiko penyemprot dan tanaman.

Agri drone adalah sebuah inovasi yang digunakan untuk aplikasi pestisida, pupuk cair dan penyiraman yang lebih tepat sehingga dapat menghindari penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan. *Drone sprayer* adalah pesawat “nirawak” yang berfungsi untuk menyemprotkan pestisida untuk membasmi organisme pengganggu tanaman. *Drone* mampu bekerja mandiri sesuai pola yang diinginkan. Pola dibuat menggunakan perangkat android dan dipandu dengan GPS. Spesifikasi teknis yang dimiliki adalah daya dukung hingga 20 liter, 1 hektare lahan dapat disemprot dalam waktu 10 menit dengan kecepatan semprot 3 km/jam dan ketinggian 1,5–2 meter dari permukaan tanah, lebar kerja 4 meter sehingga menghasilkan kapasitas kerja 1,2 ha/jam (0,83 jam/ha) (BBP Mektan 2019). Dosis penyemprotan dapat diatur sesuai kebutuhan dengan cara mengatur bukaan kran penyemprotan. Dukungan *drone surveillance*, pemetaan darat juga dapat dilakukan. Dari hasil pemetaan berupa foto maupun video, petani dapat mengetahui kondisi tanaman di lahannya (Ditjen PDPT 2019).

Drone untuk Pemetaan Lahan

Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan perkembangan dari teknologi dalam bidang pemetaan dimana pemanfaatan pesawat tanpa awak dalam pemotretan udara dimanfaatkan dengan teknologi GIS untuk memetakan suatu lahan. *Drone* biasanya menggunakan empat motor penggerak. Kelebihan *drone* adalah hasil pemotretannya lebih jernih karena tidak terganggu oleh guncangan angin. *Drone* dapat terbang dengan kondisi landasan yang sangat ekstrem sekalipun karena tidak membutuhkan area *landing* dan *take off* yang luas. Kegunaan *drone* adalah untuk proyek pemetaan lahan perkebunan, pemetaan lahan sawah, perhitungan pohon sawit, pemetaan areal proyek, pemetaan pemukiman atau perkotaan dengan menggunakan *drone*. Kelebihan *drone* untuk pemetaan adalah untuk mendapatkan

gambaran citra kenampakan terbaru, *low cost* untuk pemetaan area kecil dibanding citra resolusi tinggi, efisien dalam waktu karena pemotretan dapat langsung dilihat hasilnya. *Drone* sangat efektif untuk pemetaan dengan kategori luasan 0–350 ha dengan tinggi terbang maksimal 200 meter dapat menghasilkan citra resolusi tinggi dengan obyek ukuran centimeter. Pemetaan menggunakan *drone* untuk sekali terbang kurang lebih 20–50 ha, selama 15–25 menit per penerbangan. Sehari bisa 10 kali terbang dengan luasan 200 ha per hari. Apabila pemetaan di atas 350 ha untuk areal perkebunan atau lainnya disarankan menggunakan pemotretan udara dengan UAV *Fix wing* dengan jangkauan hingga 5000 ha untuk sekali terbang (MSMB 2018). Untuk menghasilkan pemetaan dengan akurasi yang tinggi, ketinggian terbang *drone* pada posisi yang lebih rendah agar dapat menghasilkan peta yang lebih akurat. Sehingga proses akuisisi data akan lebih singkat. Salah satu kelebihan *drone* adalah dapat diterbangkan sesuai dengan kebutuhan pemetaan (Terradrone 2019). *Drone* dapat tersambung dengan *smartphone*, tablet serta layar komputer dengan menggunakan USB *port* dan HDMI *output*. Bila dibandingkan dengan citra satelit yang hanya mampu mengakomodasi 40 cm/pixel penggunaan *drone* sebagai alat bantu pemetaan ini lebih efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya, jangkauan lebih luas ke wilayah yang memiliki keterbatasan akses sehingga hasil yang didapat juga memiliki akurasi yang lebih tinggi (BBSDLP 2020).

Sensor Tanah dan Cuaca

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang beriklim tropis, memiliki dua musim yaitu musim kemarau (Mei hingga Oktober) dan musim hujan yang terjadi pada bulan November hingga April. Pada musim hujan khususnya bulan Desember dan Januari terjadi curah hujan yang cukup tinggi hingga mencapai 200 mm/jam. Curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan debit air pada drainase, saluran air dan sungai akan meningkat dan apabila sudah melebihi kapasitas banjir. Tentu kejadian ini menyebabkan kerugian yang diderita oleh masyarakat dan pemerintah akibat terjadinya musibah banjir. Informasi prakiraan cuaca memberikan manfaat bagi berbagai sektor seperti, pertanian, transportasi, kesehatan dan lain-lain. Untuk menghindari dan meminimalisir kerugian, prediksi awal cuaca sebagai sebuah peringatan dini tentang informasi curah hujan, kecepatan angin, suhu dan kelembaban yang akurat dan cepat pada masing-masing wilayah

kota secara *real time*. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh tanah, iklim, air dan sifat tanaman. Suhu udara merupakan salah satu parameter iklim yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Kelengasan atau kelembaban tanah merupakan keadaan dimana air terikat secara adsorptif pada permukaan butir-butir tanah sehingga budi daya pertanian karena tanaman membutuhkan kelengasan tanah dan suhu udara yang ideal untuk pertumbuhan yang optimal (Wijayanti et al. 2014)

Adanya *soil and weather sensor* (sensor tanah dan cuaca) yang dipasang di lahan pertanian akan membantu petani memantau, mengukur dan mencatat kondisi tanaman. Data yang didapat dari sensor ini meliputi udara dan kelembaban tanah, suhu, pH tanah, kadar air, dan perkiraan waktu panen. Jika terjadi anomali pada lahan petani akan mendapat peringatan dini. Disamping itu, petani juga akan mendapatkan rekomendasi agar tidak terjadi kerusakan terhadap lahan dan tanaman (Ditjen PDDT 2019). Alat *soil and weather sensor* RiTx membuat para petani tidak perlu menebak-nebak kondisi tanah dan perkiraan cuaca saat ini hingga lima hari kedepan. Alat ini dapat mendeteksi suhu, kelembapan tanah, tingkat keasaman (pH) tanah, *Electrical Conductivity* (EC) tanah, kelembaban relatif udara, suhu udara, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan untuk menentukan perlakuan yang tepat pada lahan. Sensor memiliki kemampuan mendeteksi, mengukur, serta mencatat data secara akurat tentang kondisi cuaca pertanian (*agro-climate*) dan tanah pertanian (*soil*) yang dapat dikontrol melalui aplikasi secara *real time* oleh pengguna *smartphone*.

Sistem Irigasi Cerdas

Pengairan atau irigasi merupakan faktor penting dalam industri pertanian dan perkebunan. Ancaman serius yang dihadapi dalam sistem pertanian adalah semakin menurunnya ketersediaan air. Oleh karena itu dibutuhkan upaya pengelolaan air yang tepat khususnya dalam irigasi. Bila menggunakan cara konvensional air yang digunakan untuk irigasi sering tidak efisien dan melebihi kebutuhan. Kebutuhan air di masing-masing lahan pertanian berbeda-beda menyesuaikan dengan jenis lahan yaitu kering, semi kering, lembab atau basah. Selain itu, irigasi konvensional menghabiskan banyak waktu hanya untuk mengairi tanaman sehingga tidak efektif untuk lahan yang banyak dan relatif luas. Misalnya pada saat petani harus menunggu mematikan pompa air atau menyiram tanaman

satu persatu. Lahan yang lebih luas dan besar menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang secara otomatis melakukan pengairan yang efektif dan efisien dengan memperhatikan ketepatan waktu, jumlah, sasaran dan menjangkau area yang luas dalam upaya peningkatan produktivitas maupun perluasan areal tanaman (Syamsiar et al. 2016).

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah mengembangkan sistem irigasi cerdas (*smart irrigation*). Sistem irigasi cerdas dikembangkan sebagai bentuk respons setelah menerima data dari lahan yaitu tindakan penyiraman otomatis apabila ada data di atas nilai ambang batas pembacaan sensor kadar lengas tanah. Dalam sistem irigasi cerdas terdapat fitur penyiraman jarak jauh secara otomatis yang dapat dikendalikan meski pengguna sedang berada di lokasi yang berbeda. Selain itu, sistem irigasi ini dapat digunakan untuk memberikan unsur hara dan sebagai pendeteksi kesuburan tanah yang juga terhubung secara langsung dengan unsur pertumbuhan tanaman lainnya. Teknologi ini memiliki sensor pembacaan kondisi lahan berupa kondisi kadar air tanah dan lingkungan sekitar, serta sistem *control* untuk menjalankan/mematikan katup irigasi dengan menggunakan *microcontroller* yang dapat terhubung dengan *web server*. Pemantauan data dan pengendalian dilakukan secara *online* di [www.smartfarming.litbang.pertanian .go.id](http://www.smartfarming.litbang.pertanian.go.id). (Balitbangtan 2020).

Agriculture War Room

Kementerian Pertanian telah memiliki *Agriculture War Room* (AWR) atau yang bisa disebut dengan ruang kontrol pembaharuan pertanian. AWR adalah sebuah terobosan teknologi yang dikembangkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan). AWR dijadikan sebagai pusat komando strategis pembangunan pertanian dalam menggerakkan seluruh *stakeholder* pertanian yang akan digunakan untuk memicu pertambahan produksi di atas rata-rata. Fungsi AWR adalah pengawasan dan pengendalian serangan hama, memantau penyebaran benih dan bibit unggul, alat komunikasi langsung antara pemerintah dan petani dengan sensor data hasil produksi pertanian. Ketersediaan data pertanian yang dapat diandalkan sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan merupakan hal yang sangat penting dan berperan dalam menyusun program, kebijakan, dan pencapaian target pembangunan pertanian di masa depan. Metode mengoperasikan AWR dengan

menghubungkan AWR berbagai daerah di Indonesia dengan pusat melalui sebuah sistem jaringan *online* dan memanfaatkan citra satelit dari LAPAN. Teknisnya, semua daerah diberikan CCTV dan koneksi sehingga kegiatan diskusi dan *control* dapat terlaksana dengan cepat dan akurat. Program pertama yang akan dilaksanakan adalah Komando Strategis Pembangunan Pertanian (Kostratani) dari mulai provinsi hingga kecamatan AWR juga dapat menghubungkan Kementerian Pertanian Pusat dengan Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) dan digunakan untuk melakukan pengawasan sekaligus *mapping* area lahan nasional (AgroIndonesia 2020).

Sebagai contoh saat di Pasuruan, Jawa Timur mengalami permasalahan pertanian, Kementerian Pertanian Pusat bisa mengetahui di mana kabupaten, kecamatan, dan desa kejadian. Dengan demikian pemerintah pusat bisa mengetahui dari mana harus mulai mengintervensi dengan kebijakan yang diambil. Informasi detail seperti waktu turun hujan, jadwal panen, kondisi lapangan per kecamatan atau desa, musim tanam, dan mesin alsintan yang digunakan. Selanjutnya AWR akan menjadi terobosan yang akan meminimalisir beberapa kendala dan hambatan yang biasa dihadapi petani sehingga keputusan dapat diambil secara cepat dan tepat sasaran. Kecanggihan AWR diharapkan mampu meningkatkan produksi dengan kualitas di atas rata-rata. Artinya mampu memenuhi ketersediaan pangan nasional dan pasar global atau bisa meningkatkan ekspor hingga tiga kali lipat (Balitri 2019).

Provinsi Jawa Timur mengembangkan *smart farming* dengan prinsip *community based Integrated Farming Systems* (IFS). IFS berbasis komunitas dijalankan dengan melibatkan pemerintah daerah dan masyarakat. IFS memadukan perkebunan dan pertanian baik tanaman pangan maupun hortikultura. Integrasi yang terjadi dalam hal *technology, institutions, diversity, dan networks*. Hasil pertanian pangan, hortikultura, dan perkebunan yang sangat tergantung pada kondisi cuaca dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan komponen teknologi seperti *weather modelling* dan *soil mass structure analysis*. Konsep *smart farming* berbasis digital *agriculture* akan mampu mendongkrak produktivitas dan efisiensi (Sari 2019).

Siscrop (Sistem Informasi) 1.0

Kementerian Pertanian telah berhasil memanfaatkan data radar/SAR dari satelit

Sentinel 1. Data ini kemudian diolah menjadi sistem informasi *standing crop* untuk memantau tanaman padi yang disebut *Siscrop 1.0*. *Siscrop 1.0* adalah sebuah sistem yang dapat memberikan informasi dan data mengenai kondisi faktual tanaman padi dan tanaman lainnya di lahan pertanian. Pengembangan model *Siscrop 1.0* ini berbasis penginderaan jarak jauh yang merupakan hasil kolaborasi antara Kementerian Pertanian, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dan Kementerian lembaga dan perguruan tinggi terkait lainnya. Kelebihan Sentinel 1 ini menggunakan data radar sehingga mampu menembus awan dan bisa digunakan untuk memonitor luas tanam, luas panen, produktivitas, dan indeks pertanaman secara *real time*. Informasi *Siscrop* dapat digunakan untuk tujuan teknis seperti antisipasi dan tindakan budi daya yang patut dilakukan sesuai kondisi tanaman. Para pengambil kebijakan dapat menentukan jumlah dan distribusi pupuk, bibit, pestisida dan air. *Siscrop 1.0* membantu para pemangku kebijakan dan petugas teknis dilapangan untuk 1) melakukan efisiensi pupuk, pestisida dan air, 2) membantu petani untuk menentukan jenis tanaman yang paling tepat untuk ditanam pada wilayah tertentu karena bisa diinformasikan secara spasial, 3) mobilisasi alsintan, 4) membantu pemerintah untuk identifikasi wilayah yang surplus sehingga bisa membantu wilayah yang minus (BBSDLP 2020a).

Siscrop akan lebih maksimal penggunaannya bila diintegrasikan dengan sistem informasi pertanian yang sudah ada sebelumnya, seperti Si Lahan, Si Katam terpadu, Agri Map info, Simotandi dan lain-lain. Integrasi *Siscrop* dengan informasi lain dapat digunakan sebagai informasi untuk mengambil langkah dalam pengelolaan lahan melalui penggunaan pemupukan berimbang berdasarkan jenis tanah dan informasi lahan. Integrasi *Siscrop* dengan informasi iklim bisa digunakan untuk mengantisipasi daerah di Indonesia yang sering mengalami bencana kekeringan dan banjir. Dengan demikian tindakan penanganan yang tepat dapat diambil seperti fase tanaman yang ditanam, estimasi luas panen, luas wilayah pertanian yang terdampak banjir dan kekeringan. Lebih lanjut, seluruh informasi bisa digunakan untuk mendukung asuransi pertanian. Data yang disajikan secara spasial dan dinamik memudahkan petugas asuransi memantau wilayah yang sulit dijangkau. Pemanfaatan citra satelit yang menjadi sumber data dapat menghindari kesalahan hitung luas dan lokasi di lapangan (Balitbangtan 2020b).

POTENSI DAN HAMBATAN PENERAPAN SMART FARMING 4.0

Pembelajaran dari Negara Lain

Smart farming 4.0 bukanlah hal yang baru dalam dunia pertanian. Di Shanghai, China, lahan sawah tidak lagi digarap secara langsung oleh para petani melainkan digarap dengan kecerdasan buatan yang dapat secara otomatis untuk bekerja menanam padi di lahan sawah. Shanghai telah mempelopori pertanian tanpa awak (*nirawak*) pertama untuk meningkatkan efisiensi pertanian dan mengurangi biaya tenaga kerja. Sejauh ini, mesin pertanian otomatis telah digunakan dalam seluruh proses produksi pertanian di sawah seluas lebih dari 133.333 meter persegi di Waigang, Shanghai. Para ahli sedang merakit lebih banyak mesin pertanian, seperti mesin penanam padi, mesin penyemprot pestisida, dan mesin pemanen, menjadi mesin tak berawak. Bila dibandingkan dengan sistem pertanian tradisional, mesin pertanian *nirawak* dapat mengefisienkan penggunaan benih padi hingga 2 kilogram dan meningkatkan hasil panen hingga mencapai 10 kilogram pada lahan pertanian seluas 667 meter persegi. Biaya bahan bakar dan tenaga kerja akan sangat berkurang masing-masing sebesar 50% dan 65%. Tingkat pemanfaatan lahan akan meningkat 0,5 hingga 1%. Otoritas lokal di Waigang akan mengembangkan lebih lanjut pertanian otonomos dengan menggunakan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, jaringan 5G, dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Zona percontohan pertanian *nirawak* di Waigang diharapkan akan diperluas hingga 107 hektare pada akhir tahun 2022. Dalam lima tahun ke depan, Shanghai berencana untuk membangun 13 zona percontohan pertanian untuk mendorong pengembangan pertanian berkualitas tinggi (SmartcityIndo 2020).

Saat China mengalami perang dagang dengan AS berakibat pada terganggunya rantai pasok pangan global terutama dari sumber bahan baku impor. Perang dagang telah menyebabkan perubahan kebijakan impor yang membuat para pelaku bisnis harus mencari pemasok baru atau bahan baku pengganti. Hal ini harus dilakukan secara cepat agar produksi barang tidak terhenti karena ketiadaan bahan baku atau karena sulitnya menjual produk akhir akibat tingginya biaya produksi. Perang dagang juga turut berpengaruh terhadap pelarangan ekspor ke berbagai negara sehingga harus segera dicarikan solusi agar bisa mendapatkan tempat pemasaran baru (*new market place*) atau membuat produk substitusi dengan cepat.

Dengan menggunakan teknologi *artificial intelligence* seperti *deep learning* (pemahaman yang mendalam) dan algoritma, maka proses untuk mencari pemasok bahan baku baru, proses negosiasi ulang dan revisi perhitungan keuangan akibat perubahan kebijakan perdagangan yang sangat mendadak semua bisa diselesaikan secara cepat dengan *intelligent system dynamics* yang jauh lebih efisien dibandingkan dengan proses revisi sistem lembar kerja keuangan konvensional. China juga menggunakan kecerdasan peramalan (*intelligent forecasting*) untuk mencari tempat pemasaran baru dalam sistem rantai pasok global (Arkeman 2018).

Inti dari penerapan *smart farming* sebenarnya adalah bagaimana agar kecerdasan buatan dapat membantu menyelesaikan permasalahan pertanian sekaligus mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Negara India menerapkan *smart farming* dengan menggunakan *remote-sensing*, GPS dan *Geographical Information System* (GIS). Tujuannya untuk mengetahui kondisi tanah, memeriksa kesehatan tanaman, mengendalikan serangan hama dan penyakit, serta memprediksi hasil produksi pertanian. Keuntungan dari pemanfaatan *smart farming* sebagai pertanian presisi adalah untuk meminimalisir penggunaan air, herbisida, pestisida dan pupuk (Solomon 2020).

Pertanian di India menggunakan *cultivate water management system* atau sistem manajemen air untuk tanaman dengan menggunakan *soil moisture sensor*, *water flow sensor* bersama dengan data satelit. Penggunaan air akan diatur secara presisi berdasarkan data statistik dan data dinamis yang diambil secara berkala untuk solusi irigasi otomatis. Parameter pertumbuhan seperti tipe tanaman dan tipe tanah diambil pada saat awal musim tanam. Parameter dinamis seperti usia tanaman, jumlah air yang dibutuhkan selama musim tanam, intensitas matahari, kecepatan angin yang datanya diambil setiap hari secara otomatis untuk kalkulasi kebutuhan air. Sistem irigasi secara otomatis memastikan setiap tanaman mendapatkan ukuran air yang tepat, mengendalikan keseimbangan antara jumlah air yang dibutuhkan tanaman dengan ketersediaan air. *Cultivate water management system* didisain dengan efisiensi energi dan dikendalikan secara otomatis dengan algoritma untuk meminimalisir berbagai gangguan yang terjadi di lapangan setiap harinya. Keuntungan yang didapat dari *smart farming* adalah meningkatkan pendapatan dan keuntungan petani, meningkatkan kondisi sosial ekonomi masyarakat desa, meningkatkan

tanaman dan biodiversitas serta konservasi air. Hasilnya bisa meningkatkan produksi tanaman hingga 20%, menurunkan penggunaan air sebesar 30%, mengurangi penggunaan tenaga kerja manusia sebanyak 50%, mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida sebanyak 10% (Cultivate 2020).

Thailand sudah menerapkan *smart farming* dengan penyemprotan presisi yang akhirnya bisa menurunkan penggunaan pestisida hingga 60%. Dampak yang dirasakan oleh petani adalah meminimalisir pengeluaran untuk pembelian pestisida yang cenderung mahal, membuat tanah menjadi lebih sehat dan akhirnya hasil produksi per hektare menjadi meningkat. Thailand juga mengembangkan data *processing system* atau sistem pemrosesan data yang merupakan kombinasi dari mesin, orang dan proses untuk sekumpulan *input* menghasilkan sekumpulan *output* seperti data, fakta dan informasi. Sistem akan mengumpulkan data dari *drone* dan satelit untuk membantu petani untuk meningkatkan produktivitas dan mengatur waktu panen. Teknologi ini membantu petani untuk melakukan monitoring lahan secara *real time* dan merespons perubahan di awal ketika terjadi perubahan kondisi cuaca yang mungkin akan menyebabkan kehilangan hasil pertanian. Pesatnya penggunaan *mobile phone* di kalangan petani membuat pemanfaatan teknologi untuk pertanian presisi semakin optimal. Penggunaan aplikasi pertanian di *smartphone* telah membantu menghubungkan petani dengan industri pengolahan hasil pertanian. Perangkat digital ini menghubungkan petani langsung dengan pembeli untuk mendapatkan harga terbaik. Aplikasi ini juga bisa memberi pengetahuan tambahan manajemen bertani, cara pemupukan yang tepat, menghubungkan antar petani sehingga petani bisa saling mudah untuk bertukar pikiran, menghubungkan dengan penyedia mesin dan alat pertanian, penyuluh pertanian dan pembeli hasil pertanian bahkan dengan perbankan (Tiammee et al. 2019).

Menarik Kaum Milenial Berkiprah di Pertanian dengan *Smart Farming*

Sebagai negara agraris, saat ini Indonesia berhadapan dengan permasalahan jumlah penduduk yang mencapai 270 juta jiwa. Persoalan ini semakin genting jika tidak diiringi dengan peningkatan produktivitas hasil pertanian, karena dapat menyebabkan Indonesia sangat bergantung pada impor pangan (Rusdiana dan Maesya 2017). Selain itu dunia pertanian menghadapi permasalahan

yaitu 1) *aging farmer* atau penuaan petani karena rendahnya regenerasi di bidang pertanian, 2) rendahnya kualitas sumber daya petani karena rata-rata petani berpendidikan sekolah dasar, 3) sebagian besar pertanian Indonesia masih menggunakan teknologi konvensional, 4) terbatasnya produk olahan agroindustri, 5) sebagian besar produk pertanian yang diekspor masih berupa bahan baku sehingga kurang memiliki nilai tambah sehingga benefitnya lebih banyak dinikmati oleh negara pengimpor (negara maju), 6) kontribusi inovasi dalam pertumbuhan ekonomi masih sangat kecil dibandingkan dengan nilai *Total Productivity Factor* (TPF) karena berdasarkan data nilai TFP Indonesia hanya 1% masih jauh di bawah negara di kawasan Asia yang sudah mencapai 14–35%. Konsekuensinya Indonesia harus segera melakukan percepatan dan transformasi teknologi dari *natural resources agriculture* ke *agriculture based on smart farming technology* (Simarmata 2019).

Langkah mengantisipasi hal ini Kementerian Pertanian mempunyai target menarik 25 juta para milenial untuk bekerja di bidang pertanian. Pengembangan *smart farming* dengan integrasi perangkat *Internet of Things* (IoT), pemanfaatan *drone*, aspek *brainware-hardware-software* pertanian, analisis sensor untuk produksi pertanian, hingga manajemen sumber daya dilakukan dengan melibatkan perguruan tinggi dan diharapkan bisa menarik generasi milenial berkiprah dalam dunia pertanian (Ventje dan Engel 2017). Konsep pertanian cerdas 4.0 dengan penggunaan internet akan dimaksimalkan untuk meningkatkan produktivitas dengan cepat. Konsep ini dinilai prospektif karena umumnya generasi *milenial* sangat dekat dengan internet. Generasi milenial diharapkan dapat lebih cepat menerapkan pertanian cerdas dan memunculkan inovasi baru di bidang pertanian. Era 4.0 ini diharapkan generasi milenial dengan kemudahan mengakses berbagai teknologi dan inovasi sehingga dapat meningkatkan produktivitas, nilai tambah dan daya saing produk pertanian Indonesia, dan mampu memanfaatkan pasar nasional, regional dan internasional. Poin penting inovasi adalah berbasis upaya meningkatkan keuntungan. Perguruan tinggi dan *stakeholder* terkait harus melakukan transformasi pendidikan untuk menghasilkan lulusan yang dapat menjadi *job creator* atau *agrotechnopreneur*. Karakteristik petani milenial yang menerapkan *smart farming* adalah 1) petani mahir teknologi digital (*digital farmer*), 2) kegiatan *on farm* merupakan kegiatan padat modal dengan teknologi dan inovasi, 3) pengolahan hasil (agroindustri) berbasis inovasi

untuk meningkatkan daya saing dan nilai tambah produk pertanian, dan 4) pemasaran lebih efisien dengan memanfaatkan teknologi berbasis digital (Simarmata 2019).

Pertanian cerdas diterapkan berdasarkan prinsip-prinsip terintegrasi antara sistem informasi manajemen, teknologi presisi, dan *cyber physical system*. Keberlanjutan pertanian 4.0 sangat tergantung kepada ketersediaan data (*big data*), ketersediaan jaringan internet, lembaga pengelola, SDM yang kompeten, regulasi pemerintah, dukungan dana pemerintah, dan tentunya partisipasi petani. Kementerian Pertanian telah memberikan dukungan untuk menyambut era pertanian Indonesia 4.0. Semua sektor sudah menerapkan digitalisasi, menggunakan teknologi dan mekanisasi (Kompas 2020). Sekolah Vokasi Pertanian menjadi upaya Kementerian Pertanian untuk menghasilkan petani milenial yang memiliki *output* menjadi *qualified job creator* yaitu petani mandiri yang mampu membuka peluang usaha untuk rekan-rekannya dan *qualified job seeker* yaitu milenial yang terampil dan menguasai pekerjaannya sehingga dapat ditempatkan dimana saja di seluruh sektor dunia usaha dan industri. Pendidikan vokasi yang sebagian besar waktunya digunakan untuk *teaching factory* (magang di dunia industri) sehingga lulusannya akan langsung praktik di lapangan (BPPSDMP 2020).

Mengubah Perilaku dan Persepsi Petani terhadap Inovasi *Smart Farming* 4.0

Inovasi teknologi *smart farming* membutuhkan suatu proses pemahaman (persepsi) oleh para petani. Petani tertarik untuk mengadopsi inovasi bila mempunyai persepsi yang baik terhadap suatu inovasi. Penerapan teknologi *smart farming* membutuhkan dukungan dari petani untuk mengubah perilaku dalam pengelolaan usaha tani seperti praktik pengolahan tanah, pembibitan, pemupukan, pengairan, penyiangan, penyemprotan pestisida sehingga proses budi daya agar makin efektif dan dapat meningkatkan hasil produksi. Perilaku pengelolaan lahan yang berwawasan lingkungan akan bermanfaat untuk melestarikan lingkungan. Perubahan individu untuk mengadopsi inovasi teknologi tidak bisa terjadi secara cepat melainkan bertahap dari waktu ke waktu. Tahapan proses adopsi teknologi meliputi 1) kesadaran: petani mulai menyadari bahwa ada sesuatu yang baru sehingga mulai terbuka dengan perkembangan dunia luarnya, menyadari apa yang sudah ada dan apa yang belum ada, 2) minat: petani mulai mencari

keterangan-keterangan tentang hal yang dirasa baru menurutnya, 3) penilaian: setelah petani memperoleh semua informasi yang dibutuhkan mengenai suatu teknologi, petani akan mulai mempertimbangkan untuk melaksanakannya, 4) mencoba: jika petani sudah mendapatkan keterangan yang lengkap, petani akan mulai mempraktikkan dengan keyakinan akan berhasil (Indraningsih 2016). Lima karakteristik sifat teknologi yang akan membantu petani untuk menggunakan teknologi yaitu 1) keuntungan relatif (*relative advantages*); yaitu sejauh mana suatu inovasi dianggap lebih baik dari inovasi sebelumnya. Keuntungan relatif meliputi tingkat profitabilitas ekonomi, biaya yang rendah, rasa nyaman, efisiensi waktu dan usaha serta insentif, 2) kesesuaian (*compatibility*); yaitu apakah suatu inovasi mempunyai sifat lebih sesuai dengan nilai yang ada, pengalaman sebelumnya, dan kebutuhan petani, 3) kerumitan (*complexity*); yakni jika inovasi tersebut dirasakan rumit untuk dipahami dan digunakan, 4) dapat dicobakan (*trialability*); yakni suatu inovasi akan mudah diterima apabila dapat dicobakan dalam ukuran kecil, 5) dapat dilihat (*observability*): semakin mudah bagi individu untuk melihat hasil sebuah inovasi maka akan semakin besar kemungkinan bagi petani untuk mengadopsinya (Rogers 2003).

Karakteristik petani dalam mengadopsi teknologi dipengaruhi oleh 1) usia, biasanya petani dengan karakter usia produktif cenderung berupaya untuk meningkatkan produktivitas usaha mereka karena usia sangat berpengaruh terhadap kemampuan fisik petani untuk bekerja secara optimal, 2) pengalaman bertani, semakin berpengalaman dalam berusaha maka cenderung petani semakin efisien dalam mengalokasikan faktor produksi dalam usaha tersebut, 3) pendidikan formal, biasanya semakin tinggi tingkat pendidikan petani akan semakin mudah merubah sikap dan perilaku untuk bertindak lebih rasional, 4) luas lahan, biasanya petani yang memiliki lahan yang luas cenderung berani mencoba teknologi baru karena masih memiliki sebagian besar luas lahan yang lain yang belum dicoba dibandingkan dengan petani dengan luas lahan terbatas karena umumnya petani takut gagal. Apabila petani masih meragukan penerapan *smart farming* akan mencoba dalam skala kecil (Aditiawati et al. 2014).

Sebagian besar petani Indonesia memiliki tingkat pendidikan yang rendah. Tingkat pendidikan merupakan salah satu penghambat untuk menerapkan *smart farming*. Penduduk yang berusia lebih dari 40 tahun memiliki lebih sedikit kontak dengan teknologi, sehingga para

petani sering memiliki kesulitan dalam menerapkan *smart farming*. *Smart farming* menuntut petani untuk terbuka sehingga membutuhkan komunikasi antara pengguna, penyuluh, pembuat teknologi untuk pengaturan sistem awal. Manfaat *smart farming* harus dikomunikasikan dengan lebih jelas dan dievaluasi untuk meningkatkan persepsi bahwa *smart farming* dapat membawa perubahan yang positif. Jika petani mampu memahami manfaat nyata dari teknologi *smart farming*, adopsi teknologi semakin meningkat. Cara mengatasi investasi teknologi awal yang besar dapat dilakukan dengan dukungan subsidi investasi (Markus dan Schleicher 2018).

Proses adopsi suatu teknologi membutuhkan komunikasi personal antar-individu serta komunikasi dalam kelompok kecil (kelompok tani) pada kegiatan penyuluhan pertanian. Seringkali petani enggan untuk menerapkan suatu inovasi baru karena mereka belum paham atau tidak setuju terhadap teknologi tersebut. Biasanya jika inovasi tersebut berasal dari peneliti atau pemangku kebijakan tetapi tidak melibatkan petani dalam penciptaannya. Oleh karena itu, keberadaan suatu kelompok tani untuk media adopsi teknologi memiliki berbagai peran penting seperti 1) fungsi hubungan sosial diantara para anggotanya, 2) fungsi pendidikan formal maupun informal sebagai sarana untuk mempertukarkan pengetahuan, 3) fungsi persuasi, seorang anggota kelompok akan mampu mempersuasi anggota kelompok lainnya untuk mengenalkan suatu teknologi, 4) fungsi *problem solving*, dicerminkan dengan kegiatan untuk memecahkan persoalan dan membuat keputusan (Adawiyah et al. 2017). Peran utama kelompok tani dipandang sebagai sebuah proses yang membantu petani untuk mengambil keputusan sendiri dan menolong petani untuk mengembangkan wawasan.

Sebagian besar usaha tani di Indonesia masih didominasi oleh usaha skala kecil sehingga peran kelompok petani menjadi ujung tombak dalam pembangunan pertanian. Komitmen kelompok untuk mengadopsi teknologi menjadi kunci penentu keberhasilan adopsi inovasi tersebut (Adawiyah 2018). Berdasarkan *pilot project* terhadap penerapan *smart farming* di Desa Cikembulan, Kecamatan Kadungora, Kabupaten Garut para petani sudah menerapkan teknologi *smart farming* 4.0 berupa pemanfaatan *RITX Soil and weather sensor* untuk merekam kondisi lahan secara *real time* dan memprediksi cuaca. Secara singkat bahwa pengetahuan, sikap, peran kelompok tani dan keterampilan berpengaruh cukup signifikan

terhadap keinginan petani dalam mengadopsi *smart farming* (Asnamawati et al. 2020).

Hambatan Penerapan *Smart Farming* 4.0: Pembelajaran bagi Para Pemangku Kebijakan

Smart farming 4.0 yang identik dengan pertanian presisi memungkinkan petani untuk mengenali variasi di lapangan sehingga dapat memainkan peran dalam intensifikasi, efisiensi pertanian, dan kelestarian lingkungan. *Smart farming* akan menggeser paradigma pertanian tradisional yang memperlakukan semua tanaman sama menjadi lebih presisi, menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman (Aubert et al. 2012). Hal ini penting karena perlakuan berbeda tujuannya adalah agar terjadi efisiensi baik dalam hal penggunaan pupuk maupun pestisida sehingga potensi kehilangan hasil dan berkurangnya pendapatan petani bisa dihindari. Selanjutnya ini bisa menghindarkan pencemaran lingkungan yang akan membahayakan keberlanjutan pertanian (Ondoua dan Walsh 2017).

Para petani sering tidak membuat perhitungan ekonomi detail dan cenderung fokus untuk memaksimalkan hasil produksi pertanian. Teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas hasil pertanian cenderung berpotensi lebih besar diadopsi oleh petani. Hal ini akan berimplikasi pada kebijakan untuk membuat pertanian berkelanjutan. Teknologi yang ramah lingkungan tetapi berdampak negatif terhadap produktivitas petani cenderung tidak akan diadopsi oleh para petani.

Hambatan utama dalam penerapan *smart farming* adalah rendahnya tingkat adopsi petani, tingginya biaya investasi peralatan *smart farming*, ketidakpastian kredibilitas perusahaan teknologi yang mengembangkan produk peralatan *smart farming*, sulitnya mengubah persepsi petani tentang kegunaan suatu mesin pertanian, dan kemudahan yang akan didapat dengan digunakannya peralatan *smart farming*, keterbatasan akses internet di beberapa daerah di Indonesia dan kebutuhan untuk meng-*input* banyak data dan informasi ke dalam *software* (perangkat lunak). Hal-hal tersebut memerlukan analisis dan interpretasi khusus. Karakteristik teknologi yang rumit dalam memfasilitasi pengumpulan dan analisis data, serta rendahnya kualifikasi tenaga kerja perdesaan dipandang sebagai penghalang untuk difusi teknologi *smart farming*. Untuk itu pelatihan dan peningkatan kapasitas asosiasi petani akan menjadi cara penting untuk membantu

mengatasi hambatan dalam penggunaan teknologi (Pivoto et al. 2019).

Teknologi *smart farming* yang bisa digolongkan sebagai teknologi baru membutuhkan banyak investasi untuk pengembangannya. Ini menjadi tantangan bagi perusahaan mesin pertanian yang akan mengembangkan teknologi *smart farming*, untuk membuat aplikasi dan peralatan yang mudah digunakan dan lebih interaktif bagi petani. Pada beberapa negara, kesuksesan penerapan *smart farming* didukung dengan keterlibatan *startup* di bidang pertanian. *Startup* bidang pertanian yang banyak berdiri di Indonesia bisa didorong untuk terlibat menggerakkan *smart farming* 4.0. Penggerak utama petani agar mau mengadopsi *smart farming* adalah anggapan bahwa *smart farming* mampu menghasilkan peningkatan produktivitas dan kualitas produksi yang lebih baik dan menekan biaya produksi. Peningkatan kenyamanan bekerja bagi para petani dan pelestarian lingkungan belum menjadi pendorong utama untuk menggunakan *smart farming*. Potensi *smart farming* untuk memitigasi efek perubahan iklim tidak memengaruhi petani karena fokus utama petani umumnya adalah besaran keuntungan yang akan diperoleh saat mengadopsi teknologi (Pivoto et al. 2019). Selain itu penting bagi pabrik mesin pertanian dalam proses desain dan pengembangan alat agar bisa mendukung petani memutuskan untuk mengadopsi teknologi *smart farming* melalui pendekatan partisipatif. Pendekatan partisipatif akan menempatkan petani sebagai pelaku utama sehingga pembuatan teknologi akan menyesuaikan dengan kebutuhan petani. Perguruan Tinggi harus didorong untuk berinvestasi dalam mengembangkan *smart farming* berkolaborasi dengan industri swasta (Ondoua dan Walsh 2017).

Hal penting dalam penerapan adalah 1) inovasi pertanian yang kompleks memerlukan pendekatan kolaboratif agar inovasi dan difusi berhasil mengingat kebutuhan di tingkat petani berbeda, 2) organisasi penyuluhan dan penelitian publik dan swasta dapat bekerja sama dengan lembaga penelitian untuk mengintegrasikan data (*on farm* dan *off farm*), integrasi teknologi, menguji kinerja peralatan dan pengembangan program pelatihan kepada kelompok petani. Implikasi teoritisnya adalah peran publik, swasta dan industri dalam penelitian dan penyuluhan tidak boleh dipisahkan karena sangat dibutuhkan dalam penyebaran sistem inovasi teknologi. Aktor penting seperti peneliti, pengembang teknologi dan penyuluh pertanian berperan penting untuk

mengatasi hambatan adopsi teknologi (Eastwood et al. 2017).

Pengembangan sumber daya manusia merupakan faktor kunci dalam mengembangkan *smart farming*. Mendorong petani mengadopsi teknologi digital dan perangkat seluler dalam praktik pertanian telah menjadi prioritas kebijakan di berbagai negara. Selain itu, para pembuat kebijakan dan lembaga penelitian harus berkonsentrasi pada peningkatan akses pasar ke teknologi *smart farming*. Selain petani, penyuluh pertanian sebagai garda terdepan yang menghadapi petani dapat memberikan pengaruh dalam membantu petani untuk pengambilan keputusan operasional dan strategis. Oleh karena itu penyuluh juga membutuhkan pelatihan dan perlu mendapat prioritas (Callum Eastwood et al. 2019).

Kerja sama Kementerian Pertanian dan Perguruan Tinggi dalam merancang rangkaian program pelatihan *smart farming* untuk mengembangkan sumber daya manusia dirasa penting. Tujuan program pelatihan adalah untuk memberi peserta pelatihan sikap positif dan kompetensi praktis, serta meningkatkan pengetahuan terkait *smart farming*. Empat jenis kursus pelatihan yang penting adalah gambaran umum *smart farming*, kunjungan dan pelatihan di lapangan, kunjungan dan pertukaran internasional, dan pelatihan teknis perorangan yang dibuat khusus. Peserta dalam program pelatihan *smart farming* dengan tingkat pengetahuan yang lebih tinggi akan memiliki pemikiran tentang pentingnya mengadopsi teknologi yang lebih inovatif dan akan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menerapkan *smart farming*. Sebaliknya, petani yang kurang memiliki pengetahuan tentang *smart farming* akan memiliki tingkat adopsi yang lebih rendah (Chuang et al. 2020).

KERJA SAMA BERBAGAI PIHAK UNTUK PENERAPAN SMART FARMING 4.0

Kementerian Pembangunan Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi Tertinggal sebagai Penggerak *Smart Farming 4.0*

Smart farming 4.0 akan mendorong kerja petani dengan menerapkan teknologi yang membuat kegiatan budi daya pertanian yang cerdas, efisien, terukur, dan terintegrasi. Konsep pertanian cerdas secara sederhana bisa diartikan sebagai pertanian *presisi*. Petani bisa melakukan budi daya tanpa tergantung musim tetapi melalui mekanisasi. Dengan demikian,

proses penanaman hingga panen dapat dilakukan secara efektif dan efisien baik dalam tenaga kerja, waktu tanam, dan proses panen.

Direktorat Jenderal Pembangunan Daerah Tertinggal (Ditjen PDT), Kemendes PDTT dan Pemerintah Daerah Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, telah bekerja sama untuk melakukan uji coba pertanian cerdas 4.0 di Desa Battal, Kecamatan Panji. Teknologi ini merupakan produk dari PT Mitra Sejahtera Membangun Bangsa (MSMB), sebuah perusahaan teknologi pertanian di Yogyakarta yang menggunakan aplikasi RiTx berbasis android. Pertanian kini bisa jadi *agriculture* dan menarik minat anak muda untuk bertani. Meningkatnya produktivitas pertanian diharapkan akan meningkatkan potensi daerah tersebut (MSMB 2018).

Kemendes PDTT telah membuat *roadmap smart farming 4.0* yang dimulai dari (i) uji coba penggunaan alat *drone sprayer* pada lahan jagung di Kabupaten Sleman dan peninjauan alat *soil and weather sensor* pada area persawahan di Kabupaten Wonogiri, (ii) Kabupaten Sumbawa telah melakukan uji coba penggunaan alat *drone sprayer* dan *soil and weather sensor* di area persawahan, (iii) Kabupaten Sumbawa Timur telah melakukan uji coba penggunaan alat *drone sprayer* dan *soil and weather sensor* di area persawahan, (iv) Kabupaten Situbondo telah melaksanakan *launching smart farming 4.0* dan uji coba penggunaan alat (*drone sprayer, soil and weather sensor dan water debit sensor*), (v) Kabupaten Tabanan telah melakukan uji coba penggunaan alat (*drone sprayer, soil and weather sensor dan drone surveillance*) (Ditjen PDTT 2019). Semua teknik ini membantu menciptakan pertanian *presisi* dengan menggunakan citra satelit dan teknologi lainnya (seperti sensor) untuk mengamati dan merekam data dengan tujuan meminimalkan biaya dan menghemat sumber daya sekaligus meningkatkan hasil produksi.

Dukungan Kementerian Pertanian terhadap *Smart Farming 4.0*

Pada tahun 2020 Kementerian Pertanian membuat kebijakan dan program untuk menjamin ketahanan pangan. Fokusnya adalah melaksanakan lima Cara Bertindak (CB) yaitu 1) meningkatkan kapasitas produksi dengan percepatan tanam padi MT II seluas 5,6 juta ha, pengembangan lahan rawa di Kalimantan Tengah seluas 164.598 ha, Perluasan Areal Tanam Baru (PTAB), dan peningkatan produksi gula, daging sapi, dan bawang putih untuk mengurangi impor, 2) diversifikasi pangan lokal

dan pemanfaatan lahan pekarangan melalui program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) untuk 3.876 kelompok, 3) penguatan cadangan dan sistem logistik pangan untuk stabilisasi pasokan dan harga pangan, 4) pengembangan pertanian modern seperti *smart farming*, pengembangan dan pemanfaatan *screen house*, pengembangan *food estate*, pengembangan korporasi petani, 5) gerakan tiga kali ekspor (*gratieks*) sebagai upaya pemerintah untuk tidak hanya menggenjot produksi dalam negeri tetapi juga sebagai salah satu usaha untuk mendatangkan devisa.

Smart farming 4.0 telah menjadi andalan Kementerian Pertanian dimana Balitbangtan yang akan melakukan pengembangannya. Melalui *capacity building and community empowerment* (literasi teknologi, literasi data dan ICT, literasi *softskill* dan *leadership*), perbaikan regulasi yang melindungi petani, membuat *roadmap* penelitian pertanian 4.0, membangun infrastruktur, alat-alat dan ekosistem yang sangat baik dan meningkatkan kemampuan kerja sama dengan mesin. Konsep pertanian 4.0 adalah sebuah konsep manajemen pertanian yang didasarkan kepada pengamatan, pengukuran dan tanggapan terhadap variabilitas lahan, mendefinisikan sistem pendukung keputusan dalam pengelolaan secara keseluruhan dan mengoptimalkan *input* sekaligus melestarikan sumber daya alam. Proses penerapan robotika, kontrol secara otomatis dan *artificial intelligence* digunakan di semua tingkat produksi pertanian termasuk peternakan (Kementerian Pertanian 2020c).

Sektor pertanian telah mengalami transformasi dengan dukungan temuan teknologi baru yang lebih menjanjikan perbaikan produktivitas dan profitabilitas. Transformasi sektor pertanian dimulai dari mekanisasi pertanian, revolusi hijau dengan modifikasi genetik dan *smart farming*. Konsep *smart farming* yang dikembangkan oleh Kementerian Pertanian melalui mekanisasi pertanian dari hulu sampai hilir, tujuannya adalah untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja, menekan biaya produksi, mengurangi beban kerja petani, meningkatkan pendapatan petani dan menarik generasi muda untuk terjun ke sektor pertanian. Pengembangan *smart farming* ditujukan agar dapat meningkatkan produksi dengan mutu hasil yang berdaya saing tinggi, mewujudkan ketahanan pangan dan kesejahteraan petani. Implementasi *smart farming* melalui mekanisasi pertanian telah dilakukan melalui bantuan alat mesin pertanian (*alsintan*) kepada kelompok tani (*poktan*) dan

gabungan kelompok tani (*gapoktan*). Teknologi *smart farming* terbukti dapat mengurangi biaya usaha tani rata-rata mencapai 20–25% dan peningkatan keuntungan hingga mencapai 50% (Anwarudin et al. 2020).

REKOMENDASI KEBIJAKAN Mendukung Pengembangan SMART FARMING 4.0

Strategi Pemerintah untuk Penerapan *Smart Farming* 4.0

Strategi khusus yang dapat dilakukan oleh pemerintah untuk *smart farming* yaitu strategi *pertama* adalah membentuk pola pikir petani tentang pentingnya penggunaan kecerdasan buatan (AI) dan digitalisasi teknologi. Pemikiran petani yang keberatan karena merasa *smart farming* adalah sesuatu yang sulit dilakukan, membutuhkan anggaran yang besar dan waktu yang lama harus segera diubah. Penyampaian fakta prestasi kesuksesan petani yang telah terlebih dahulu menerapkan *smart farming* menjadi sangat penting untuk mempercepat implementasi *smart farming*. Para petani harus memahami bahwa pada masa depan semuanya terus berubah dan semakin tidak pasti. Untuk itu, pemerintah harus mempersiapkan diri menghadapi berbagai kondisi dengan teknologi *artificial intelligence* yang cerdas dan adaptif. Strategi *kedua* adalah peningkatan kemampuan SDM para petani dengan *capacity building* agar mampu mengadopsi dan menggunakan *artificial intelligence* dan teknologi digital maju lainnya, seperti *blockchain* dan *Internet of things* (IoT) dengan baik. Faktanya, masyarakat enggan menggunakan digitalisasi karena akan menyingkirkan peranan tenaga kerja manusia. Namun hal ini bisa di atasi dengan peningkatan kapasitas petani sehingga seharusnya petani bisa bekerja secara beriringan dengan AI dan robot cerdas tanpa perlu merasa tersingkir (Arkeman 2021).

Strategi *ketiga* adalah untuk mengimplementasikan *smart farming* di negara sebesar Indonesia memang tidak bisa dilakukan sekaligus, namun harus bertahap dengan target yang jelas dan menetapkan daerah yang akan menjadi prioritas. *Smart farming* sering dianggap membutuhkan biaya yang tinggi sehingga mengancam keuntungan yang akan diterima oleh petani. Pandangan ini tidak benar, karena *smart farming* dapat dilakukan secara bertahap sesuai dengan kemampuan finansial petani. Pemerintah juga perlu memberikan kemudahan agar petani bisa mengakses berbagai teknologi *smart farming*. Ketika

penerapan *smart farming* berhasil pada satu bagian atau tahapan tertentu, baru kemudian dapat dilanjutkan ke bagian lain yang menjadi prioritas setelahnya. Semua biaya yang muncul dari implementasi *smart farming* sebenarnya adalah bagian dari investasi untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan efisiensi penggunaan tenaga kerja. Investasi teknologi akan memberikan keuntungan secara ekonomi. Efisiensi dapat dirasakan petani dengan mengurangi tenaga kerja, kontrol kebutuhan unsur hara tanaman dapat dilakukan secara akurat setiap hari, mengurangi biaya untuk penggunaan pupuk atau pestisida dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (Moysiadis et al. 2021). Dengan *smart farming* petani bisa melakukan efisiensi *input* pertanian hingga 30% dan meningkatkan produksi hingga 20%. Petani akan mendapat produk pertanian dengan kualitas terbaik dengan residu kimia yang minimal (Zambon et al. 2019). Para ahli memprediksi pada tahun 2050, dengan menggunakan *smart farming* petani bisa menambah produksi pertanian sebesar 70% (Nayyar dan Puri 2017).

Strategi *keempat* adalah untuk menerapkan *smart farming* harus dibangun dengan memanfaatkan SDM dan teknologi dari dalam negeri sendiri, seperti teknologi yang dibuat oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, LIPI, BPPT atau berbagai perguruan tinggi dan konsultan swasta. Pemanfaatan SDM dan teknologi dari dalam negeri yang kompeten akan membuat biaya untuk penerapan *smart farming* menjadi lebih murah dan terjangkau. Pemberian kepercayaan kepada para ahli dari dalam negeri akan memberikan energi positif yang mampu meningkatkan kepercayaan diri para ahli IT di bidang pertanian. Strategi terakhir adalah pemerintah harus tetap berkomitmen untuk berperan aktif dalam mendukung *smart farming* melalui berbagai kebijakan positif seperti pembinaan, pemberian kemudahan atau pembukaan akses pasar domestik dan ekspor agar petani mudah memasarkan hasil pertaniannya, pemberian insentif untuk petani yang sudah menerapkan *smart farming*, keterlibatan dalam pembangunan SDM, insentif riset untuk pengembangan teknologi, perlindungan atau kepastian hukum, menjamin keamanan *cyber* serta pembangunan infrastruktur digital. Indonesia memang masih menghadapi kendala dalam hal internet karena tidak semua daerah di Indonesia memiliki akses internet. Hal ini berpotensi menghambat integrasi data dan informasi. Kerja sama dengan *stakeholder* atau *provider* internet terkait merupakan salah satu solusi dalam mengatasi hal ini (Arkeman 2021).

Korporasi Petani dan *Food Estate*

Titik balik menuju *smart farming* 4.0 adalah keluarnya Permentan No. 18 Tahun 2018 tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi Petani dan peta daya saing daerah yang sasarannya untuk membangun pertanian berbasis karakteristik eko-regional. Hal ini bisa menjadi jalan untuk pengembangan pertanian sekaligus mengimplementasikan kebijakan dan program pembangunan pertanian berbasis eko-regional. Tujuan Permentan No. 18 Tahun 2018 adalah 1) meningkatkan nilai tambah serta daya saing wilayah dan komoditas pertanian untuk keberlanjutan ketahanan pangan nasional, 2) memperkuat sistem usaha tani secara utuh dalam satu manajemen kawasan, 3) memperkuat kelembagaan petani untuk mengakses informasi, teknologi, prasarana dan sarana publik, permodalan serta pengelolaan dan pemasaran. Di dalam pasal 6 ayat 1, sasaran pengembangan kawasan pertanian berbasis korporasi petani meliputi 1) peningkatan produksi, produktivitas, nilai tambah dan daya saing komoditas prioritas pertanian nasional, 2) tersedianya dukungan prasarana dan sarana pertanian di kawasan pertanian, 3) aplikasi pengetahuan, keterampilan dan kewirausahaan petani dalam mengelola kelembagaan ekonomi petani, 4) berfungsinya sistem usaha tani secara utuh, efektif dan efisien.

Beberapa poin yang menjadi faktor untuk menarik generasi muda kembali ke sektor pertanian adalah 1) korporasi petani dapat membuka peluang tersedianya lahan yang layak secara ekonomi karena syarat dasar untuk membuka peluang lahan yang layak secara ekonomi adalah persyaratan dasar wilayah dengan luas minimal 50 ha dan terdapat dalam satu jaringan irigasi tersier. Ini menjadi penting karena banyak petani muda yang mengandalkan lahan sempit yang dimiliki orang tuanya, 2) korporasi petani memerlukan spesialisasi kemampuan, faktor ini dapat mendorong pelaku *brain gain* yaitu menarik generasi muda yang terdidik serta berlatar belakang pertanian agar dapat mengisi posisi sesuai kebutuhan dan spesialisasi keahliannya, 3) korporasi petani menggunakan alat pertanian modern dalam pelaksanaannya sehingga dapat menarik minat generasi muda dengan menghilangkan kesan pertanian yang kotor, kumuh dan berlumpur, 4) korporasi petani dibentuk menjadi kelembagaan petani yang profesional dan modern sehingga dapat meningkatkan *bargaining position* petani dan

menciptakan nilai tambah produk pertanian (Anwarudin et al. 2020).

Food estate atau disebut dengan lumbung pangan di Kalimantan Tengah dan Sumatera Utara, dibangun dengan korporasi petani akan menjadi wilayah percontohan dan selanjutnya akan diterapkan diseluruh wilayah di Indonesia. *Food estate* menjadi Proyek Strategis Nasional 2015–2019, berdasarkan Perpres No. 58 Tahun 2018 bertujuan untuk menjaga ketahanan pangan Indonesia dalam jangka panjang ditengah ancaman krisis pangan global akibat pandemi Covid-19. Tujuan besarnya adalah 1) meningkatkan nilai tambah produksi sektor pertanian lokal, 2) untuk peningkatan penyerapan tenaga kerja pertanian hingga mencapai 34,4%, 3) petani memiliki kesempatan untuk mengembangkan usaha tani skala luas, 4) terintegrasinya sistem sentra produksi, pengolahan dan perdagangan, 5) potensi ekspor pangan ke negara lain menjadi semakin besar, 6) harga pangan akan menjadi lebih murah karena produksi pangan melimpah. Berdasarkan rancangan proyek *food estate* akan dibangun di lima lokasi yaitu: 120 ribu ha di Kalimantan Barat, 180 ribu ha di Kalimantan Tengah, 10 ribu ha di Kalimantan timur, 190 ribu ha di Maluku dan 1,2 juta ha di Papua (KPPIP 2020). *Food estate* yang dikomandoi oleh Kementerian Pertahanan sejatinya merupakan langkah strategis pemerintah untuk mewujudkan kemandirian pangan sebagai bagian dari sistem pertahanan negara. Pengembangan *food estate* mencakup tanaman singkong, jagung, dan tanaman pokok lainnya.

Sistem ketahanan pangan berbentuk lumbung sebenarnya sudah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu bahkan sejak zaman Mesir kuno sehingga setiap kali ada ancaman kelaparan baik yang diakibatkan perubahan musim, gagal panen, wabah penyakit dan sebagainya, pemerintah tetap mampu mencukupi kebutuhan pangan masyarakat. *Food estate* rencananya akan mengintegrasikan pertanian, peternakan dan perkebunan dalam satu area. Apabila sudah berkembang diharapkan *food estate* akan mampu menyerap tenaga kerja. Pertumbuhan ekonomi yang disebabkan oleh sektor pertanian lebih efektif untuk mengurangi kemiskinan dibandingkan dengan sektor konstruksi dan manufaktur (Basundoro dan Sulaeman 2020). Sejauh ini pemerintah telah berupaya untuk melibatkan sejumlah perusahaan swasta seperti PT Indofood Sukses Makmur, PT Wings Food, PT Calbee Wings Food, PT Champ, PT Great Giant Pineapple dan BUMN untuk berinvestasi dalam pengembangan lahan *food estate* sekaligus menyerap hasil panen petani di lokasi

food estate (Nasution et al. 2020). *Smart farming* akan menjadi sangat potensial bila dikembangkan secara masif di lokasi *food estate*. Hal serupa berlaku pada *food estate* tanaman hortikultura di daerah Sumatera Utara. *Availability* dan *stability* produk pangan nonpokok seperti buah dan sayuran dengan *smart farming* tidak hanya akan meningkatkan produksi pangan nasional tetapi juga mewujudkan kedaulatan pangan Indonesia.

PENUTUP

Menerapkan *smart farming* 4.0 di Indonesia menjadi tantangan tersendiri mengingat tingkat pendidikan para petani relatif rendah, ditambah kebiasaan para petani menerapkan pola budi daya warisan leluhur atau metode konvensional. Karakteristik lahan pertanian di Indonesia yang beragam dan petani pengelola didominasi usia tua (*aging farmers*) menyebabkan penerapan *smart farming* 4.0 di Indonesia menghadapi tantangan yang berat. Namun semua tantangan bila disikapi dengan bijak, *smart farming* masih sangat mungkin untuk diterapkan. Kemendes PDDT telah melakukan *pilot project smart farming* di beberapa daerah di Indonesia sehingga bisa dijadikan bahan *monitoring* dan evaluasi untuk menerapkan *smart farming* dalam skala yang lebih luas. Kementerian Pertanian juga dapat membuat *roadmap* penerapan *smart farming* dengan melibatkan berbagai *stakeholder* seperti perusahaan *startup* yang sudah lebih dulu eksis seperti TaniHub, Eragano, Crowde dan LimaKilo. Melibatkan perguruan tinggi akan menarik milenial berkarir di bidang pertanian. Kaum milenial identik dengan penguasaan teknologi sehingga mempercepat regenerasi di bidang pertanian. Keterlibatan perusahaan swasta dan BUMN dalam penyediaan teknologi *smart farming* akan *membantu* menyerap hasil panen petani. Kondisi ini sangat mendukung penerapan *smart farming*.

Smart farming yang identik dengan pemanfaatan teknologi diharapkan bisa menarik kaum milenial untuk eksis di bidang pertanian. Adopsi *smart farming* diharapkan dimulai dari kegiatan hulu terkait dengan *big data* pertanian, adopsi teknologi terbaru, infrastruktur *Information and Communication Technologies* (ICT), organisasi yang gesit, sains dan inovasi terbuka, SDM dan pengembangan kapasitas (melalui *workshop*, bimbingan teknis, *training*, sosialisasi) dan dilanjutkan dengan merumuskan strategi perencanaan *corporate* 2020–2024. Teknologi *smart farming* yang

dihasilkan oleh peneliti dan perekayasa bukan hanya berhenti pada invensi dan publikasi ilmiah akan tetapi harus diadopsi secara masif oleh setiap petani di Indonesia. Agenda utama *smart farming* 4.0 adalah transformasi digital di sektor pertanian, pengembangan dan pemanfaatan teknologi digital dibidang pertanian. Untuk itu pemerintah perlu merancang strategi pembangunan infrastruktur digital nasional, menarik minat investasi asing, peningkatan sumber daya manusia, dan pembangunan ekosistem inovasi. Diperlukan rancangan insentif untuk investasi teknologi dan harmonisasi aturan.

Hambatan utama dalam penerapan *smart farming* adalah rendahnya tingkat adopsi petani, tingginya biaya investasi, sulitnya mengubah persepsi petani tentang kegunaan suatu mesin pertanian, keterbatasan akses internet di beberapa daerah dan kebutuhan untuk meng-*input* banyak data dan informasi ke dalam *software* (perangkat lunak), serta rumitnya karakteristik teknologi yang bisa memfasilitasi pengumpulan dan analisis data serta rendahnya kualifikasi tenaga kerja perdesaan. Sempitnya lahan usaha bagi sebagian besar petani Indonesia dengan luas lahan kurang dari 0,5 ha diharapkan bisa dimaksimalkan produktivitasnya dengan *smart farming*. Walaupun lahan sempit namun dengan menggunakan *smart farming* maka optimalisasi penggunaan *input* berupa pestisida dan pupuk bisa dilakukan secara presisi sehingga hasilnya bisa lebih optimal. Teknologi yang mampu meningkatkan produktivitas akan cenderung diadopsi petani. Agar petani mampu menggunakan teknologi dibutuhkan pelatihan yang intensif dengan melibatkan penyuluh. Kerja sama Kementerian Pertanian dan Perguruan Tinggi merancang serangkaian program pelatihan *smart farming* perlu untuk mengembangkan sumber daya manusia.

Masa depan pertanian Indonesia adalah pertanian yang cerdas berbasis teknologi. Petani harus mendapatkan pemahaman tentang pemanfaatan lahan yang diperlukan, namun hasilnya memuaskan dan biayanya lebih efisien. Dengan pertanian cerdas, efektivitas dan efisiensi usaha tani lebih terukur karena semua kegiatan petani didasarkan analisis data yang akurat. Masuknya era pertanian pintar berbasis integrasi teknologi akan membuat budi daya pertanian semakin efektif dan lebih akurat dalam menentukan besarnya kebutuhan saprodi. Lahan tidur yang kurang produktif kini sudah dimanfaatkan untuk tanaman pangan dan hortikultura. Apabila program besar Kementerian Pertanian yaitu Konstratani dan

rencana proyek Strategis Nasional Pemerintah untuk menerapkan *food estate* di Provinsi Sumatera Utara dan Kalimantan Tengah telah berjalan maka *smart farming* akan sangat sesuai untuk diterapkan agar hasil yang didapat semakin maksimal, dan cita-cita menjadikan pertanian Indonesia yang maju, mandiri, dan modern bisa terwujud.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan penulis Kartika Sari Septanti yang telah bersedia berdiskusi memberi masukan sekaligus membantu mengoreksi tulisan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada sesama peneliti atas peran membantu memberikan saran, telaah, koreksi, dan perbaikan naskah sampai siap diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah CR, Sumardjo, Mulyani ES. 2017. Faktor-faktor yang memengaruhi peran komunikasi kelompok tani dalam adopsi inovasi teknologi upaya khusus (padi, agung,dan kedelai) di Jawa Timur. *J Agro Ekon.* 35(2):151–170.
- Adawiyah CR. 2018. Urgensi komunikasi dalam kelompok kecil untuk mempercepat proses adopsi teknologi pertanian. *Forum Penelit Agro Ekon.* 35(1):59.
- Aditiawati P, Rosmiati M, Sumardi D. 2014. Persepsi petani terhadap inovasi teknologi pestisida nabati limbah tembakau (Suatu kasus pada petani tembakau di Kabupaten Sumedang). *Sosiohumaniora.* 16(2):184–192.
- AgroIndonesia. 2020. Kementan luncurkan Agriculture War Room berteknologi modern [Internet]. [diunduh 2020 Nov 27]. Tersedia dari: <http://agroindonesia.co.id/2020/02/kementan-luncurkan-agriculture-war-room-berteknologi-modern>.
- Anwarudin O, Sumardjo, Satria A. 2020. Proses dan pendekatan regenerasi petani melalui multistrategi di Indonesia. *J Litbang Pertan.* 39(2):73–85.
- Arkeman Y. 2018. AI dan perang dagang. *Republika.* Opini:13 (kol.5).
- Arkeman Y. 2021. Kecerdasan buatan untuk industri pangan 2021. *Food review Indonesia:* XVI:1.
- Arvianti EY, Masyhuri, Waluyati DHD. 2019. Gambaran Krisis Petani Muda di Indonesia. *J Sos Ekon dan Kebijakan Pertan.* 8(2):168–180.
- Asnamawati L, Rasoki T, Herawati IE. 2020. Perilaku petani dalam pengelolaan usaha tani dengan penerapan teknologi smart farming 4.0. Herlinda S

- et al.; editor. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).
- Aubert BA, Schroeder A, Grimaudo J. 2012. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*. 54:510–520.
- Basundoro AF, Sulaeman FH. 2020. Meninjau pengembangan food estate sebagai strategi ketahanan nasional pada era pandemi Covid-19. *J Kaji Lemhanas RI*. 8(2):28–42.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2020a. Smart farming system [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3934/>.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2020b. Rayakan hari tanah sedunia, Balitbangtan soft launching Sistem Informasi Standing Crop (SISCrop) v.1.0. [Internet]. [diunduh 2020 Des 09]. Tersedia dari: <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-aktual/4114/>
- [Balitri] Balai Penelitian Tanaman Industri 2019. Agriculture War Room Balitbangtan: Menuju pertanian 4.0 [Internet]. [diunduh 2020 Nov 27]. Tersedia dari: <http://balitri.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/berita-internal/1098-agriculture-war-room-balitbangtan-menuju-pertanian-40>.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2020. Smart farming system [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3934/>.
- [BBP Mektan] Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. 2019. Drone penebar pupuk [Internet]. [diunduh 2020 Jan 21]. Tersedia dari: <http://mekanisasi.litbang.pertanian.go.id/>.
- [BBSDL P] Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 2020. Drone, teknologi pembantu pemetaan terbaru [Internet]. [diunduh 2021 Jan]. Tersedia dari: <http://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/layanan-mainmenu-65/info-aktual-2/896-drone-teknologi-pembantu-pemetaan-terbaru>.
- [BBSDL P] Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 2020a. BBSDL P luncurkan sistem informasi standing crop (SISCrop 1.0) [Internet]. [diunduh 2021 Jan 15]. Tersedia dari: <https://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/layanan-mainmenu-65/info-terkini/1075-bbsdlp-luncurkan-sistem-informasi-standing-crop-siscrop-1-0>.
- [BPPSDMP] Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian. 2020. BPPSDMP Kementan-Ditjen Vokasi Kemendikbud bahas program Link and match [Internet]. [diunduh 2021 Jan 25]. Tersedia dari: <http://pusdiktan.bppsdp.pertanian.go.id/bppsdp-kementan-ditjen-vokasi-kemendikbud-bahas-program-link-and-match/>.
- BPTP Kaltim. 2020. Pertanian 4.0 Indonesia, mungkinkah? [Internet]. [diunduh 2021 Jan 14]. Tersedia dari: http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=1193:pertanian-40-indonesia-mungkinkan&catid=60:pernik&Itemid=97.
- Budiharto W. 2019. Digital innovation in the smart farming industry: concept and implementation. In: Herlinda S et al. (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019*, Palembang 4-5 September 2019. pp. 31-37. Palembang: Unsri Press.
- Chuang JH, Wang JH, Liou YC. 2020. Farmers' knowledge, attitude, and adoption of smart agriculture technology in Taiwan. *Int J Environ Res Public Health*. 17(19):1–8. doi: 10.3390/ijerph17197236.
- Cultivate. 2020. Smart irrigation system [Internet]. [diunduh 2021 Jan 11]. Tersedia dari: <https://www.cultivate.com/products/smart-irrigation-system/>.
- [Ditjen PD TT] Direktorat Jenderal Pembangunan Desa Tertinggal. 2019. Cerdas bertani di daerah tertinggal dengan smart farming 4.0 [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <https://ditjenpd.t.kemendes.go.id/index.php/view/detil/329/cerdas-bertani-di-daerah-tertinggal-dengan-smart-farming-40>.
- Divianta. 2018. Mengenal Blockchain, teknologi terbaru revolusi pertanian [Internet]. [diunduh 2021 Jan 14]. Tersedia dari: <https://www.liputan6.com/regional/read/3624969/mengenal-blockchain-teknologi-baru-revolusi-pertanian>.
- Eastwood C, Klerkx L, Nettle R. 2017. Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case studies of the implementation and adaptation of precision farming technologies. *J Rural Studi*. 49(1):1–12. doi:10.1016/j.jrurstud.2016.11.008.
- Eastwood C, Ayre M, Nettle R, Dela Rue B. 2019. Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future. *NJAS - Wageningen J Life Sci*. 10(02): 90–91. doi:10.1016/j.njas.2019.04.004.
- Indraningsih K. 2016. Pengaruh penyuluhan terhadap keputusan petani dalam adopsi inovasi teknologi usahatani terpadu. *Jurnal Agro Ekon*. 29(1):1–24.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2020a. Dalam pertemuan G20, Mentan SYL beberkan capaian dan program terobosan [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. [Tersedia dari: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4505>].
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2020b. Di War Room Agriculture, Mentan Syarul menyapa unit kerjanya di seluruh Indonesia [Internet]. [diunduh 2020 Nov 21]. Tersedia dari: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4120>.

- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2020c. Kebijakan dan program Kementerian Pertanian dalam menjamin ketahanan pangan di era new normal pandemi Covid-19 [Internet]. [diunduh 2020 Jan 21]. Tersedia dari: <http://akd.sb.ipb.ac.id/wp-content/uploads/2020/06/Topik-5-1-1.pdf>.
- 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 J Life Sci.* 10(03): 90–91(October): 100314. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100314>.
- Kompas. 2020. Mentan: Sektor pertanian sudah mulai menyambut era 4.0. [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <https://kilaskementerian.kompas.com/kementan/read/2020/07/05/195616426/mentan-sektor-pertanian-sudah-mulai-menyambut-era-40>.
- [KPPPI] Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Pertanian. 2020. Food estate proyek strategis nasional 2015–2019 [Internet]. [Diunduh 2021 Jan 25]. Tersedia dari: <https://kppip.go.id/>.
- Makus G, Schleichner. 2018. Barriers to adoption of smart farming technologies In Germany. *Proc 14th Int Conf Precis Agric*:9–21.
- Moysiadis V, Sarigiannidis P, Vitsas V, Khelifi A. 2021. Smart farming in Europe. *Comput Sci Rev.* 39(10):1–22.
- [MSMB] Mitra Sejahtera Membangun Bangsa. 2018. Smart farming 4.0: masa depan pertanian Indonesia [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <https://msmbindonesia.com/smart-farming-4-0-masa-depan-pertanian>.
- Nasution., Darmawan D, Muhammad D. 2020. Kementan garap proyek Food Estate hortikultura Sumut [Internet]. [Diunduh 2021 Jan 25]. Tersedia dari: [Republika. https://republika.co.id/berita/qd1r12380/kementan-garap-proyek-foodestate-hortikultura-sumut](https://republika.co.id/berita/qd1r12380/kementan-garap-proyek-foodestate-hortikultura-sumut).
- Nayyar A, Puri V. 2017. Smart farming: lot based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using arduino, cloud computing & solar technology. *Commun Comput Syst - Proc Int Conf Commun Comput Syst ICCCS 2016.* (November 2016):673–680. doi:10.1201/9781315364094-121.
- Nugroho AD, Waluyati LR, Jamhari J. 2018. Upaya memikat generasi muda bekerja pada sektor pertanian di Daerah Istimewa Yogyakarta. *JPPUMA. J Ilmu Pemerintah dan Sos Polit Univ Medan Area.* 6(1):76. doi:10.31289/jppuma.v6i1.1252.
- Ondoua RN, Walsh O. 2017. Precision agriculture advances and limitations: Lessons to the stakeholders. *Crop Soils.* 50(4):40–47. doi:10.2134/cs2017.50.0408.
- Pivoto D, Barham B, Waquil PD, Foguesatto CR, Corte VFD, Zhang D, Talamini E. 2019. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *Int Food Agribus Manag Rev.* 22(4):571–588. doi:10.22434/IFAMR2018.0086.
- Popa, C. (2011). Adoption of Artificial Intelligence in Agriculture. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca - Agriculture,* 68(1), 284–293. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:6454>.
- Rogers, E. M. 2003. *The diffusion of innovation* (5th edition). Simon & Schuster, New York, NY, USA.
- Sari ET. 2019. Community based integrated farming dalam era revolusi industri 4.0 di pedesaan Jawa Timur. *Media Mahardhika.* 17(03):471–480.
- SmartcityIndo. 2020. Sawah di Shanghai tak pakai petani, digarap otomatis dengan teknologi kecerdasan buatan [Internet]. [diunduh 2020 Nov 20]. Tersedia dari: <http://www.smartcityindo.com/2020/11/sawah-di-shanghai-tak-pakai-petani.html>.
- Solomon R. 2020. Precision agriculture in India: new technologies are here, but wide-scale adoption is far off [Internet]. [diunduh 2021 Jan 11]. Tersedia dari: <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/precision-agriculture-in-india-new-technologies-are-here-but-wide-scale-adoption-is-far-off/>.
- Simarmata T. 2019. Percepatan transformasi teknologi dan inovasi dalam era smart farming dan petani milenial untuk meningkatkan produktivitas, nilai tambah dan daya saing pertanian Indonesia. *Kuliah Umum Univ Mataram.*
- Syamsiar MD, Rivai M, Suwito S. 2016. Rancang bangun sistem irigasi tanaman otomatis menggunakan wireless sensor network. *J Tek ITS.* 5(2): 2337-3539. doi:10.12962/j23373539.v5i2.16512.
- Tiammee S, J. Wongyai, P. Udomwong, A. Phaphuangwittayakul, L. Saenchan and S. Chanaim, "Smart Farming in Thailand," 2019 13th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA), 2019, pp. 1–7 doi:10.1109/SKIMA47702.2019.8982525.
- Walter A, Finger R, Huber R, Buchmann N. 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 114(24): 6148–6150. doi:10.1073/pnas.1707462114.
- Wijayanti A, Mahmudah H, Adi NS, Okkie P, Alfian H. 2014. Rancang bangun sistem informasi monitoring cuaca. *Inovtek.* 4(1):17–25.
- Wolfert S, Ge L., Verdouw C, Bogaardt MJ. 2017. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems,* 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
- Ventje J. L. Engel, S. S. (2017). Model Inferensi Konteks Internet of Things pada Sistem Pertanian Cerdas. *J Telematika.* 11(2), 6.