

KARAKTERISTIK, POTENSI GENERASI MILENIAL DAN PERSPEKTIF PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI DI INDONESIA

Characteristics, Potential of Millennial Generations and Perspectives of Precision Agriculture Development in Indonesia

Joula Sondakh^{1*}, Janne H.W. Rembang¹, Syahyuti²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara,
Jalan Kampus Pertanian Kalasey, Manado 95013, Sulawesi Utara, Indonesia

²Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian,
Jalan Tentara Pelajar No.3B, Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia

*Korespondensi penulis. E-mail: joulasondakh@gmail.com

Naskah diterima: 15 Juni 2020

Direvisi: 10 Mei 2021

Disetujui terbit: 7 Juni 2021

ABSTRACT

Precision agriculture requires appropriate characters of human resources to implement it. It is an integrated agricultural system based on information and production to increase business efficiency, productivity and profitability. The concept of precision agriculture, as one of the latest agricultural technology packages, was born along with the emergence of the millennial generation, namely those born between 1980 and 2000. This paper discusses the character of precision agriculture and necessity to apply it and its link to the millennial generation in terms of their character suitability and capacity. Application of precision agriculture requires the millennial generation's ability to create, engineer and operate modern agricultural systems based on this new technology. Applying precision agriculture in Indonesia deals with various characteristics of the millennial generation due to different regional and socio-economic conditions. The government should provide infrastructure and conduct millennial farmers training to achieve social, economic, and environmental benefits of precision agriculture implementation.

Keywords: *agricultural development policy, agricultural labor, millennial generation, precision agriculture*

ABSTRAK

Pertanian presisi (*precision agriculture*) yang membutuhkan karakter sumber daya manusia yang sesuai untuk menjalankannya. Pertanian presisi merupakan sistem pertanian terpadu berbasis pada informasi dan produksi, untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan profitabilitas usaha. Konsep pertanian presisi, sebagai salah satu paket teknologi pertanian mutakhir, lahir bersamaan dengan munculnya generasi milenial, yakni mereka yang lahir antara tahun 1980 sampai 2000. Tulisan ini membahas karakter pertanian presisi dan kebutuhan untuk mengaplikasikannya, dihubungkan dengan generasi milenial dalam hal kesesuaian karakter dan kapasitasnya. Aplikasi pertanian presisi sangat membutuhkan kemampuan generasi milenial untuk mencipta, merekayasa, dan mengoperasikan sistem pertanian modern berbasis teknologi baru. Namun, karakteristik generasi milenial yang berbeda-beda berdasarkan wilayah dan kondisi sosial-ekonomi, menjadi tantangan dalam mengaplikasikan sistem pertanian presisi di Indonesia. Meskipun ada banyak keuntungan sosial, ekonomi, dan lingkungan jika menerapkan sistem pertanian presisi, pemerintah harus menyiapkan prasarana dan pelatihan bagi petani milenial dengan materi dan metode yang sesuai.

Kata kunci: *generasi milenial, kebijakan pembangunan pertanian, pertanian presisi, tenaga kerja pertanian*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian telah terbukti sebagai pilar penting ekonomi Indonesia, namun sesungguhnya belum mencapai potensinya secara maksimal (Aristyo dan Susandi 2018). Globalisasi ekonomi dengan berbagai tekanannya telah mendorong penerapan paradigma pembangunan pertanian berkelanjutan ke depan, yang harus bertumpu

pada kemampuan sendiri untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat dengan mengoptimalkan potensi yang ada (Rivai dan Anugrah 2011). Sejalan dengan pertanian berkelanjutan adalah konsep "*green agriculture*" yang dapat didefinisikan sebagai usaha pertanian maju dengan penerapan teknologi secara terkendali sesuai dengan ketentuan protokol yang telah ditetapkan, sehingga diperoleh produktivitas optimal, mutu produk tinggi, mutu lingkungan terpelihara dan

pendapatan ekonomi usaha tani optimal (Sumarno 2010). Dalam kondisi perubahan sektor pertanian seperti yang terjadi saat ini, inovasi merupakan strategi utama untuk mencapai tujuan pertumbuhan ekonomi, aspek sosial, dan kelestarian lingkungan (Klerkx et al. 2009).

Pada perkembangan terakhir, konsep dan metode pertanian presisi (*precision agriculture*) mulai banyak diwacanakan dan dikembangkan di berbagai belahan dunia. Pertanian presisi adalah konsep manajemen pertanian berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan respons terhadap variabilitas dalam dan antar-bidang pada tanaman. Tujuan dari pertanian presisi adalah untuk mengoptimalkan pengembalian *input* sambil menjaga sumber daya yang ada. Praktik pertanian presisi telah dimungkinkan oleh munculnya *Global Positioning System* (GPS) dan *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Kemampuan petani dan/atau peneliti untuk menemukan posisi mereka secara tepat di lapangan memungkinkan untuk membuat peta variabilitas spasial dari banyak variabel yang dapat diukur (misalnya hasil panen, fitur medan/topografi, kandungan bahan organik, tingkat kelembaban, kadar nitrogen, pH, EC, Mg, K, dan lainnya (McBratney dan Pringle 1999). Data serupa dikumpulkan oleh jajaran sensor yang terpasang dan dilengkapi GPS. Jajaran ini terdiri dari sensor waktu nyata yang mengukur segala sesuatu mulai dari level klorofil hingga status air tanaman, bersama dengan citra multispektral. Data ini digunakan bersama dengan citra satelit dan *Variable Rate Technology* (VRT) termasuk *seeder*, penyemprot, dan lain-lain untuk mendistribusikan sumber daya secara optimal.

Penerapan pertanian presisi akan lebih optimal bila dikombinasikan dengan nanoteknologi. Penerapan nanoteknologi pada subsektor pertanian dan pangan memiliki urgensi dan potensi dampak yang tinggi (Rochman 2011), disebabkan ukurannya yang sangat kecil, bahan berukuran nanometer. Dengan ukuran nano tersebut maka materi akan memiliki sifat fisiko-kimia baru, seperti luas permukaan, bentuk, reaktivitas dan warna, yang sangat berbeda dibandingkan material pada ukuran konvensional atau bahan asalnya (Handford et al. 2014).

Meskipun pertanian presisi akan berdampak positif bagi Indonesia, namun penerapannya tidak mudah. Sejumlah tantangan yang akan dihadapi antara lain prasarana penerapan teknologi tinggi yang masih terbatas, terbatasnya sumber daya petani, dan golongan

muda yang kurang tertarik masuk ke pertanian (Oberman et al. 2012). Namun, dengan terobosan-terobosan teknologi yang memudahkan pekerjaan, salah satunya melalui pertanian presisi, akan menjadi daya tarik sendiri bagi kalangan muda (Faroque et al. 2013).

Pengembangan pertanian presisi membutuhkan sumber daya manusia yang menguasai teknologi seperti peralatan elektronik dan jaringan informasi *online*, dimana sebagian besar didapatkan pada generasi milenial. Generasi milenial, yang lahir antara tahun 1980 sampai 2000, adalah generasi yang sangat mahir dalam teknologi informasi dan komunikasi. Dengan kemampuan menguasai teknologi dan dukungan sarana yang ada, generasi ini memiliki banyak peluang dibanding generasi sebelumnya. Penerapan pertanian presisi juga membutuhkan dukungan pemerintah. Penerapan inovasi pertanian pada sebagian besar negara berkembang tetap memerlukan campur tangan pemerintah untuk mempercepat proses adopsi teknologi melalui berbagai program dan fasilitasi (Mardianto 2014).

Jumlah tenaga kerja pertanian yang tinggi di Indonesia, tidak diimbangi dengan kualitas SDM yang memadai. Selain berpendidikan rendah, petani Indonesia didominasi oleh golongan tua. Berdasarkan hasil SUTAS BPS tahun 2018, sebanyak 27,4% tenaga kerja di sektor pertanian merupakan tenaga kerja berusia antara 45–54 tahun, kelompok usia 35–44 tahun sebanyak 24,4% dan disusul tenaga kerja kelompok usia 55–64 tahun sebanyak 20,8% (BPS 2018). Di sisi lain, regenerasi petani merupakan isu lama yang belum dapat diselesaikan oleh pemerintah. Pandemi Covid-19 semakin memperparah situasi ini di mana minat generasi muda untuk bekerja di sektor pertanian semakin berkurang (Kemen PPPA dan BPS 2018). Hal ini membutuhkan kebijakan yang kuat untuk mendorong generasi muda terlibat dalam sektor pertanian. Peluang keterlibatan generasi muda sebenarnya cukup besar mengingat Indonesia mengalami bonus demografi sejak tahun 2015 yang dicirikan dominannya jumlah penduduk usia produktif dibandingkan nonproduktif. Lebih dari itu, penduduk usia produktif juga didominasi oleh kaum milenial (Kemen PPPA dan BPS 2018) yang mulai banyak terlibat dalam pemasaran produk pertanian secara *online*. Menurut Permani et al. (2020) lebih dari 80% kaum milenial terlibat dalam *agrifood e-commerce*.

Tulisan ini membahas pertanian presisi, urgensinya untuk Indonesia dan bagaimana

peluang generasi milenial sebagai motor penggerakannya. Pertanian yang berbasis teknologi modern akan berhasil dan berkelanjutan jika digerakkan oleh generasi yang mampu mengoperasikannya, karena tidak hanya membutuhkan kapasitas individual namun juga kemampuan kolektif komunitas dalam jejaring tersendiri. Tulisan ini merupakan *scientific review* dengan melakukan penggalian dan analisis berkenaan dengan topik pertanian presisi yang diperoleh dari berbagai referensi ilmiah, baik laporan penelitian maupun jurnal-jurnal yang relevan.

PERTANIAN PRESISI MEMBUTUHKAN PERAN LANGSUNG GENERASI MILENIAL

Pertanian Presisi dan Keunggulannya

Pertanian presisi adalah komponen kunci dari gelombang ketiga revolusi pertanian modern. Revolusi pertanian pertama adalah peningkatan pertanian mekanis (tahun 1900–1930), yang melahirkan revolusi hijau dengan metode baru modifikasi genetik semenjak tahun 1960. Pada tahun 2050, populasi global akan mencapai sekitar 9,6 miliar, dimana produksi pangan harus secara efektif berlipat ganda dari level saat ini untuk memberi makan setiap orang, sehingga dibutuhkan teknologi baru salah satunya dengan menerapkan pertanian presisi. Pada tahun 2050 nanti, setiap petani harus dapat memberi makan 265 orang pada areal pertanian yang tidak berubah dibandingkan saat ini. Dengan kata lain, dibutuhkan efisiensi penggunaan sumber daya yang mampu memberikan hasil produksi yang lebih tinggi, sehingga pertanian presisi menjadi penting.

Pada intinya, pertanian presisi berupaya mengoptimalkan hasil dengan menggunakan *input* secara tepat sehingga selain tidak membuang-buang sumber daya, akan menghasilkan pertanian yang sehat dan berkelanjutan. “*The goal of precision farming is to improve farmers’ profits and harvest yields while reducing the negative impacts of farming on the environment that come from over-application of chemicals*” (Plant et al. 2000). Konsep dasar pertanian presisi adalah memanfaatkan sumber daya secara efisien dan efektif dalam rangka meningkatkan produktivitas semaksimal mungkin dengan teknologi yang tepat dan akurat. Teknik presisi sebagai solusi pada pertanian mencakup pengembangan dan penggunaan metode, perangkat, dan teknologi pada setiap aspek pertanian supaya tertakar

dan terukur, sehingga dapat dilakukan kegiatan dan penanganan yang tepat dan akurat (Wibowo 2019).

Sejalan dengan ini, menurut Seminar (2016a) pertanian presisi adalah sistem pertanian terpadu berbasis pada teknologi produksi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas dan profitabilitas produksi pertanian dari hulu ke hilir yang berkelanjutan, spesifik-lokasi serta meminimalkan dampak yang tidak diinginkan pada lingkungan. Pertanian presisi menggunakan pendekatan dan teknologi yang memungkinkan perlakuan presisi pada setiap simpul proses rantai bisnis pertanian dari hulu ke hilir sesuai kondisi spesifik yang dihadapi mencakup lokasi, waktu, produk, dan preferensi konsumen.

Pertanian presisi merupakan praktek manajemen usaha tani berbasis data pertanian yang tersaji dalam rupa peta-peta kondisi agroklimat, agroekologi, dan agronomi. Data dikumpulkan dan diolah dengan menggunakan “perangkat pertanian presisi”, yakni sebuah rakitan teknologi yang mengintegrasikan komputer dan penginderaan jarak jauh berbasis satelit/foto udara (*Geographic Information System/GIS* dan *Global Positioning System/GPS*). Peta-peta tersebut, selain menunjukkan titik-titik lokasi pertanaman bermasalah (kondisi rusak atau sakit) secara tepat waktu dan tempat, sekaligus juga menampilkan penyebab masalah (cekaman biotik dan abiotik) serta rekomendasi perlakuan teknis untuk mengatasinya. Dengan demikian, masalah dapat diatasi secara efisien dan efektif secara tepat waktu, lokasi, dan takaran (Tani 2018).

Whelan dan McBratney (1995), mengemukakan bahwa pertanian presisi menggunakan informasi dan teknologi pada sistem pengelolaan pertanian untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola informasi keragaman spasial dan temporal di dalam lahan untuk mendapatkan keuntungan optimum, berkelanjutan, dan menjaga lingkungan. Tujuan dari pertanian presisi adalah mencocokkan beberapa sumber daya dan kegiatan budi daya pertanian dengan kondisi tanah dan keperluan tanaman berdasarkan karakteristik spesifik lokasi di lahan. Pertanian presisi ada kalanya juga disebut sebagai “pertanian satelit” atau “manajemen lokasi tanaman-spesifik” (*Site Specific Crop Management / SSCM*) yang menerapkan manajemen pertanian berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan respons terhadap variabilitas dalam dan antar-bidang pada tanaman.

Jadi, pertanian presisi menerapkan jumlah *input* yang tepat dan benar berupa air, pupuk, pestisida, dan lain-lain. Aplikasi dilakukan pada waktu yang tepat bagi tanaman untuk meningkatkan produktivitas dan memaksimalkan hasil. Karena itu, praktik ini dapat secara signifikan mengurangi jumlah nutrisi dan *input* namun mampu meningkatkan hasil panen. Penghematan *input* dalam skala besar akan memberi dampak besar pada lingkungan. Menerapkan jumlah bahan kimia yang tepat di tempat yang tepat dan pada waktu yang tepat akan menguntungkan tanaman, tanah, air tanah, dan seluruh siklus tanaman. Dengan demikian, pertanian presisi mengurangi tekanan pada lingkungan dengan meningkatkan efisiensi sumber daya. Sebagai contoh, penggunaan perangkat manajemen jarak jauh seperti GPS akan mengurangi konsumsi bahan bakar untuk memonitor lahan. Sementara, aplikasi nutrisi dan pestisida secara hemat akan mengurangi penggunaan *input*, menghemat biaya, dan mengurangi limpasan bahan berbahaya ke saluran air.

Karakter Generasi Milenial

Generasi milenial (juga dikenal sebagai Generasi Y atau dipendekkan menjadi "Gen Y") adalah kelompok demografi setelah Generasi X. Tidak ada batas waktu yang pasti untuk awal dan akhir dari kelompok ini, namun para ahli dan peneliti biasanya menggunakan awal 1980-an sebagai kelahiran kelompok ini dan pertengahan tahun 1990-an hingga awal 2000-an sebagai akhir kelahirannya. Generasi milenial pada umumnya adalah anak-anak dari generasi *Baby Boomers* dan Gen-X yang tua. Generasi milenial ini kadang-kadang disebut juga sebagai "*Echo Boomers*" karena adanya '*booming*' (peningkatan besar) tingkat kelahiran pada tahun 1980-an dan 1990-an. Karakteristik milenial berbeda-beda berdasarkan wilayah dan kondisi sosial-ekonomi. Namun, generasi ini umumnya ditandai oleh peningkatan penggunaan komunikasi, media, dan teknologi digital. Pada sebagian besar belahan dunia, pengaruh lingkungan pada mereka ditandai dengan peningkatan liberalisasi politik dan ekonomi.

Generasi milenial lahir dan berkembang bersamaan dengan dicapainya berbagai lompatan teknologi baru, sehingga diyakini mereka pun akan menjadi generasi yang sangat mahir dalam teknologi tersebut. Kemahiran tersebut lebih pada penggunaannya atau kreativitas aplikasinya, karena sesungguhnya dasar-dasar teknologi tersebut diciptakan generasi sebelum Gen Y. Dengan kemampuan

di dunia teknologi dan sarana yang ada, generasi milenial memiliki banyak peluang untuk bisa berada jauh di depan dibanding generasi sebelumnya. Generasi milenial memiliki beberapa ciri yang khas, misalnya cenderung lebih fokus kepada pola hidup bebas, menginginkan hal yang *instant*, dan kurang menghargai proses. Pola pikir dan karakter mereka sering *out of the box*, penuh kreativitas, inovatif, dan cepat beradaptasi dengan teknologi baru (Maiers 2017).

Saat ini di Indonesia perubahan gaya hidup terlihat pada generasi milenial (*millennial generation*) sebagai generasi modern yang hidup di pergantian milenium atau abad ke-21. Secara bersamaan di era ini teknologi digital mulai merasuk ke segala sendi kehidupan (Hidayatullah et al. 2018). Generasi milenial sebenarnya mulai tergantikan dengan kemajuan pada Generasi Z yang lahir setelahnya. Generasi Z (Gen Z) lahir antara tahun 1995 sampai 2012, dengan ciri hidup di tengah peralatan canggih dan lebih ahli dalam teknologi.

Definisi yang diberikan oleh para peneliti terhadap kaum milenial cukup beragam, namun batas waktu lahir selalu menjadi penentu. Sesuai definisi Kemen PPPA dan BPS (2018), generasi milenial adalah penduduk yang lahir pada rentang waktu 1980–2000. Sementara menurut Berkup (2014) batas periodenya tahun 1980–2001, namun Andrea et al. (2016) membuat rentang yang lebih sempit yakni tahun 1980–1995. Meskipun waktu lahir menjadi variabel utama, kesamaan situasi sosial merupakan variabel yang mendasari pembagian waktu tersebut. Situasi sosial pada saat generasi milenial lahir adalah terjadinya perkembangan teknologi terutama teknologi informasi yang sangat kuat.

Generasi milenial tumbuh bersamaan dengan perkembangan teknologi informasi. Pada saat generasi milenial berada pada usia remaja, teknologi informasi berkembang sangat pesat. Dengan latar situasi teknologi seperti itu, generasi milenial memiliki ciri kreatif, inovatif, memiliki ketertarikan (*passion*), dan produktif (Kemen PPPA dan BPS 2018). Generasi ini melibatkan teknologi dalam segala aspek kehidupan (Papp dan Matulich 2011). Generasi ini diyakini sangat dinamis dan ingin serba cepat dalam segala urusan. Namun, generasi ini juga terbuka terhadap pemikiran baru (*open minded*), kritis, dan berani (Kemen PPPA dan BPS 2018). Dengan karakter ini, generasi milenial akan dapat menciptakan peluang baru seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin mutakhir.

Karakteristik generasi milenial yang tumbuh bersamaan dengan pesatnya kemajuan teknologi informasi, ternyata berbeda dengan karakteristik generasi sebelumnya. Gallup (2016) menyimpulkan karakteristik generasi milenial khususnya pada aspek pekerjaan adalah (1) bekerja bukan hanya sekedar untuk menerima gaji, tetapi juga untuk mengejar tujuan dan cita-cita, (2) tidak terlalu mengejar kepuasan kerja, namun lebih kepada berkembangnya diri di dalam pekerjaan tersebut (mempelajari hal baru, skill baru, sudut pandang baru, mengenal lebih banyak orang, mengambil kesempatan untuk berkembang, dan sebagainya), (3) tidak suka atasan yang suka memerintah dan mengontrol, (4) tidak menginginkan *review* tahunan, namun menginginkan *ongoing conversation*, (5) tidak berpikir untuk memperbaiki kekurangannya, namun lebih untuk mengembangkan kelebihannya, dan (6) pekerjaan bukan hanya sekedar bekerja namun adalah bagian dari hidup mereka.

KONDISI TENAGA KERJA PERTANIAN INDONESIA: Posisi Penting Generasi Milenial

Indonesia sedang dihadapkan pada masalah ketenagakerjaan yang cukup kompleks. Permasalahan tersebut, sebagian merupakan imbas dari krisis ekonomi yang terjadi beberapa waktu lalu yang berakibat pada tingginya angka pengangguran (Setiawan 2006). Masalah dimaksud mencakup kualitas tenaga kerja yang rendah, upah, jaminan sosial, dan lain-lain. Sekalipun permasalahan cukup rumit, namun sektor pertanian masih memiliki peran yang penting dalam menyerap tenaga kerja. Kontribusi sektor pertanian masih sangat tinggi walaupun ada kecenderungan semakin meningkatnya penambahan tenaga kerja pada sektor industri, jasa, dan perdagangan.

Potensi untuk mengisi kebutuhan tenaga kerja pertanian adalah kaum milenial. Keberadaan generasi milenial telah mendapatkan perhatian khusus di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Perkiraan usia Gen Y ini sekarang antara 20 sampai 40 tahun, artinya tergolong sebagai usia produktif. Generasi milenial berjumlah cukup besar pada struktur kependudukan maupun pada kelompok usia kerja. Kemen PPPA dan BPS (2018) memperkirakan proporsi generasi milenial tahun 2017 mencapai 34%, pascamilenial sebesar 29%, Generasi X sebesar 26%, dan *baby boom* dan veteran sebesar 11%. Pada penduduk usia

produktif (usia 15–65 tahun), proporsi generasi milenial diperkirakan mencapai 50%. Artinya bonus demografi yang dialami Indonesia sejak tahun 2015 didominasi oleh generasi milenial. Ini adalah sebuah kesempatan yang langka, dimana selain mendapat bonus demografi, penduduk usia produktif tersebut adalah Gen Y yang memiliki karakter unggul dibandingkan generasi-generasi sebelumnya.

Secara nasional, proporsi generasi milenial yang tinggal di daerah perkotaan lebih tinggi (55%) dibandingkan dengan di daerah perdesaan (45%) (Kemen PPPA dan BPS 2018). Banyaknya generasi milenial yang tinggal di daerah perkotaan bukan karena lahir di daerah perkotaan, tetapi sebagian melakukan migrasi dari daerah perdesaan (Rani dan Roy 2017). Urbanisasi terjadi karena faktor penarik (*pull factors*) perkotaan seperti harapan untuk mendapat pekerjaan dan kehidupan yang lebih baik, diperkuat faktor pendorong (*push factors*) perdesaan yaitu keterbatasan akses terhadap aset produktif seperti lahan pertanian (White 2012).

Secara umum, generasi milenial di perkotaan berbeda dengan di perdesaan. Terdapat tiga ciri utama generasi milenial perkotaan (Kemen PPPA dan BPS 2018), yaitu *confidence*, *creative*, dan *connected*. Generasi ini sangat percaya diri, berani mengemukakan pendapat, dan tidak sungkan-sungkan berdebat di depan publik. Selain itu, mereka juga kreatif, biasa berpikir *out of the box*, kaya akan ide dan gagasan, serta mampu mengkomunikasikan ide dan gagasan itu dengan cemerlang. Sementara, *connected* ditandai oleh karakter mereka yang pandai bersosialisasi dan aktif di media sosial dan internet. Sementara yang tinggal di lingkungan desa, akses dan pergaulan dengan media sosial tidak terlalu intensif (Kemen PPPA dan BPS 2018). Generasi milenial di perdesaan lebih disibukkan dengan aktivitas ekonomi riil dan konvensional yakni membantu keluarga mendapatkan penghasilan, utamanya di bidang pertanian.

Dari data BPS, jumlah dan proporsi generasi milenial antarprovinsi juga berbeda-beda. Generasi milenial berada di provinsi-provinsi di Pulau Jawa, sebesar 49 juta jiwa atau sekitar 56% dari total generasi milenial nasional. Jumlah tertinggi di Jawa Barat yakni 16,5 juta. Sementara, dari sisi proporsi, tertinggi di Papua Barat, yaitu sebesar 38% dari total penduduk di daerah tersebut (Yofa et al. 2020).

Jika dikaitkan dengan pertanian presisi, aplikasi pertanian presisi membutuhkan kemampuan mencipta, merekayasa dan

mengoperasikan sistem teknologi baru, yang sangat diharapkan dapat dipenuhi dari generasi Gen Y. Namun faktanya, angkatan kerja usia milenial justru merupakan jumlah pengangguran tertinggi di Indonesia. Meskipun pertanian merupakan sektor yang terbuka, namun generasi milenial kurang tertarik bekerja di bidang pertanian. Kondisi ini tidak sesuai dengan harapan. Sesuai dengan data trend tenaga kerja dari BPS (2018), terjadi penurunan tenaga kerja di sektor pertanian sebesar 0,89%. Peningkatan terjadi pada bidang penyediaan akomodasi dan makan minum (0,47%), industri pengolahan (0,21%), dan transportasi (0,17%). Sektor pertanian memiliki laju penyerapan tenaga kerja terendah dibanding sektor lain dengan rata-rata sebesar -2,02%. Hal ini menunjukkan bahwa daya serap tenaga kerja di sektor pertanian sangat lemah.

Data ini perlu disikapi dengan kritis, dan cenderung bias ke bawah. Petani bukanlah pekerja formal seperti pekerja tambang atau pekerja jasa yang tercatat sebagai tenaga kerja resmi. Generasi milenial yang menganggur umumnya tidak mau bekerja di sektor pertanian dengan alasan bahwa lapangan pekerjaan yang sesuai dengan karakter milenial di bidang pertanian belum berkembang dan tersosialisasi dengan baik. Di samping itu, ketersediaan teknologi alat dan mesin pertanian serta teknologi informasi pendukung belum tersedia secara luas.

Rendahnya serapan pekerja di usia milenial didukung pendapat dari Jones (2018), dimana di seluruh penjuru dunia generasi milenial menghadapi dampak krisis ekonomi berupa pekerjaan paruh waktu, upah rendah, harga properti yang semakin mahal dan tekanan untuk menopang populasi yang makin tua. Dilaporkan pula bahwa dalam perbandingan yang sama, saat mencapai usia 30 atau 34 tahun, penghasilan anak-anak milenial akan lebih rendah 30% dibandingkan Generasi X atau mereka yang lahir antara tahun 1966 dan 1980.

KARAKTER PERTANIAN PRESISI DAN PELUANG PENERAPANNYA DI INDONESIA

Karakteristik Pertanian Presisi

Seminar (2016b), mengemukakan dalam pendekatan pertanian presisi, harus memandang aktivitas pertanian secara holistik dari hulu ke hilir sebagai rantai proses yang terpadu dan berkesinambungan. Proses ini untuk memastikan aliran konversi produk pertanian (tanaman, ternak, ikan, dan

turunannya) dengan aman, efisien, dan efektif dari lahan hingga ke meja makan, memperhatikan keragaman (heterogenitas) dan dinamika lokasi, waktu, iklim, geografi, kultur, pasar, dan konsumen. Di samping itu, juga mendayagunakan teknologi yang memungkinkan pengamatan dan perlakuan presisi serta berbasis kepada data, informasi, dan pengetahuan yang sah. Penerapan konsep pertanian presisi secara prinsip perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan (*sustainability*). Dari sisi teknis, *hardware* dan *software*, serta data dan informasi pendukung (*infoware*), pertanian presisi dapat diadaptasikan untuk diterapkan pada pertanian tropis. Sedangkan dari sisi budaya, ada aspek manusia (*humanware*) dan organisasinya (*organoware*) yang masih perlu untuk dikaji lebih lanjut (Nugroho 2018).

Model hubungan antarsubkomponen dan tahapan strategi dalam adaptasi pertanian presisi (Nugroho 2018) mencakup banyak aspek yakni *organoware*, *software*, *hardware*, *humanware*, dan *infoware*. Penerapan pertanian presisi dalam budi daya tanaman dapat berpotensi menghasilkan produksi yang lebih besar dengan tingkat *input* (pupuk, kapur, herbisida, insektisida, fungisida, bibit) yang sama; atau dapat menghasilkan produksi yang sama dengan penggunaan *input* yang lebih rendah. Oleh karena itu, pertanian presisi merupakan perubahan dalam pengelolaan sumber daya alam berbasis teknologi informasi. SDM yang terlibat perlu mengenal secara baik komponen peralatan pendukung tambahan dari setiap alat modern yang diciptakan dan digunakan pada setiap proses *humanware*. Peralatan pendukung ini lebih kepada penambahan *software* dan *hardware* pada mesin pertanian seperti alat pengindera jarak jauh, proses penentuan lokasi lewat sinyal dan lainnya yang digerakkan lewat komputer ataupun android dengan bantuan satelit.

Berbagai komponen dalam pertanian presisi, yaitu (Wibowo 2019): *Satu*, *auto-steer*, yaitu sistem panduan GPS yang mengarahkan peralatan pertanian dan alat akurasi sampai tingkat sentimeter. Tingkat akurasi ini membutuhkan koreksi kinematik (RTK) *real time* dari sinyal GPS. *Auto-steer* adalah komponen peralatan tambahan yang mencakup sistem GPS untuk menerima dan memproses sinyal. Alat ini terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras yang memungkinkan *input* peta kontrol dan peralatan mekanik untuk mengendalikan traktor. Perkembangan teknologi terbaru untuk traktor sudah sampai pada level "*auto-steer ready*";

Dua, remote sensing, yakni penginderaan jarak jauh yang menggunakan dan menganalisis data penginderaan jarak jauh atau foto citra satelit dari pesawat. Sejauh ini data penginderaan jauh sudah dapat memperkirakan karakteristik vegetasi di area kecil dalam suatu bidang. Data citra satelit resolusi tinggi (1–5 meter) saat ini juga sudah tersedia bagi produsen dari vendor swasta.

Tiga, variable rate application, yakni peralatan yang dikendalikan komputer yang mampu melakukan penyesuaian secara berkesinambungan untuk penentuan aplikasi pemupukan, penyiraman, dan pengobatan tanaman pada daerah atau area tertentu. GPS receiver yang dipasang di truk *spreader* atau *drone* memungkinkan untuk mengenali area yang diambil sebagai sampling, serta melakukan pemupukan dan pengobatan tanaman sesuai kadar yang sudah ditetapkan sebelumnya

Empat, yield monitoring systems, alat untuk melakukan *monitoring* atau pengukuran dengan menggunakan kombinasi *mounted sensors* dan *volume meters*. GPS receiver mengidentifikasi dan memberikan informasi koordinat spasial, dimana perkiraan hasil dapat ditetapkan untuk area kecil lapangan untuk membuat peta hasil.

Lima, grid sampling, untuk melakukan pengumpulan sampel dari sel berukuran kecil yang seragam berdasarkan *grid* sistematis yang ditata di suatu bidang. Lokasi *grid* di lapangan digunakan untuk mengembangkan peta lapangan untuk atribut yang diukur.

Penerapan sistem pertanian presisi lebih menekankan pada manajemen produksi modern dari hulu ke hilir dengan inovasi teknologi modern yang dapat meningkatkan produktivitas secara maksimal. Di antara banyak teknologi pertanian berbasis informasi teknologi di atas, digunakan pula pendekatan fitogeomorfologi, yang mengikat stabilitas/ karakteristik pertumbuhan tanaman tahunan (*multiyear*) dengan atribut tipologi medan. Pendekatan fitogeomorfologi digunakan dengan dasar bahwa komponen geomorfologi biasanya menentukan hidrologi dari lahan pertanian.

Peluang Penerapan Pertanian Presisi di Indonesia

Indonesia sangat membutuhkan penerapan pertanian presisi, karena selain menghemat sumber daya juga ramah lingkungan. Praktik pertanian presisi dimungkinkan oleh karena munculnya *Global Position System* (GPS) dan *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Alat

ini dapat menemukan posisi yang tepat di lapangan, sehingga memungkinkan untuk membuat peta variabilitas spasial dari banyak variabel yang dapat diukur seperti hasil panen, fitur medan/topografi, kandungan bahan organik, tingkat kelembaban, kadar nitrogen, pH, EC, Mg, K, dan lainnya.

Pertanian presisi juga dimungkinkan oleh kendaraan udara tak berawak seperti *DJI Phantom* yang relatif murah dan dapat dioperasikan oleh pilot pemula. *Drone* pertanian ini dapat dilengkapi dengan kamera hiperspektral atau RGB guna menangkap banyak gambar bidang yang dapat diproses menggunakan metode fotogrametri untuk membuat peta ortofoto dan NDVI. *Drone* mampu menangkap beberapa titik metrik tanah yang nantinya dapat digunakan untuk menyalurkan air yang layak dan pemupukan ke tanaman.

Teknologi *drone* dengan sensor infra-merah-dekat, dapat mendeteksi *stress* pada tanaman sebelum gejala penyakit terlihat. Dengan alat ini, petani dapat menandai area tanaman bermasalah untuk inspeksi lebih lanjut, sehingga pengelolaan OPT dapat dilakukan lebih cepat dan tepat. Rintisan dan sosialisasi pemanfaatan *drone* dalam usaha tani telah dilakukan oleh berbagai pihak. Teknologi *drone* menawarkan solusi pertanian presisi (*precise agriculture solution*) melalui pengelolaan kesehatan tanaman (Retno 2018).

Saat ini, komponen teknologi presisi telah tersedia cukup dari hulu sampai ke hilir untuk proses produksi pertanian. Gambarannya adalah sebagai berikut. Untuk pemilihan lokasi, dengan menggunakan GPS data agroklimat dan data spasial seperti luas, topografi lahan dan kontur lahan, serta jenis tanah dapat diakuisisi dari satelit (Stafford 2000). Penerapan teknologi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis pengetahuan dapat digunakan untuk membantu pemilihan metode terbaik dalam pembukaan dan pengolahan lahan yang lebih presisi seperti dikembangkan oleh Nishiguchi dan Yamagata (2009); Solahudin et al. (2010).

Untuk membantu pemilihan bibit yang lebih tepat, teknologi *microarray* dan *DNA sequencer* mampu melakukan rekayasa varietas unggul sehingga memberikan prospek yang sangat besar. Teknologi ini dapat menggabungkan gen untuk ketahanan hama dan penyakit yang dilakukan lebih cepat dan akurat (Sumarno 2010; Clarke 2013; Amanda et al. 2015).

Untuk pengolahan tanah yang lebih tepat, penggunaan GPS dan GIS sangat bermanfaat untuk penentuan alat dan waktu pelaksanaan

pengolahan tanah yang akan digunakan secara tepat dan akurat. Penyediaan pengairan dapat dibantu GIS dan aplikasi *Software Water CAD* mampu memberikan data sebaran kekeringan dan perencanaan jaringan. Pendekatan presisi berupa pemberian air yang tepat waktu dan tepat volume pada lahan tanaman dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi spesifik lahan, kelembaban tanah, jenis tanah, dan periode tanam (Heriyanto et al. 2016)

Pada kegiatan penanaman, *drone* dapat membantu sebagai penebar benih yang hanya butuh 1 jam per ha dengan kapasitas 50–60 kg/ha, dibandingkan dengan pengerjaan manual yang membutuhkan 4 jam/ha/orang. Jarak tanam menentukan efisiensi pemanfaatan ruang tumbuh, kesuburan tanah, kelembaban tanah, dan tujuan pengusahaan (Mahdi 2011). Jarak tanam yang optimal dipengaruhi berbagai faktor seperti sifat klon yang ditanam, bentuk wilayah (topografi), dan kerapatan tanaman yang dikehendaki sehingga menjadi faktor-faktor yang memengaruhi tumbuhan (Setyamidjaja 2000)

Untuk aplikasi pemupukan secara tepat, metode *Site Specific Nutrient Management* (SSNM), Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK), Perangkat Uji Pupuk (PUP), dan Perangkat Uji Tanah Rawa merupakan wujud pelaksanaan program Pemupukan Hara Spesifik Lokasi (PHSL). Teknologi *web* dan *mobile* (berbasis SMS dan Android) dengan metode *omission plot* dapat digunakan dalam menentukan kebutuhan pupuk N,P,K tanaman padi tanpa laboratorium dan petani terlibat langsung dalam evaluasi (Fagi dan Kartaatmaja 2004).

PUTS, PUTK, PUP dari Kementerian Pertanian sudah mengeluarkan perangkat yang sederhana, murah, dan cepat untuk melakukan analisis tanah. Program PHSL merupakan inovasi teknologi yang dikembangkan oleh *International Rice Research Institute* (IRRI) bekerja sama dengan Puslitbang Tanaman Pangan, BB Padi, dan Badan Litbang Pertanian. Aplikasi ini ditujukan pada PPL dan petani sebagai pedoman atau rekomendasi pemupukan yang tepat, efektif dan efisien (Faroka et al. 2013). Rekomendasi pemupukan yang tepat jenis, dosis, dan waktu untuk padi sawah berbasis pertanian presisi telah dikembangkan oleh IRRI bekerja sama dengan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian (Dobermann dan Fairhurst 2000). Sistem ini dikembangkan menggunakan teknologi *website* dan *mobile phone* yang dapat diakses oleh petani di berbagai wilayah untuk mendapatkan rekomendasi pupuk yang sesuai berdasarkan varietas padi yang ditanam, karakteristik

spesifik, luas lahan, karakteristik iklim dari lokasi sawah yang digarap petani. Pendekatan pertanian presisi juga dapat digunakan untuk menghitung dosis yang tepat pada penyemprotan gulma untuk tanaman (Solahudin et al. 2010).

Dosis herbisida dapat ditentukan sesuai dengan populasi gulma yang dihitung secara *real time* menggunakan sensor kamera yang ditempatkan pada traktor tangan yang dioperasikan di lahan. Penyemprotan dengan dosis yang tepat akan menghemat volume herbisida yang digunakan dan mengurangi dampak polusi lingkungan yang tidak diharapkan. Pendugaan terhadap kemungkinan serangan hama yang akan terjadi dapat dilakukan dengan menggunakan data iklim dan jenis tanaman yang ada di suatu lahan yang diakuisisi dari satelit dan GPS, sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan serangan hama tertentu. Pencegahan serangan hama yang terprediksi dilakukan dengan menentukan penjadwalan semprot yang tepat serta pemilihan ukuran katup (*nozzle*) semprot sesuai dengan kondisi geospasial lahan. Sistem deteksi cerdas berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) memungkinkan deteksi dini penyakit ini sebelum bergejala sehingga membuka peluang penanggulangan penyakit sebelum mencapai kondisi kerusakan fatal (Firmansyah 2015).

Sekelompok pemuda di Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah, berhasil membuat *drone* yang berfungsi menyemprot tanaman. *Drone* ini memiliki kapasitas tangki air 14 liter dilengkapi dengan sonar yang bisa mengukur ketinggian dari tanah dan pohon, kemudian terbang menggunakan teknologi GPS dan dilengkapi dengan "*auto pilot*" (Murdaningsih 2018). Teknologi *drone* menawarkan solusi pertanian presisi melalui pengelolaan kesehatan tanaman (Retno 2018).

Khusus untuk membantu proses panen, *yield monitoring systems* dapat memantau dengan menggunakan kombinasi *mounted sensors* dan *volume meters*. *GPS receiver* mengidentifikasi dan memberikan informasi koordinat spasial. Perkiraan hasil dapat ditetapkan untuk area kecil lapangan dengan membuat peta hasil. Dukungan teknologi dan sistem informasi melalui peningkatan kecepatan dan keakuratan perencanaan panen dengan melakukan simulasi dan pengambilan keputusan berbasis pengetahuan dan kaidah (Nishiguchi dan Yamagata 2009; Solahudin et al. 2010).

Untuk membantu proses sortasi, Jaringan Syaraf Probabilistik (*Probabilistic Neural Network / PNN*) dapat melakukan penyortiran

produk pertanian untuk meningkatkan keseragaman, akurasi, dan waktu pemrosesan (Seminar et al. 2006b). Sistem sortasi produk pertanian dengan metode presisi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sistem komputasi cerdas untuk menetapkan mutu produk dengan objektif, seragam, dan cepat (Muqodas 2015).

Terakhir, untuk membantu pemasaran dan distribusi, sistem komputer cerdas mampu mengoptimalkan pemilihan jalur transportasi berbasis data spasial dan nonspasial untuk pemilihan jalur distribusi mencakup peta pasar dan jalan, jarak, kondisi trafik dan kecepatan kemudi (*drive time*), serta kecepatan rata-rata perjalanan. Alat ini dilengkapi sistem pakar untuk memilih kemasan yang tepat sesuai dengan karakteristik produk yang dikembangkan berbasis *platform* web. Karakteristik produk yang digunakan sebagai pertimbangan adalah jenis produk yakni aktivitas air, suhu dan kelembaban, zat aditif yang digunakan, serta lama simpan yang diperbolehkan (Ahsyar et al. 2015). Penjualan *online* dengan metode komputasi cerdas dapat digunakan untuk menentukan segmen pasar sehingga membantu tindakan pemasaran produk pertanian yang lebih presisi (Tikmani et al. 2015). Penggunaan *handphone* Android dengan aplikasi *Facebook*, *Instagram*, *WhatsApp*, dan lainnya telah menjadi jalur pemasaran yang murah, cepat, tepat, dan menguntungkan. Pasar-pasar *online* individual maupun perusahaan telah banyak menggunakan aplikasi ini.

RANCANGAN KELEMBAGAAN UNTUK MENJALANKAN PERTANIAN PRESISI

Pertanian presisi merupakan satu bentuk dari "Pertanian 4.0" (Kementan 2020). Pengembangan Pertanian 4.0 di kawasan pertanian diimplementasikan dengan memperhatikan aspek-aspek yang berpengaruh terhadap intensifikasi pertanian di lokasi tersebut. Secara garis besar dapat digolongkan ke dalam aspek (1) pemenuhan suplai sarana produksi, (2) kepastian aplikasi budi daya secara benar, (3) ketersediaan alsintan, (4) ketersediaan pembiayaan usaha tani, (5) terbukanya akses kepada konsumen, dan (6) ketersediaan bimbingan teknis dan manajemen bagi petani.

Pengembangan Teknologi Pertanian 4.0, dapat diintegrasikan dengan menggunakan program, platform, atau perangkat lunak yang dibangun sesuai kebutuhan kawasan tersebut.

Program akan menghubungkan masing-masing aspek agar dapat dikelola dalam kawasan sehingga pola produksi di dalam kawasan dapat berjalan dengan efektif. Program tersebut terdiri atas enam bentuk yaitu: *e-procurement* untuk pemenuhan sarana produksi; *e-farming* untuk kepastian aplikasi budi daya secara tepat; *e-alsintan* untuk memenuhi kebutuhan alsintan; *e-financing* untuk ketersediaan pembiayaan usaha tani dan kebutuhan keuangan lainnya; *e-marketing* untuk membuka akses kepada konsumen; dan *e-extension* untuk menjamin ketersediaan bimbingan teknis dan manajemen.

Pendekatan manajemen untuk mengaplikasikan pertanian presisi adalah berkenaan dengan manajemen sosial, ekonomi, teknologi, nilai tambah, serta lingkungan (Kementan 2020). Manajemen sosial yaitu manajemen yang dapat menumbuhkan tindakan kolektif dari petani-petani kecil. Hal ini karena semua data dan informasi bisnis yang berhubungan dengan kepentingan petani, terbuka dan dapat diakses secara langsung. Kondisi ini akan meningkatkan kepercayaan petani kepada korporasi petani sehingga dapat memotivasi petani untuk memberikan kontribusi semakin besar. Manajemen ekonomi, yaitu manajemen yang menguatkan akses terhadap modal finansial dan pasar. Proses usaha yang efisien dan akuntabel akan meningkatkan kepercayaan para kreditor (*bank/ventura/fintech*). Dengan akurasi manajemen produksi yang tinggi, maka produk yang dihasilkan juga akan mempunyai kualitas, kapasitas dan kontinuitas yang tinggi sehingga akan lebih menguntungkan bagi pihak pembeli atau distributor.

Manajemen teknologi yaitu manajemen yang menguatkan akses terhadap teknologi unggul dan *input* produksi. Hal ini karena korporasi petani melakukan pengelolaan dan pembiayaan secara kolektif, sehingga petani kecil pun mampu mendapatkan akses teknologi pertanian digital modern, walaupun disesuaikan dengan skala usahanya masing-masing. Manajemen Nilai Tambah, yaitu manajemen Korporasi Petani secara kolektif mampu mengelola proses produksi dari petani secara kolektif, sehingga skala produksinya menjadi cukup besar dan layak untuk dikembangkan menjadi produk-produk olahan yang mempunyai nilai tinggi. Manajemen lingkungan, yaitu manajemen korporasi petani yang meningkatkan efektivitas penggunaan *input* sarana produksi sehingga mengurangi penggunaan bahan kimia, terutama pupuk dan pestisida sehingga tidak terjadi overdosis secara kawasan. Manajemen yang baik juga akan meningkatkan produktivitas

sehingga tidak terjadi pembukaan lahan yang berlebihan. Dibutuhkan rancangan yang terintegrasi untuk seluruh komponennya. Proses budi daya dalam satu kawasan pertanian membutuhkan pengelolaan yang efektif pada semua faktor produksi agar dapat mencapai target kualitas dan produktivitas yang telah ditetapkan.

Untuk rancangan kelembagaan, implementasi teknologi pertanian presisi akan membutuhkan tiga pilar kelembagaan yaitu (1) pengetahuan dan kemampuan tentang aspek teknologi, (2) kemampuan finansial-ekonomi pendukung, dan (3) kemampuan manajerial SDM pengelola. Ketiga aspek akan mengerucut pada tiga pelaku yakni pemerintah, swasta, dan masyarakat. Pada tingkat nasional, dibutuhkan satu visi sebagai iklim pendukung, serta pengembangan *action plan* nasional. Kementerian Perindustrian telah me-*launching* "Making Indonesia 4.0" untuk mengimplementasikan strategi dan Peta Jalan 4IR (*Fourth Industrial Revolution*) di Indonesia.

Pada level Kementerian Pertanian, dukungan terhadap Teknologi 4.0 terbaca pada Renstra Kementan 2020–2024. Revolusi Industri 4.0 dibahas berkenaan dengan "pertanian modern" dan sifat disruptifnya. Pertanian modern diartikan bahwa pembangunan pertanian berbasis inovasi yang sejalan dengan Revolusi Industri 4.0 sehingga pertanian modern yang dikembangkan memiliki karakteristik: memproduksi sesuai kebutuhan, bernilai ekonomi tinggi, produktivitas tinggi serta bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selanjutnya Kementan menyadari bahwa perubahan dunia yang begitu cepat dengan berkembangnya inovasi dan teknologi mendorong revolusi baru yang disebut "Revolusi Industri 4.0". Revolusi ini ditandai dengan penggunaan mesin-mesin otomatis yang terintegrasi dengan jaringan internet. Semua itu mengubah cara manusia berinteraksi hingga pada level yang paling mendasar, sekaligus dapat meningkatkan efisiensi dan daya saing industri termasuk industri pertanian. Era digitalisasi pada Revolusi Industri 4.0, para pemangku kepentingan di sektor pertanian harus mampu mempersiapkan diri dan beradaptasi dengan perubahan tersebut".

PENUTUP

Pertanian presisi merupakan sistem pertanian terpadu berbasis informasi dan produksi, untuk meningkatkan efisiensi,

produktivitas dan profitabilitas produksi pertanian dari hulu ke hilir yang berkelanjutan, spesifik-lokasi serta meminimalkan dampak lingkungan. Pelaksanaan pertanian presisi dibutuhkan sumber daya manusia yang menguasai teknologi seperti peralatan elektronik dan jaringan informasi *online*. Hal ini sebagian besar didapatkan pada generasi milenial.

Generasi milenial memiliki karakter, mencakup cara berpikir dan bertindak yang sesuai dengan tuntutan pengoperasian teknologi presisi. Prinsip pertanian yang minim sumber daya dan ramah lingkungan merupakan ideologi yang relatif sejalan dengan generasi ini.

Peningkatan alsintan modern dalam sektor pertanian menjadi tantangan sekaligus peluang karena pemanfaatannya menjadi tumpuan hidup manusia sebagai sumber pangan saat ini dan ke depan. Ada banyak keuntungan ekonomi, sosial dan lingkungan jika dapat menerapkan sistem pertanian presisi dengan baik. Tantangan yang besar bagi pemerintah adalah agar sektor ini dilirik oleh generasi milenial. Untuk itu, pemerintah perlu memberikan pelatihan serta menyediakan alat dan mesin pendukung pertanian presisi dalam jumlah massal dan penyebarannya sesuai kebutuhan. Koordinasi antarberbagai stakeholder harus diefektifkan, pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta, dan petani harus mengambil peran sesuai bidangnya secara kolaboratif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Yusuf, MP untuk motivasi dalam membuat makalah ini. Demikian pula disampaikan penghargaan yang tinggi kepada rekan-rekan sejawat peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara dan Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian atas bantuan data dan referensi serta diskusi yang positif dalam proses penulisan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda ECR, Seminar KB, Syukur M, Noguchi R. 2015. Development of expert system for selecting tomato (*Solanum lycopersicum L.*) varieties. The proceedings of the 3rd International Conference on Adaptive and Intelligent Agroindustry (ICAIA) 2015.
- Andrea B, Gabriella HC, Timea J. 2016. Y and Z generations at workplaces. *J Compet.* 8(3):90–106.

- Aristyo RW, Susandi A. 2018. Konsep forecast-based-financing untuk pertanian presisi di Indonesia [Internet]. [diunduh 2020 Dec 1]. Tersedia dari: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek>.
- Ahsyar TK, Seminar KB, Hermadi, Suyatma NE. 2015. Decision support system for selecting of meat product packaging. *Int J of Information Tech and Business Manag.* 42(1):17–24.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Survey pertanian antar sensus. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Berkup SB. 2014. Working with Generations X and Y in Generation Z period: management of difference. *Mediterranean J of Soc Sci.* 5(19): 218–229. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n19.p218>
- Clarke WE. 2013. Genomic DNA enrichment using Sequence Capture Microarrays: a novel approach to discover Sequence Nucleotide Polymorphisms (SNP) in *Brassica napus L.* *PLoS ONE* 8(12):1–14.
- Dobermann A, Fairhurst T. 2000. Rice: nutrient disorders and nutrient management. PPI, PPIC and IRR. Oxford (US): Oxford Graphic Printers Pte Ltd.
- Fagi AM, Kartaatmaja S. 2004. Teknologi budi daya padi: perkembangan dan peluang. Dalam *Ekonomi padi dan beras Indonesia*. Hal 397–418. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Faroka FR, Seminar KB, Muljono P. 2013. Pengaruh adopsi teknologi PHSL (Pemupukan Hara Spesifik Lokasi) berbasis pertanian presisi terhadap pendapatan petani padi di Desa Jembungan, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Jurnal Komunikasi Pembangunan* 11(1). Bogor (ID): IPB University. <https://doi.org/10.46937/1120139066>.
- Faroque MAA, Asaduzamman M, Hossain D. 2013. Sustainable agricultural development under climate change in Bangladesh. *J of Sci Found.* 11(1):17–28.
- Firmansyah A. 2015. Penggunaan Vis-NIR untuk deteksi serangan Huanglongbing pada daun jeruk [Skripsi]. [Bogor (ID)]: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Gallup. 2016. How millenials want to work and live [Internet]. [diunduh 2020 Oct 1]. Tersedia dari: <https://enviableworkplace.com/wp-content/uploads/Gallup-How-Millennials-Want-To-Work.pdf>.
- Handford CE, Dean M, Henchion M, Spence M, Elliott CT, Campbell K. 2014. Implications of nanotechnology for the agri-food industry: Opportunities, benefits and risks. *Trends in Food Science and Technology.* 40:226–241.
- Heriyanto H, Seminar KB, Solahudin M, Subrata IDM, Supriyanto, Liyantono, Noguchi R, Ahamed T. 2016. Water supply pumping control system using PWM based on precision agriculture principles. *Int Agric Engineer J (IAEJ).* 25(2):1–8.
- Hidayatullah S, Waris A, Devianti RC, Sari SR, Wibowo IA, Pande MPW. 2018. Perilaku generasi milenial dalam menggunakan aplikasi Go-Food. *J Manaj dan Kewirausa.* 6(2):240–249.
- Jones J. 2018. Spanish millennials are reshaping their goals to afford life. 28th November 2018 [Internet]. [diunduh 2020 Dec 1]. Tersedia dari: <https://www.bbc.com/worklife/article/20181108-spanish-millennials-are-reshaping-their-goals-to-afford-life>.
- [Kementan] Kementerian Pertanian RI. 2020. Grand design pengembangan pertanian 4.0. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- [Kemen PPPA dan BPS] Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak dan Badan Pusat Statistik. 2018. Profil generasi milenial Indonesia. Jakarta (ID): Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak.
- Klerkx L, Hall A, Leeuwis C. 2009. Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *Int J Agric Resour, Governance and Ecology.* 8(6):409–437.
- Mahdi R. 2011. Teknik Budidaya. Serial *online* [Internet]. [diunduh 2020 Nov 17]. Tersedia dari: <http://rizalmahdi.files.wordpress.com/2011/01/bab-9.pdf>.
- Maiers M. 2017. Our future in the hands of millennials. *J Can Chiropr Assoc [Internet].* [diunduh 2020 Nov 7]; 61(3):212–217. Tersedia dari: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5799841/>.
- Mardianto S. 2014. Reformasi sistem inovasi pertanian di Indonesia dalam reformasi kebijakan menuju transformasi pembangunan pertanian. Dalam: Haryono. eds. 2014. *Transformasi Pembangunan Pertanian: Reformasi Kebijakan Menuju Transformasi Pembangunan Pertanian*. Jakarta (ID): IAARD Press.
- McBratney AB, Pringle MJ. 1999. Estimating Average and Proportional Variograms of Soil Properties and Their Potential Use in Precision Agriculture. *Precision agriculture* 1: 125–152 [Internet]. [diunduh 2020 Nov 17]. Tersedia dari: <https://doi.org/10.1023/A:1009995404447>.
- Muqodas AU. 2015. Pengembangan perangkat evaluasi mutu teh hitam menggunakan image processing [Skripsi]. [Bogor (ID)]: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Murdaningsih D. 2018. Warga Temanggung buat drone penyemprot tanaman. *Harian Republika*, 4 Februari 2018 [Internet]. [diunduh 2020 Nov 17]. Tersedia dari: <https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/18/02/03/p3ko0w368-warga-temanggung-buat-drone-penyemprot-tanaman>.

- Nishiguchi O, Yamagata N. 2009. Agricultural information management system using GIS technology: Improving agricultural efficiency through information technology. *Hitachi Review*. 58(6):265–269.
- Nugroho AP. 2018. Strategi implementasi pertanian presisi pada pertanian konvensional: smart farming teknik pertanian dan biosistem. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada Press.
- Oberman R, Dobbs R, Budiman A, Thompson F, Rossé. 2012. The archipelago economy: unleashing Indonesia's potential. Jakarta (ID): McKinsey Global Institute.
- Papp R, Matulich E. 2011. Negotiating the deal: using technology to reach the millennials. *J Behav Stud Bus*. 4(2011):1–12.
- Permani R, Sahara, Suprehatin. 2020. Agrifood e-commerce profiles in Indonesia. Policy Brief. Jakarta (ID): Australia Indonesia Institute.
- Plant RE, Pettygrove S, Reinert WR. 2000. Precision agriculture can increase profits and limit environmental impacts. *California Agric*. 54(4):66–71. DOI:10.3733/ca.v054n04p66.
- Rani A, Roy P. 2017. Youth in agriculture: role of government initiatives. *J Agric Ext Manag*. 18(2):167–175.
- Retno S. 2018. Mengenal aplikasi drone dalam pengendalian OPT. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 24(1):15–19. <https://www.litbang.pertanian.go.id/infoteknologi/3387/file/MengenalDroneOPT-WLPuslitb.pdf>.
- Rivai RS, Anugrah IS. 2011. Konsep dan implementasi pembangunan pertanian berkelanjutan di Indonesia. *Forum Penelit Agro Ekon*. 29(1):13–25.
- Rochman NT. 2011. Strategi pengembangan nanoteknologi dalam rangka peningkatan daya saing global agroindustri nasional [Thesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Seminar KB. 2016 a. Sistem pertanian presisi dan sistem pelacakan rantai produksi untuk mewujudkan agroindustri berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor; 2016 Nov 26. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Seminar KB. 2016b. Food chain transparency for food loss and waste surveillance. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture (JDSA)* 11(1):17–22.
- Setyamidjaja D. 2000. *Teh Budi Daya dan Pengolahan Pascapanen*. Yogyakarta (ID): Penerbit Konisius.
- Setiawan I. 2006. Peran sektor pertanian dalam penyerapan tenaga kerja di Indonesia. *Jurnal Geografi Gea*. 6(1). <https://doi.org/10.17509/gea.v6i1.1733.g1183>.
- Solahudin M, Seminar KB, Astika IW, Buono A. 2010. Pendeteksian kerapatan dan jenis gulma dengan metode Bayes dan analisis dimensi fraktal untuk pengendalian gulma secara selektif. *JTEP*. 24(2): 129–135.
- Stafford JV. 2000. Implementing precision agriculture in the 21st century. *J. Agric. Eng. Res*. 76(3): 267–275.
- Sumarno. 2010. Green agriculture dan green food sebagai strategi branding dalam usaha pertanian. *Forum Penelit Agro Ekon* 28(2): 81–90.
- Tani FT. 2015. Pertanian Presisi untuk swasembada pangan [Internet]. [diunduh 2020 Nov 17]. Tersedia dari: <https://www.kompasiana.com/mtf3lix5tr/559634ccd27a611212b13b4c/pertanian-presisi-untuk-swasembada-pangan>
- Tikmani J, Tiwari S, Khedkar S. 2015. An approach to customer classification using k-means. *Int J of Innov Res in Computer and Comm Engineer*. 3(11):10542–10549.
- Whelan BM, McBratney A. 1995. The “Null Hypothesis” of precision agriculture management 2: 265–279, 2000. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands. DOI:10.1023/A:1011838806489
- White B. 2012. Agriculture and the generation problem: rural youth, employment and the future of farming. *IDS Bull*. 43(6):9–19.
- Wibowo A. 2019. Konsep dasar pertanian presisi [Internet]. [diunduh 2020 Dec 1]. Tersedia dari: <https://genagraris.id/see/pangkal-dan-perkembangan-peralatan-metode-dan-teknologi-pertanian-presisi>.
- Yofa RD, Syahyuti, Adawiyah CR. 2020. Peran kaum milenial di sektor pertanian pada era Covid-19. *Buku Dampak Pandemi Covid-19: Perspektif Adaptasi dan Resiliensi Sosial Ekonomi Pertanian*. Jakarta (ID): IAARD Press.