

# PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI

SOLUSI DAN JAWABAN  
PEMBANGUNAN PERTANIAN KEDEPAN



ANDI AMRAN SULAIMAN | ALI JAMIL | ABD HARIS BAHRUN | TRIP ALIHAMSYAH  
KUNTORO BOGA ANDRI | MUHAMMAD ARSYAD | HERMANTO

# **PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI**

**SOLUSI DAN JAWABAN  
PEMBANGUNAN PERTANIAN KE DEPAN**

**Penulis:**

Andi Amran Sulaiman  
Ali Jamil  
Abd Haris Bahrin  
Trip Alihamsyah  
Kuntoro Boga Andri  
Muhammad Arsyad  
Hermanto

***Pertanian Press  
2024***

# **PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI**

SOLUSI DAN JAWABAN  
PEMBANGUNAN PERTANIAN KE DEPAN

© Andi Amran Sulaiman dkk

Penulis : Andi Amran Sulaiman  
Ali Jamil  
Abd Haris Bahrun  
Trip Alihamsyah  
Kuntoro Boga Andri  
Muhammad Arsyad  
Hermanto

Editor : MN. Habibi  
Zaki N

Desain dan  
Tata Letak : Muhammad Hendrayani Yacub

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PENGEMBANGAN pertanian presisi; solusi dan jawaban pembangunan pertanian ke depan / penulis, Andi Amran Sulaiman, dkk.; editor, M.N. Habibie, Zaki N.—

Jakarta: Pertanian Press, 2024

ix, 65 hlm. : illus. ; 21 cm.

ISBN 978-979-582-269-1

1. AGRICULTURE 2. AGRICULTURAL DEVELOPMENT  
3. PRECISION FARMING 4. INNOVATION

I. SULAIMAN, Andi Amran  
UDC 631.171

Diterbitkan oleh:

**Pertanian Press**

Berkedudukan di Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian  
Jl. Harsono RM No. 3 Ragunan, Jakarta Selatan

**Alamat Redaksi:**

Pusat Perpustakaan dan Literasi Pertanian

Jl. Ir. H. Juanda No. 20 Kota Bogor 16122

<https://epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress>

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang memperbanyak  
Sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis. Isi di luar tanggung  
Jawab penerbit dan percetakan

# SEKAPUR SIRIH

Pembangunan pertanian yang selama ini cenderung menggunakan sumber daya secara lebih bebas, dihadapkan kepada keterbatasan yang perlu disikapi dengan bijak. Pembangunan pertanian ke depan menghadapi tantangan yang makin meningkat dan kompleks, misalnya tuntutan terhadap produk pertanian yang makin beragam dan meningkat dalam hal kualitas, kuantitas dan kontinuitasnya. Penyusutan areal dan degradasi sumber daya lahan terjadi di banyak kawasan, di samping persaingan pemanfaatannya dengan sektor-sektor lain. Sarana produksi pertanian makin terbatas dan mahal, sementara kemampuan petani dan pemerintah terbatas. Selain itu, dampak perubahan iklim makin luas dan intensif perlu disikapi insan pertanian dengan tepat.

Situasi dan kondisi tersebut hanya bisa diatasi dengan mengembangkan pertanian yang efisien input produksi dan tenaga kerja tapi produktivitasnya relatif tinggi. Input produksi digunakan secara tepat dan efisien, baik jumlah, jenis, maupun waktu aplikasinya. Dalam skema ini, pembangunan pertanian dilaksanakan dengan mengedepankan pengembangan inovasi teknologi dan kelembagaan serta prasarana dan sarana pendukung yang tepat, termasuk pembiayaan secara terintegrasi dan berkelanjutan.

Sejalan dengan kemajuan IPTEK pada era Industri 4.0 berkembang Pertanian Pintar (*Smart Farming*) yang mengubah pola pengelolaan sumber daya pertanian yang sebelumnya secara konvensional menjadi lebih produktif dan efisien, melalui sistem otomatisasi kontrol serta monitoring dengan memanfaatkan teknologi *internet of things* (IoT). Sebagai salah satu komponen penting dari *smart farming*, pertanian presisi (*precision farming*) perlu didorong pengembangannya untuk membantu petani meningkatkan dan mengotomatiskan serta mengoptimalkan semua unsur produksi yang memungkinkan terjadinya peningkatan produktivitas pertanian dan membuat sistem usaha pertanian yang cerdas.

Pertanian presisi dipercaya kunci untuk mendapatkan hasil panen terbaik dan maksimal dengan penggunaan input produksi yang tepat jumlah dan waktu, serta memelihara kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Pengembangan pertanian presisi sekaligus diharapkan dapat mengatasi tantangan inkonsistensi produktivitas pertanian karena kondisi lingkungan. Secara konsepsi, pertanian presisi adalah manajemen sistem informasi penerapan teknologi yang mengintegrasikan strategi manajemen dan teknologi untuk mengefisienkan pemanfaatan sumberdaya guna mendapatkan hasil maksimal dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penerapan pertanian presisi ini tercakup dalam penerapan digitalisasi pada semua sektor pembangunan pertanian.

Buku ini ditulis sebagai salah satu referensi dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pertanian presisi dengan semua aspeknya. Pengetahuan tentang pengembangan pertanian presisi dibutuhkan oleh berbagai kalangan, dari pengambil kebijakan, akademisi, peneliti, penyuluh, pemerhati dan pelaku usaha pertanian serta berbagai kalangan masyarakat. Buku ini disusun secara sistematis untuk memudahkan pembaca dalam memahami berbagai aspek pertanian presisi. Saran dan masukan dari berbagai pihak tentu diperlukan untuk menyempurnakan Buku ini.

Jakarta, Januari 2024

Penulis



# DAFTAR ISI

<b>SEKAPUR SIRIH .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pengertian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN TEORITIS .....</b>	<b>6</b>
2.1. Konsep Pertanian Presisi .....	6
2.2. Pertanian Presisi versus Pertanian Cerdas dan Pertanian Digital.....	7
2.3. Karakteristik Pertanian Presisi .....	10
2.4. Manfaat Penerapan Pertanian Presisi.....	15
<b>BAB III. SISTEM PENGEMBANGAN .....</b>	<b>19</b>
3.1. Model Pertanian Presisi .....	19
3.2. Karakterisasi dan Penataan Lahan ( <i>Site Plan</i> ).....	21
3.3. Sistem dan Teknologi Produksi.....	26
<b>BAB IV. DUKUNGAN PENGEMBANGAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Prasarana dan Sarana .....	30
4.2. SDM Berkualitas melalui Digitalisasi dan Pendidikan Tinggi Pertanian dan Kelembagaan .....	33
4.3. Inovasi Kelembagaan Pertanian Presisi .....	35
4.4. Penanganan Kemiskinan dan Kelembagaan.....	41
<b>BAB V. PENGENDALIAN KEGIATAN.....</b>	<b>44</b>
5.1. Monitoring dan Pengendalian .....	44
5.2. Indikator Kinerja .....	45
<b>BAB VI. PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>INDEKS.....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis dan Manfaat Teknologi Pertanian Presisi di Negara Maju .....	16
---	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pertanian Presisi, Pertanian Cerdas, dan Pertanian Digital .....	8
Gambar 2.2. Status Pertanian Presisi dalam <i>Smart Farming</i> .....	9
Gambar 2.3. Dasar Pertanian Presisi (Staford, 2000).....	11
Gambar 2.4. Proses dan Komponen Pertanian Presisi .....	14
Gambar 2.5. Komponen Teknologi untuk Pengembangan Pertanian Presisi .....	15
Gambar 3.1. Model Pertanian Presisi.....	20
Gambar 3.2. Penyiapan Peta Pendukung .....	22
Gambar 3.3. Tahapan Penyusunan DED.....	23
Gambar 3.4. Hasil Penataan Lahan .....	23
Gambar 3.5. Sistem Produksi dan Teknologi .....	26
Gambar 4.1. Sarana dan Prasarana .....	30



# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu pilar utama ekonomi Indonesia, dimana selain sebagai penyedia bahan pangan, juga sebagai penyedia lapangan kerja dan sumber pendapatan petani. Sebagai pilar utama ekonomi nasional, sektor pertanian berperan dalam berbagai aktifitas ekonomi, termasuk perdagangan sarana produksi komoditas pertanian, penyediaan bahan baku bagi industri, ekspor hasil pertanian dan turunannya serta pendukung kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia memiliki komitmen tinggi dan memberi perhatian khusus terhadap pembangunan pertanian khususnya komoditas pangan, karena adanya berbagai masalah dan kendala yang makin kompleks dan meningkat.

Tantangan dan tuntutan yang dihadapi pembangunan pertanian kedepan makin meningkat dan kompleks serta beragam dan dinamis, terutama terkait dengan (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2022): (a) perkembangan dan kemajuan IPTEK yang makin pesat; (b) ancaman krisis pangan global yang berkepanjangan; (c) tuntutan terhadap produk pertanian yang meningkat dan beragam; (d) sarana produksi terutama pupuk yang makin terbatas dan mahal; (e) penyusutan areal dan degradasi serta persaingan pemanfaatan lahan dan air yang meningkat dan sulitnya pengendalian alih fungsi lahan; (f) dampak perubahan iklim yang makin luas dan intensif; (g) perkembangan sosial budaya yang makin dinamis; (h) globalisasi dan persaingan yang makin terbuka; dan (i) perkembangan situasi politik dan ekonomi global yang dinamis dan tidak menentu.

Pada era industri 4.0 ini, perkembangan dan kemajuan IPTEK makin pesat dalam industri dan usaha pertanian yang dicirikan oleh penggunaan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) serta otomatisasi. Penggunaan inovasi teknologi maju di bidang usaha pertanian dapat membantu petani meningkatkan dan mengotomatisasi serta mengoptimalkan semua hal yang memungkinkan terjadinya peningkatan produktivitas dan membuat sistem usaha pertanian cerdas (*smart farming*). Pengembangan *Smart farming* akan mengubah pola pengelolaan lahan pertanian yang sebelumnya dengan cara konvensional menjadi lebih produktif dan efisien melalui sistem monitoring dan otomatisasi kontrol dengan memanfaatkan teknologi IoT.

Krisis pangan akibat terbatas dan tingginya harga pangan dunia menjadi salah satu ancaman global, terutama dipicu oleh peningkatan jumlah penduduk, degradasi dan kelangkaan sumberdaya lahan, serta dampak dari dinamika dan perubahan iklim. Kondisi ini mengancam ketahanan pangan nasional Indonesia. Berdasarkan data *Global Food Security Index* (GFSI), indeks ketahanan pangan Indonesia tahun 2023

meskipun mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya, tetapi nilainya masih di bawah rata-rata global, serta lebih rendah dibanding rata-rata Asia Pasifik yang indeksinya 63,4. Selain itu, dengan tingkat konsumsi pangan penduduk lebih besar dari produksinya, pada tahun 2023 pemerintah Indonesia mengimpor beras sebanyak 3,5 juta ton dan akan meningkat jika tidak ada terobosan peningkatan produksi pangan (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2023).

Akibat pertumbuhan ekonomi, kondisi sosial ekonomi penduduk Indonesia meningkat, terutama pada kelas menengah yang mengakibatkan tuntutan terhadap produk pertanian makin meningkat pula, dalam hal jenis, mutu, ragam dan jumlah serta kontinuitasnya. Sementara itu, sarana produksi pertanian terutama pupuk makin terbatas dan mahal, salah satu penyebabnya adalah Perang Rusia-Ukraina mulai Februari 2022 dan Israel-Palestina sejak Oktober 2023. Perang tersebut memiliki peran besar pada rantai bahan baku dan hasil industri serta energi global, termasuk gangguan lalu lintas perdagangan barang yang berdampak kepada ketersediaan pangan dan harga bahan baku industri pupuk.

Di Indonesia, degradasi dan konversi lahan pertanian khususnya lahan sawah untuk berbagai penggunaan non-pertanian makin meningkat secara berkelanjutan. Apabila hal ini tidak bisa dikendalikan secara mendasar, maka tanpa kompensasi pembukaan lahan pertanian baru yang memadai akan berdampak negatif dan menyebabkan penurunan kapasitas produksi pangan nasional terutama beras secara berkelanjutan. Terlebih lagi jika dibarengi dengan terjadinya degradasi sumberdaya lahan dan perubahan iklim ekstrim yang makin sering dan tidak menentu serta dampaknya makin luas terhadap produksi pangan.

Perkembangan sosial budaya penduduk Indonesia yang makin maju dan dinamis, mengakibatkan preferensi kerja di bidang budidaya pertanian makin menurun terutama keengganan generasi muda untuk bekerja di bidang budidaya pertanian. Hal ini akan berpengaruh buruk terhadap produksi pertanian dan pengangguran yang bisa mengancam stabilitas nasional. Adanya globalisasi dan persaingan yang makin terbuka dan ketat serta perkembangan situasi politik dan ekonomi global yang makin dinamis dan tidak menentu akan berdampak terhadap sektor pertanian dengan semua aspeknya, terutama pada proses produksi serta perdagangan sarana produksi dan pemasaran hasil produksinya.

Salah satu solusi dan jawaban jitu dari tantangan pembangunan pertanian tersebut menurut Subagyono *et al.* (2021) adalah membangun pertanian modern berbasis *smart farming* yang salah satu implementasinya dalam bentuk pertanian presisi atau *precision farming*. Sedangkan menurut Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022), pengembangan pertanian cerdas berbasis pertanian presisi hendaknya dilakukan melalui pembangunan prasarana dan sarana pertanian modern yang dibarengi dengan pengembangan inovasi teknologi dan SDM serta penguatan

kelembagaan dan fasilitasi penyediaan pembiayaan secara terintegrasi dan berkelanjutan. Dengan mengembangkan pertanian presisi melalui pemanfaatan berbagai sensor pemantauan serta teknologi informasi dan otomatisasi maka manajemen sumber daya pertanian termasuk lahan, air dan sarana produksi dapat dilakukan secara presisi. Pada akhirnya, produktivitas dan kualitas serta efisiensi produksi dan pendapatan usahatani akan meningkat secara signifikan.

## 1.2. Pengertian

Ada banyak dan beragam pengertian serta konsep pertanian modern maupun pertanian cerdas dan pertanian presisi yang dikemukakan oleh para ahli pertanian. Subagyo *et al.* (2021) mendefinisikan pertanian modern adalah pertanian berbasis inovasi yang sejalan dengan Revolusi Industri 4.0, sehingga pertanian yang dikembangkan mempunyai beberapa karakteristik strategis, yaitu: memproduksi sesuai dengan kebutuhan, memiliki produktivitas dan bernilai ekonomi tinggi, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Lebih jauh dikemukakan bahwa pengembangan pertanian modern memerlukan sikap dan mentalitas masyarakat untuk mempunyai kemampuan dalam penciptaan dan penguasaan teknologi inovatif. Selain itu, pengembangan pertanian juga memerlukan perubahan sikap dan mentalitas pemangku kepentingan di dalam menguasai dan memanfaatkan kemajuan teknologi dan kelembagaan yang digunakan di dalam proses produksi, pengolahan hasil, dan distribusi/pemasaran di dalam suatu rangkaian alur sistem pangan dan pertanian.

Pertanian cerdas (*smart farming*) merupakan mekanisme perubahan pola pengelolaan lahan pertanian yang sebelumnya secara konvensional menjadi termonitor dan terkontrol secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga lebih produktif dan efisien. *SMART farming* juga bisa dimaknai sebagai pertanian yang bersifat *Specific, Manageable, Adaptive, Remarkable dan Traceable*. *Specific* dalam hal sistem, teknologi produksi, dan produk yang dihasilkan. *Manageable* bermakna dapat diterapkan dan dikelola oleh petani. *Adaptive*, berkenaan dengan sistem dan teknologi produksi yang adaptif di lokasi pengembangan. *Remarkable* berarti mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan mutu produk secara sangat nyata. *Traceable* menunjukkan proses kegiatannya dapat dilacak dengan mudah.

Dalam membangun *smart farming*, pertanian presisi merupakan komponen penting sebagai langkah awal yang krusial. Balafoutis, A., *et al.* (2017) mendefinisikan pertanian presisi merupakan sistem manajemen pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya melalui peningkatan hasil atau berkurangnya input dan dampak lingkungan yang merugikan dengan memanfaatkan teknologi informasi. Sedangkan menurut Gebbers dan Adamchuk (2010) bahwa pertanian presisi adalah pendekatan modern dalam sektor pertanian yang menekankan pada pemanfaatan teknologi informasi, sensor, dan pemantauan untuk meningkatkan manajemen lahan dan sumber daya pertanian secara

presisi, yang dalam seluruh proses implementasinya memerlukan dukungan inovasi kelembagaan kritis.

Pertanian presisi menurut Kaleita dan Tian (2002) *dalam* Wijayanto, Y. (2013) adalah sebuah integrasi antara system informasi dengan sistem produksi pertanian yang dirancang secara spesifik lokasi yang dalam jangka panjang untuk meningkatkan efisiensi produksi, produktivitas, dan keuntungan seraya meminimalkan dampak negatif lingkungan. Sementara menurut Nugroho (2022) bahwa pertanian presisi merupakan sistem industri pertanian yang memberikan perlakuan presisi pada semua mata rantai agribisnis, dari hulu (*on-farm*) sampai hilir (*off farm*), dengan mengoptimalkan produktivitas, kualitas, keamanan dan sustainabilitas serta meminimalisasi kehilangan dan limbah pangan maupun kerusakan lingkungan. Terlihat bahwa keunggulan pertanian presisi, selain meningkatkan produksi pertanian, efisiensi, dan keuntungan, juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal serupa dikemukakan oleh Pierce dan Nowak (1999) dalam Faisol, A. *Et al.* (2021) bahwa pertanian presisi menyiratkan penerapan input produksi pertanian yang tepat berdasarkan kondisi serta kebutuhan tanah, cuaca, dan tanaman untuk memaksimalkan produktivitas, kualitas, dan keuntungan secara berkelanjutan.

Dari beragam pengertian pertanian presisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertanian presisi adalah sistem pertanian yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya pertanian untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan mengurangi dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan. Dapat dikatakan pula bahwa pertanian presisi merupakan konsep pertanian dengan pendekatan sistem pertanian dengan masukan rendah (*low input*), efisiensi produksi tinggi, dan berkelanjutan karena erat hubungannya dengan pemberian input produksi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi lokasi serta waktu dan jumlah masukannya. Dengan demikian, pertanian presisi menjadi jawaban atas keterbatasan sumber daya tanah, air, pupuk, tenaga kerja dan faktor produksi lainnya, sehingga peningkatan hasil dan kualitas produk pertanian dapat dicapai secara optimal.



## BAB II. TINJAUAN TEORITIS

Pertanian dunia dihadapkan kepada semakin meningkatkan permintaan karena penambahan penduduk, sedangkan sumber daya terbatas bahkan sebagian terdegradasi, sehingga potensinya menurun. Luas lahan budidaya pertanian sebagian terkonversi untuk keperluan usaha nonpertanian. Kondisi ini menuntut penggunaan teknologi yang lebih efisien namun mampu memberikan produksi lebih tinggi. Artinya, kita membutuhkan pertanian yang cerdas (*smart agriculture*), yang menggunakan sumber daya secara efisien dan tepat (*Precision Agriculture / PA*).

### 2.1. Konsep Pertanian Presisi

Kelahiran pertanian presisi diawali ide pada 1994 oleh John Deere's Precision Farming group di Moline-Iowa USA (<https://spectrum.ieee.org>) melalui penggunaan traktor. Lalu pada 1995, Rockwell International Corp. Menggunakan GPS yang dipasang pada alat panen untuk membuat peta detail kebun disertai dengan data hasil panen. Dengan cara itu, lahan-lahan yang lebih subur dapat dipetakan. Berikutnya petani dapat menentukan jenis tanah dan pemupukan dan pestisida yang lebih spesifik untuk setiap lokasi.

Pengembangan pertanian presisi di Indonesia sangat memungkinkan, karena telah tersedia Teknologi 4,0 yang sudah berkembang di berbagai bidang kehidupan, termasuk di sektor pertanian. FAO dalam bukunya tahun 2022 (Ceccarelli, 2022) menjelaskan bahwa ***precision agriculture (PA)*** adalah *“a management strategy that gathers, processes and analyses temporal, spatial and individual data to support improved resource use efficiency, productivity, quality, profitability and sustainability of agricultural production”* (sebuah strategi manajemen yang mengumpulkan, memproses, dan menganalisis data temporal, spasial dan individual untuk mendukung peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas, kualitas, profitabilitas dan keberlanjutan produksi pertanian). Objek pertanian dalam hal ini mencakup peternakan, budidaya perikanan, dan bahkan wanatani/pertanian di area hutan (ISPA, 2022).

Jadi, intinya adalah “manajemen”. Pertanian presisi sesungguhnya adalah strategi manajemen untuk mengatasi variabilitas geografis serta tekanan eksternal dan temporal di bidang pertanian, yang dalam aplikasinya melibatkan data dan teknologi terbaru. Pertanian presisi merupakan keniscayaan. Dunia harus menggunakan pertanian presisi. Dengan perkiraan populasi manusia antara 9 sampai 10 miliar pada tahun 2050, dimana jumlah produksi pangan di seluruh dunia harus tumbuh setidaknya 70%; maka pertanian presisi menjadi jawaban untuk menata dan mengatur penggunaan sumber daya dan lingkungan yang sudah semakin langka. Pertanian presisi sangat penting untuk memaksimalkan output sambil menggunakan lebih sedikit

input dengan cara yang lebih efektif, mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan, dan menjamin keberlanjutan.

Pada hakekatnya, pertanian presisi dalam makna luas telah kita praktekkan sejak lama. Dalam bentuk tradisional misalnya adalah: menanam tepat waktu sesuai musim, menanam benih yang sesuai, serta menggunakan pupuk berimbang dengan dosis tepat. Pertanian presisi menjadi *booming* semenjak diperoleh kemajuan teknologi Revolusi Industri Ketiga, yang dikenal sebagai Industri 3.0. Ini membawa pertanian presisi menuju digitalisasi dengan mengintegrasikan teknologi informasi dan meningkatkan kemampuan otomatisasi dalam pertanian presisi. Jadi, saat ini kita mempraktekkan pertanian presisi dengan teknologi yang lebih terukur dan tingkat kedetailan yang lebih tinggi. Kita mempraktekkan pertanian presisi dengan peralatan digital (*digital agriculture*).

Pertanian presisi telah dijalankan dalam beberapa periode. Pada perkembangan terakhir, pertanian presisi telah didukung oleh teknologi tingkat variabel (VRT), peta elektronik, monitor hasil, dan sistem panduan pertanian. Teknologi GPS membantu memetakan lahan secara tepat dan cepat. Lalu, teknologi penginderaan jarak jauh, seperti satelit, drone, sensor berbasis darat, dan kru, memberikan kesempatan kepada petani untuk mengumpulkan data resolusi tinggi di lahan mereka, sehingga keputusan menjadi lebih tepat.

Terakhir, revolusi industri keempat yang dikenal dengan Industri 4.0 terjadi pada tahun 2011 dengan hadirnya *Internet of Things* (IoT), big data, kecerdasan buatan (AI), robotika, dan teknologi *blockchain*. Maka, pertanian presisi telah menjadi “pertanian cerdas” (*smart farming*). Ini membuat pertanian lebih efisien sekaligus mengurangi biaya tenaga kerja, dengan produksi lebih tinggi.

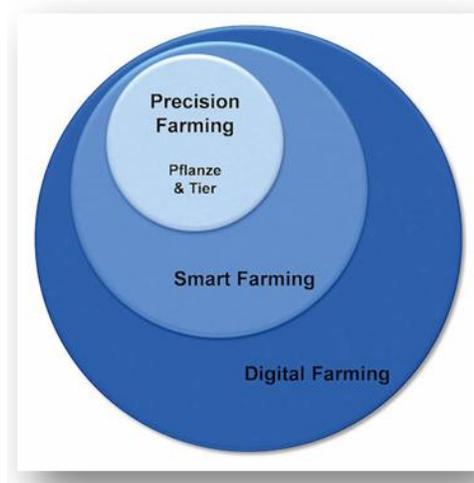
## **2.2. Pertanian Presisi versus Pertanian Cerdas dan Pertanian Digital**

Gambar 2.1. sangat jelas membedakan antara pertanian presisi, pertanian cerdas, dan pertanian digital. Pertanian presisi merupakan bagian penting dalam membangun pertanian cerdas. Keduanya ini berada dalam cakupan pertanian digital (*digital agriculture*). Selengkapnya perbedaan antara pertanian presisi, digital, dan cerdas adalah sebagai berikut:

### ***Pertanian presisi***

Secara konsep, “*precision agriculture*” dianggap sama dengan “*precision farming*”. Dalam laporan tahun 2016 tentang bagaimana big data akan merevolusi rantai pangan global, McKinsey and Company mendefinisikan pertanian presisi sebagai: “pendekatan berbasis teknologi terhadap manajemen pertanian yang mengamati, mengukur, dan menganalisis kebutuhan masing-masing lahan dan tanaman”. Menurut McKinsey, pengembangan pertanian presisi dibentuk oleh dua tren,

yakni: adanya big data dan kemampuan analisis canggih, ditambah dengan tersedianya citra udara, sensor, prakiraan cuaca lokal yang canggih.



Gambar 2.1. Pertanian Presisi, Pertanian Cerdas, dan Pertanian Digital  
Sumber: Karl (2022).

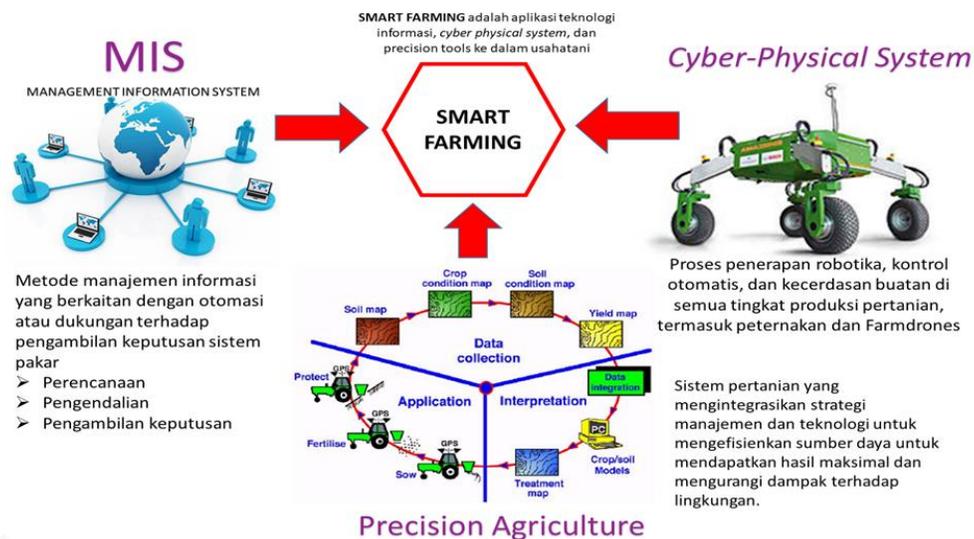
Poin kuncinya di sini adalah optimasi. Jumlah pupuk tidak sama di seluruh lahan. Pertanian presisi melakukan pengukuran variasi kesuburan tanah dan lalu menyarankan pemupukan yang sesuai. Hal ini mengarah pada optimalisasi penggunaan pupuk, penghematan biaya, dan pengurangan dampak terhadap lingkungan.

### ***Pertanian cerdas***

***“Smart Farming”*** adalah *“the application of information and data technologies for optimizing complex farming systems”*. Intinya, pertanian cerdas adalah pada penerapan teknologi informasi dan data. Berbeda dengan pertanian presisi, fokus dari peternakan cerdas bukanlah pada pengukuran yang tepat atau menentukan perbedaan di lapangan atau antar individu hewan; namun pada akses terhadap data dan penerapan data tersebut di lapangan. Jadi, intinya pada bagaimana informasi yang dikumpulkan dapat digunakan dengan cara yang cerdas.

*Smart farming* (Pertanian cerdas) nantinya akan melibatkan seluruh operasi pertanian. Petani dapat menggunakan perangkat seluler seperti ponsel pintar dan tablet untuk mengakses data real-time mengenai kondisi tanah dan tanaman, medan, iklim, cuaca, penggunaan sumber daya, tenaga kerja, pendanaan, dan lain-lain. Dengan data-data ini, maka pengambilan keputusan berdasarkan data konkrit, bukan intuisi belaka. *Smart farming* mengandalkan teknologi untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk, sekaligus mengoptimalkan sumber daya termasuk tenaga kerja manusia yang ada dalam sistem produksi. Banyak perangkat teknologi yang dapat digunakan, misal pemetaan geografis, teknologi satelit, drone, serta berbagai sensor.

Secara konseptual, *smart farming* merupakan mekanisme yang mengubah pola pengelolaan lahan pertanian yang sebelumnya secara konvensional menjadi jauh lebih produktif dan efisien melalui sistem monitoring dan otomatisasi kontrol dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Gambar 2.2). Beberapa teknologi yang digunakan dalam *smart farming* adalah: (a) *Management Information System* (MIS); (b) *Precision Agriculture* (PA); dan (c) *Cyber Physical System* (CPS). MIS dapat didefinisikan sebagai sistem informasi yang menyediakan informasi bagi pengguna sesuai kebutuhan dalam pengambilan keputusan dan penyelesaian masalah. MIS didukung oleh database yang sangat komplit, sesuai dengan kebutuhan dalam usaha pertanian.



Gambar 2.2. Status Pertanian Presisi dalam *Smart Farming*  
 Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022)

### ***Pertanian digital***

Inti dari pertanian digital terletak pada penciptaan nilai dari data yang kita miliki. Pertanian digital bukan sekadar kehadiran dan ketersediaan banyak data, namun bagaimana menciptakan cara dan alat yang cerdas sehingga bisa memaknai dan menggunakan data tersebut untuk budidaya pertanian. Data dapat berupa angka, gambar, kata-kata, dan lain-lain.

Dapat dikatakan, pertanian digital mengintegrasikan kedua konsep di atas, yakni pertanian presisi dan *smart farming* sekaligus. Menurut makalah tentang Pertanian Digital oleh DLG (*German Agricultural Society*), pertanian digital dipahami sebagai “*consistent application of the methods of precision farming and smart farming, internal and external networking of the farm and use of web-based data platforms together with Big Data analyses*”. (Penerapan metode pertanian presisi dan pertanian cerdas secara konsisten, jaringan internal dan eksternal pertanian, serta penggunaan platform data

berbasis web secara bersamaan). Pertanian digital melibatkan penerapan teknologi seperti ilmu data, saluran komunikasi digital, serta otomatisasi dan sensor untuk meningkatkan hasil pertanian.

### 2.3. Karakteristik Pertanian Presisi

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa pertanian presisi memiliki sifat positif yang sangat baik dalam berbagai sisi. Berbagai karakteristik berikut menjadi penciri pokok pertanian presisi.

#### ***Satu, dijalankan dalam satu sistem utuh untuk mendapatkan optimalisasi input dan perolehan output***

Pertanian presisi (*precision farming*) merupakan konsep pertanian dengan pendekatan sistem pertanian dengan masukan rendah (*low input*), efisiensi tinggi, dan berkelanjutan. Pertanian presisi erat hubungannya dengan pemberian input sesuai kebutuhan tanaman, kondisi lokasi, waktu, dan jumlah masukan. Oleh karena itu, pertanian presisi menjadi jawaban atas keterbatasan sumber daya air, tanah, pupuk, tenaga kerja produktif, dan faktor produksi lainnya, sehingga peningkatan hasil dan kualitas produk pertanian dapat dicapai secara optimal. Hal ini didasarkan pada empat faktor yang saling terkait dalam penerapan pertanian presisi yaitu: (1) Pengurangan input (*reduced input*); (2) Sistem pengendali yang disempurnakan (*improved control*); (3) Peningkatan efisiensi (*improved efficiency*); dan (4) Sistem manajemen informasi (*management information system*) (Soegandi, 2010). Pendekatan holistik dari hulu sampai hilir menjadi salah satu falsafah pertanian presisi.

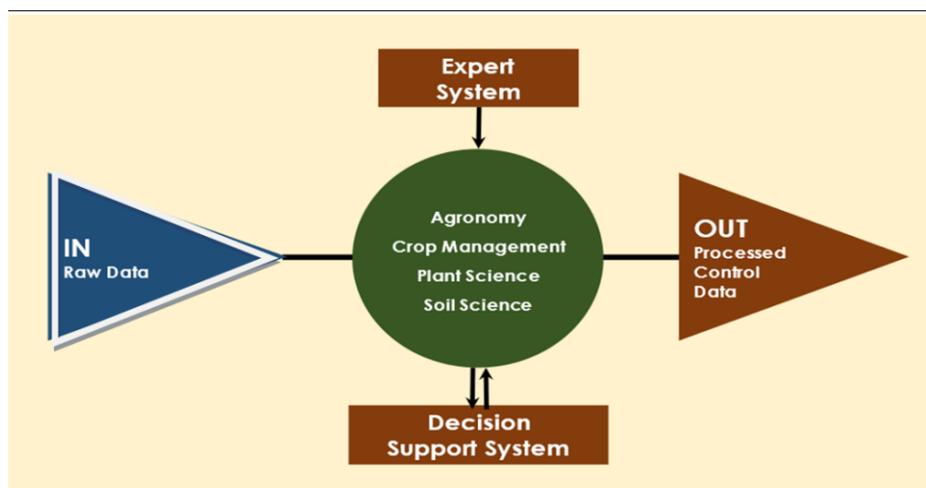
Melalui pertanian presisi tercapai setidaknya tiga target, yakni optimalisasi penggunaan sumber daya, output yang maksimal, dan mengurangi dampak negatif kerusakan lingkungan. Kaleita dan Tian (2002) dalam Wijayanto (2013) mendefinisikan pertanian presisi sebagai "*an integrated information- and production-based farming system that is designed to increase long term, site-specific and whole farm production efficiency, productivity and profitability while minimizing negative environmental impacts*". Definisi ini menunjukkan keunggulan dari pertanian presisi, yang selain meningkatkan produksi pertanian, efisiensi, dan keuntungan, juga sekaligus menurunkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Dengan pendekatan sistem, maka prinsip presisi harus diterapkan dalam seluruh komponen dari sistem industri pertanian. Presisi harus tercapai pada semua mata rantai agribisnis, dari hulu (*on-farm*) sampai ke hilir (*off farm*), dengan mengoptimalkan *food productivity, food security, food quality, food safety and food sustainability*, meminimalisasi *food loss, food waste, and environmental damage* (Nugroho 2022). Dengan *precision farming*, petani mengolah tanah, menanam, merawat, memanen hasil tanaman secara presisi; sampai ke pengolahan, pemasaran dan penyimpanan.

## ***Dua, Mengandalkan teknologi tinggi***

Dalam praktiknya, pertanian presisi dioperasionalkan berdasarkan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) yang membantu petani meningkatkan, mengotomatisasi, dan mengoptimalkan semua aspek yang memungkinkan terjadinya peningkatan produktivitas dengan sistem usaha pertanian cerdas. Berbagai komponen teknologi pertanian presisi telah dikembangkan antara lain; (i) *Geographical Position System* (GPS); (ii) *Geographic Information System* (GIS); (iii) *Variable Rate Application* (VRA); (iv) *Remote Sensing System*; (v) *Yield Mapping*; dan (vi) *Database Management System* (DBMS), dan *Spatial Variability*. Pada dasarnya, pertanian presisi adalah manajemen sistem informasi teknologi (Zwass, 2022).

Berbagai teknologi tersebut memberikan dukungan dalam proses pengambilan keputusan untuk dapat menentukan perlakuan yang tepat dan memberikan manfaat dalam tahapan sistem produksi. Pengembangan teknologi pertanian presisi juga dapat mengatasi tantangan inkonsistensi produktivitas pertanian karena kondisi lingkungan dan informasi cuaca yang tidak sampai ke petani atau pelaku usahatani. Prediksi cuaca saat ini tidak dapat digunakan sebagai dasar pertanian presisi sehingga menyulitkan mendeteksi kondisi yang kritikal dalam proses budi daya. Gambar 2.3. memperlihatkan aliran informasi data yang dikumpulkan dengan metode ilmiah, lalu melalui *Expert System* untuk dievaluasi sehingga menghasilkan *Decision Support System* (DSS), yang menghasilkan kontrol data untuk pengambilan keputusan. Kegiatan ini dilakukan dengan bantuan perangkat teknologi digital yang dibarengi dengan penggunaan alat-mesin pertanian (alsitan) serba pintar guna membantu petani dalam menentukan jarak tanam, kebutuhan benih dan pupuk, umur panen dan jumlah panen dengan tepat.



Gambar 2.3. Dasar Pertanian Presisi  
Sumber: Stafford (2000).

*Expert system* berbasis komputer menciptakan kondisi dimana kapabilitas manusia yang tinggi dan kekuatan komputer dapat digabungkan untuk mengatasi

berbagai keterbatasan. Sistem ini berguna untuk meningkatkan probabilitas, frekuensi, dan konsistensi dalam membuat keputusan yang baik secara *real-time*, berbiaya rendah, meningkatkan pemanfaatan sebagian besar data yang tersedia, memberikan kebebasan berfikir dan waktu bagi para ahli untuk berkonsentrasi pada aktivitas yang lebih kreatif (Rani *et al.*, 2011). *Expert system* pada pertanian presisi telah dikembangkan untuk mendiagnosis berbagai aspek tanaman dengan kepakaran di bidang *agronomy, crop management, plant science, dan soil science*.

*Decision Support System (DSS)* merupakan sistem berbasis perangkat lunak interaktif yang digunakan untuk membantu pengambil keputusan mengumpulkan informasi yang berguna dari kombinasi data mentah, dokumen, dan pengetahuan pribadi, guna mengidentifikasi dan memecahkan masalah dan membuat keputusan yang optimal (Venkatalakshmi and Devi, 2014). Arsitektur DSS terdiri atas database (atau basis pengetahuan), model (yaitu konteks keputusan dan kriteria pengguna), dan pengguna. DSS untuk pertanian presisi dirancang untuk membantu petani, pakar pertanian, peneliti, atau intelektual dengan panduan dalam membuat berbagai keputusan terkait dengan pertanian presisi dan membantu mengakses, menampilkan, dan menganalisis data yang mempunyai konten dan makna geografis. Konsep pertanian presisi tidak hanya terkait dengan penggunaan teknologi tetapi juga aspek 5R yaitu *right input use* (nutrisi, air, pupuk, uang, alsintan, dan lain-lain) pada *right time, right place, right amount, dan right manner*.

### ***Tiga, membutuhkan dukungan data dan analisis secara lengkap untuk membuat keputusan***

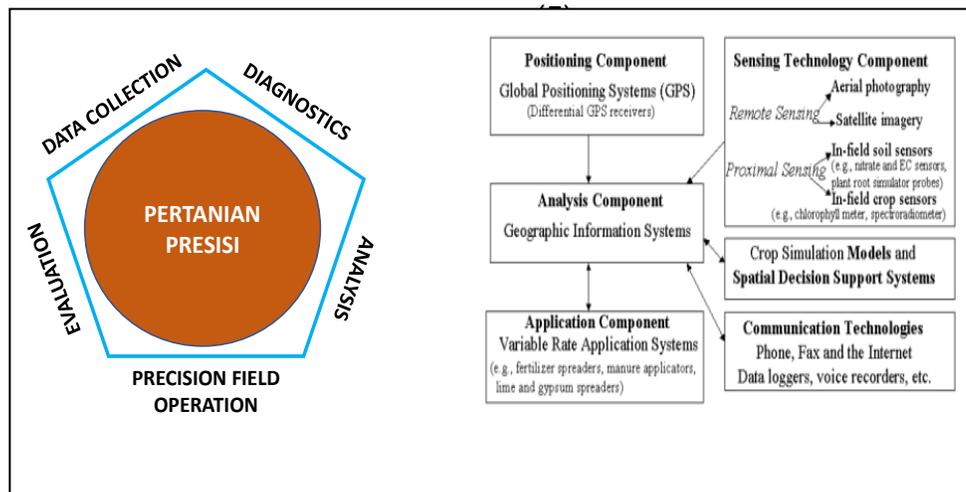
Keberhasilan pengembangan pertanian presisi ditentukan oleh beberapa syarat yang harus dipenuhi, diantaranya adalah mampu mengidentifikasi secara tepat parameter desain pada setiap lokasi yang dituju, serta mampu mengumpulkan, menafsirkan, dan menganalisis data pada skala dan frekuensi yang sesuai. Hanya dengan ini lah akan mampu menyesuaikan penggunaan input secara presisi, sehingga efisiensi penggunaan sumber daya tercapai.

Pertanian presisi melibatkan penentuan variasi yang lebih tepat dan menghubungkan spasial dengan tindakan pengelolaan, sehingga memungkinkan petani untuk melihat tanaman dan praktik mereka dari perspektif yang sama sekali baru. Pertanian presisi juga menyediakan informasi yang dapat digunakan petani untuk membuat keputusan pengelolaan yang rasional. Adopsi di lapangan, pertanian presisi dapat direpresentasikan sebagai proses siklus lima langkah, yaitu pengumpulan data, diagnostik, analisis data, operasi lapangan presisi, dan evaluasi. Untuk menerapkan pertanian presisi diperlukan instrumen sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.4.

Sistem penentuan posisi geografis melalui satelit untuk menentukan parameter lapangan yang direferensikan sebagai input tanaman, sehingga mesin dapat

mengaplikasikan dosis input produksi secara presisi. Beberapa aspek penting dalam aplikasi input produksi adalah sebagai berikut:

- (1) Sensor, untuk mengukur parameter tanah dan tanaman di suatu lahan.
- (2) Perangkat keras, untuk mengatur dan mengontrol tingkat presisi penggunaan input produksi yang bervariasi secara spasial.
- (3) Perangkat lunak, untuk menghasilkan peta parameter tanah dan tanaman di lapangan secara spasial.
- (4) Model simulasi tanah-tanaman, untuk menyesuaikan tingkat input produksi tanaman pada musim tanam berikutnya. Evaluasi profitabilitas ekonomi, keamanan, dan dampak lingkungan dari operasi secara presisi di lapangan menjadi bagian dari proses pengumpulan data pada musim berikutnya.



Gambar 2.4. Proses dan Komponen Pertanian Presisi  
Sumber: Zwass (2022).

### ***Empat, keputusan manajemen yang tepat***

Pada akhirnya, sebagaimana definisi tentang *precision agriculture* di atas, maka intinya adalah manajemen yang sesuai. Ada tiga kriteria yang diperlukan untuk pelaksanaan pertanian presisi dalam konteks manajemen, yaitu:

- (1) Bukti yang jelas tentang variabilitas spasial dan temporal yang signifikan dalam kondisi tanah dan tanaman di lahan pada suatu wilayah.
- (2) Kemampuan mengidentifikasi dan mengukur variabilitas tersebut. Dimungkinkan untuk mengidentifikasi variasi bahkan dengan teknik konvensional (misalnya, berdasarkan intuisi penanam), tetapi penentuan posisi dan teknologi informasi sangat membantu dalam mengukur variasi tersebut. Keberhasilan adopsi pertanian presisi sangat bergantung pada perpaduan pengetahuan terbaik petani tentang variabilitas lapangan dengan teknologi informasi dan komunikasi.
- (3) Kemampuan mengalokasikan input produksi dan menyesuaikan praktik manajemen untuk meningkatkan produktivitas dan profitabilitas sambil meminimalisasi

degradasi lingkungan. Misalnya, jika data tentang distribusi gulma yang tepat tersedia, penyemprotan herbisida dapat dilakukan di tempat atau *patch* daripada perawatan seluruh lahan. Peta produktivitas dan peta kesuburan tanah dapat membantu menentukan dan kemudian memariasikan takaran pupuk yang optimal untuk setiap unit pengelolaan.

Untuk mencapai tujuan akhir optimalisasi produktivitas dan profitabilitas di setiap unit lahan, tiga persyaratan dasar berikut harus dipenuhi:

- (1) Kemampuan mengidentifikasi parameter input tanah dan tanaman di setiap lokasi (lapangan).
- (2) Kemampuan mengumpulkan, menafsirkan, dan menganalisis data parameter input tanah dan tanaman pada skala dan frekuensi yang sesuai.
- (3) Kemampuan menyesuaikan penggunaan input produksi dan praktek budi daya tanaman untuk memaksimalkan manfaat dari setiap lokasi.

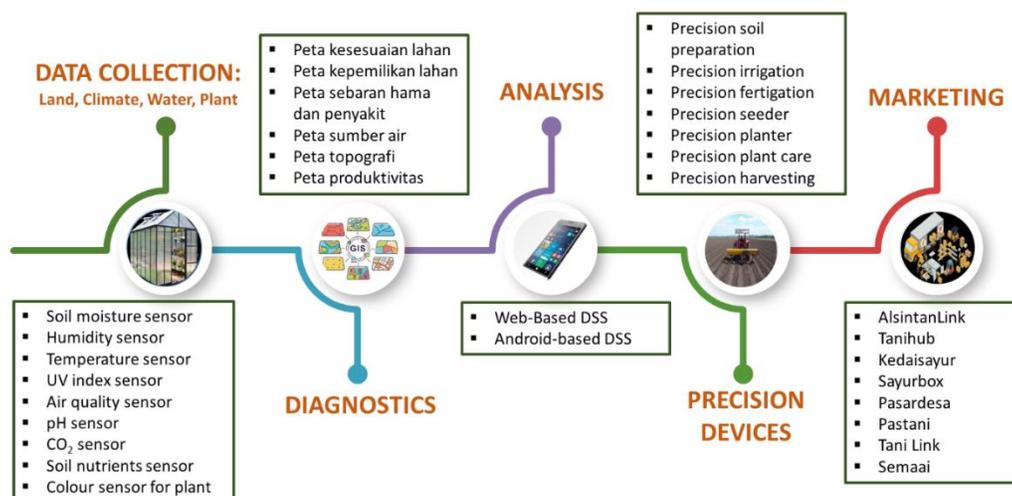
### ***Lima, membutuhkan dukungan kebijakan dan keterlibatan berbagai pihak***

Di Indonesia, kebijakan yang ada belum mengatur secara langsung dan spesifik pertanian presisi. Namun teknologi pertanian presisi sesungguhnya sudah diimplementasikan meskipun terbatas oleh petani (pelaku utama) dan pelaku usaha yang beragam dari komoditas, tempat, dan pasar dengan tingkat pengguna sangat bervariasi, baik teknologi, pengguna, maupun waktu dan tempat.

Kebijakan pengembangan pertanian presisi mesti diarahkan pada: (1) peningkatan penyediaan infrastruktur pendukung; (2) peningkatan kapasitas kelembagaan pengelola dengan cara salah satunya membuka kesempatan bagi para milenial maupun pihak swasta dan perusahaan rintisan (*Start Up*) yang terkait; (3) peningkatan kompetensi SDM pertanian dalam pemanfaatan dan pengelolaannya; dan (4) pengembangan sistem standarisasi teknologi yang teruji dan selektif. Oleh karena itu, strategi pengembangan kebijakan pertanian presisi dilakukan melalui: (a) penyiapan *grand design* dan pedoman pengembangan pertanian presisi; (b) penyiapan regulasi pengembangan pertanian presisi; (c) penguatan fungsi institusi yang melakukan perancangan standar pengujian serta pengawasan penerapan teknologi pertanian presisi (SDM, fasilitas dan anggaran); (4) dorongan kepada Direktorat teknis terkait dalam menerapkan pertanian presisi secara selektif dan bertahap; dan (5) pembangunan infrastruktur pendukung penerapan pertanian presisi (Gambar 5) melalui kerja sama antar lembaga pemerintah dan swasta.

Langkah pengembangan pertanian presisi ke depan adalah: (1) penggunaan sumberdaya alam seefisien mungkin untuk menghasilkan produk semaksimal mungkin dengan memanfaatkan teknologi pemetaan variabilitas spasial di lapangan, (2) pengambilan keputusan (*Decision Support System*) dan aplikasi input tanaman tingkat variabel dapat dilakukan hampir secara *real-time*, dan (3) penggunaan penginderaan jauh, sensor tanah dan tanaman, model simulasi tanaman, dan robot lapangan.

Kebutuhan komponen teknologi dalam pengembangan pertanian presisi disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kebutuhan Komponen Teknologi untuk Pengembangan Pertanian Presisi  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

## 2.4. Manfaat Penerapan Pertanian Presisi

Ada banyak manfaat dan keuntungan dengan menerapkan pertanian presisi. Pada kegiatan *onfarm*, akan diperoleh penghematan penggunaan input, tenaga kerja, menekan biaya, dan meningkatkan produksi. Lalu, pada kegiatan pengolahan dan pemasaran, juga diperoleh efisiensi penggunaan bahan baku, bahan pendukung, operasional mesin pengolahan, sampai ke transportasi dan biaya pergudangan. Dengan melakukan penghematan (*precisioning*) dan efisiensi pada seluruh rangkaian kegiatan dari hulu ke hilir, maka nilai penghematannya menjadi semakin besar, apalagi jika dilakukan dalam skala ekonomi (*economic of scale*). Pengalaman di berbagai negara telah memberikan bukti ini.

Saat ini, pertanian presisi telah diterapkan di banyak negara maju (*developed countries*) seperti Amerika Serikat, Australia, Kanada, Denmark, Inggris, Swedia, Jerman, Perancis, dan Jepang; negara-negara yang sedang menuju status negara maju (*emerging countries*) seperti Argentina, Brazil, China, dan Afrika Selatan; dan negara berkembang seperti Kazakhstan dan Turki. Amerika Serikat menjadi *pioneer* penerapan pertanian presisi (Say *et al.*, 2017), sementara Malaysia telah mulai menerapkan semenjak tahun 2018 (Bujang and Abu Bakar, 2019).

Tabel 1. berikut menyampaikan bahwa ada enam jenis teknologi pertanian presisi yang sudah diterapkan di negara-negara tersebut, yang menunjukkan teknologi yang sudah sangat maju dan modern. *Outcome* dari penerapan pertanian presisi dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu: (1) Meningkatnya kemampuan untuk mengumpulkan data *real-time* pada variabel tanaman; (2) Meningkatnya efisiensi

penggunaan sumber daya pertanian (benih, amelioran, pupuk, pestisida, air, dan alsintan) yang bemuara pada efisiensi biaya usahatani; (3) Meningkatnya kuantitas dan kualitas hasil tanaman karena persyaratan yang tepat bagi tanaman sudah terpenuhi yang berdampak pada peningkatan pendapatan petani; (4) Meningkatnya akurasi dan kenyamanan kerja di lapangan; dan (5) Makin terlindunginya lingkungan karena berkurangnya penggunaan bahan kimia pertanian dan penggunaan air secara rasional.

Namun, *lesson learned* ini tidak serta-merta bisa diterapkan di Indonesia, karena negara kita memiliki ciri sebagai pertanian *maritime agriculture*. Beberapa faktor kunci yang mendukung keberhasilan penerapan teknologi pertanian presisi di berbagai negara maju di antaranya adalah lahan pertanian sangat luas dan sudah tertata dengan baik, dukungan jaringan internet terjamin, modal yang cukup untuk menyediakan Alsintan serta perangkat keras dan lunak serta *smartphone*, literasi petani yang sudah tinggi, serta dukungan infrastruktur jalan dan sarana transportasi.

Tabel 1. Jenis dan Manfaat Teknologi Pertanian Presisi di Negara Maju

No	Jenis Teknologi	Manfaat Langsung
1	<i>Yield Monitoring Technology</i>	Memberikan informasi akurat tentang lahan, hasil tanaman, potensi ancaman, dan mengirim informasi tersebut ke komputer untuk dianalisis
2	<i>Autonomous Technology</i>	Larikan tanaman menjadi teratur; mengurangi kejerihan kerja, biaya bahan bakar, biaya sarana produksi, dan mencegah kelebihan penggunaan pestisida
3	<i>GPS Guidance Technology</i>	Mengetahui kesesuaian lahan menurut jenis tanaman, ketepatan panen, jarak, dan kedalaman tanam, tata letak antarjenis tanaman, dosis pestisida, penempatan alsintan, dan ketersediaan air dari sungai, genangan air, topografi lahan, kondisi pengairan, peta produktivitas pekerja, dan peta iklim
4	<i>Variable-Rate Technology</i>	Pembuatan peta spesifik lokasi dari sifat hara tanah yang diinginkan, penghematan penggunaan pupuk dan pestisida, peningkatan hasil karena pemupukan dan penyemprotan yang lebih efisien berdasarkan kebutuhan tanaman aktual dan variabilitas pertanian, pelestarian dan perlindungan lingkungan dari penggunaan pestisida dan pemupukan yang berlebihan
5	<i>Automatic Section Control Systems</i>	Pengurangan tumpang tindih areal sehingga menghemat biaya benih, peningkatan efisiensi pertanaman secara keseluruhan, pengelolaan lingkungan, visibilitas operator selama panen sehingga efisiensi lapangan meningkat (terutama pada malam hari), pengurangan kelelahan operator, peta yang ditanam untuk dokumentasi lapangan, penyimpanan catatan, dan penggunaan teknologi tersebut dalam sistem informasi manajemen pertanian atau layanan manajemen data lainnya.

6	<i>Global Navigation Satellite Systems (GNSS) - based Technology</i>	Kumpulan sistem lokasi yang menggunakan satelit untuk mengetahui lokasi pengguna dalam sistem koordinat global (berpusat di bumi) dan telah menjadi sistem penentuan posisi pilihan untuk teknologi pertanian presisi. GNSS beroperasi penuh dan tersedia secara komersial dalam memberikan panduan di segala cuaca secara virtual 24 jam
---	--	---

Sumber: Say *et al.* (2017)

Selain faktor kunci sukses tersebut, juga terdapat faktor lain yang dapat mendorong penerapan teknologi pertanian presisi, baik internal maupun eksternal, misalnya peran petani muda dan berpendidikan (Yatribi, 2020). Faktor eksternal yang cukup membantu di antaranya adalah tersedianya informasi teknologi berikut perangkat *hardware* dan *software* digital yang dapat diakses petani. Bersamaan dengan itu, pemerintah sangat mendukung sarana dan prasarana (Alsintan, subsidi, modal, dan lain-lain) serta kemudahan praktik teknologi presisi dan dukungan penelitian. Sistem yang ada telah mampu menjalankan tiga langkah utama pertanian presisi, yakni: diagnosis, pengambilan keputusan, dan pelaksanaan.



## BAB III. SISTEM PENGEMBANGAN

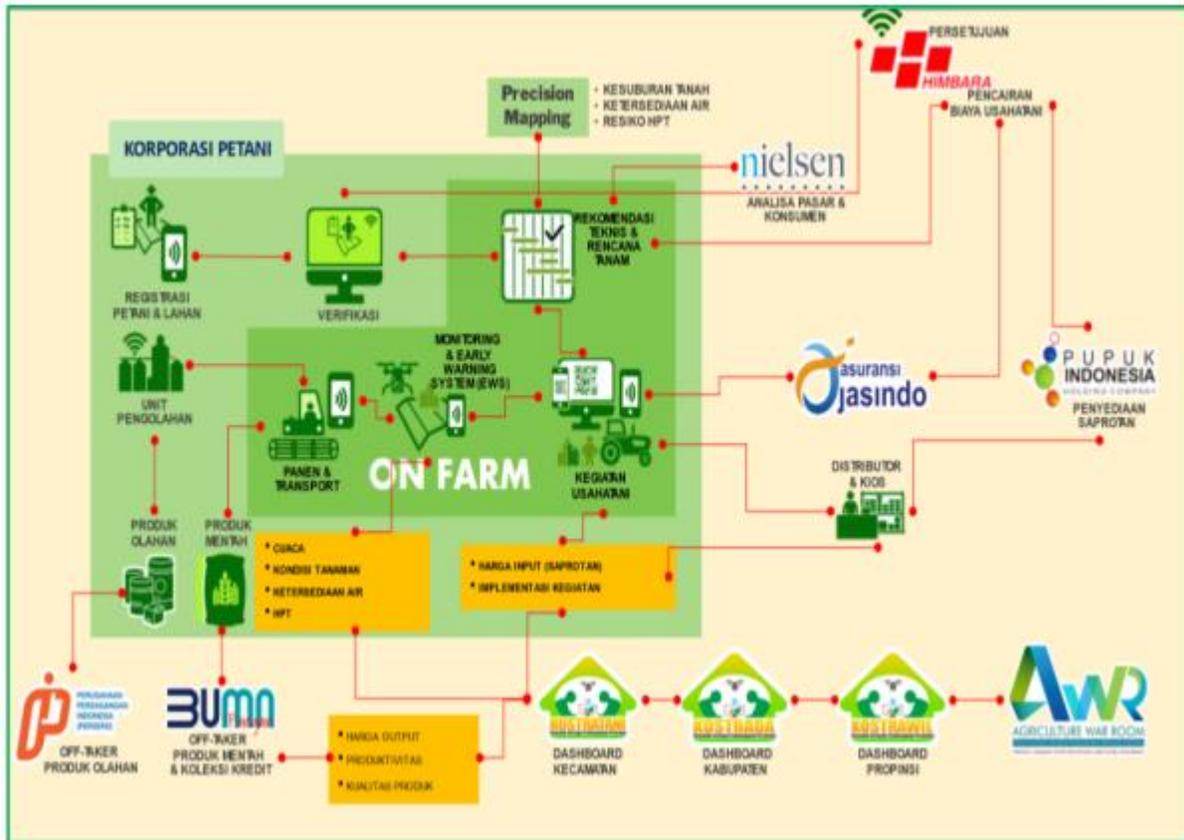
Sistem pengembangan pertanian presisi di Indonesia dibangun berdasarkan tinjauan teoritis, yang meliputi: Model Pertanian Presisi, Penataan Lahan (*Site Plan*), Sistem dan Teknologi Produksi (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2022).

### 3.1. Model Pertanian Presisi

Pengembangan pertanian presisi bertujuan untuk memberikan petani cara pengelolaan pertanian yang modern dengan menggunakan teknologi informasi (IT) untuk produksi pertanian secara akurat dan terkendali guna meningkatkan produktivitas serta kualitas tanah dan tanaman. Pertanian presisi didasarkan pada kenyataan bahwa tanaman dan lahan pertanian yang berbeda memiliki kebutuhan yang berbeda terhadap nutrisi, air, sinar matahari, dan lain-lain. Dengan menggunakan teknologi pertanian presisi modern, petani dapat memastikan bahwa tanah dan tanamannya mendapatkan nutrisi dan air yang tepat dengan tingkat presisi yang tinggi.

Pada tataran empiris, model pertanian presisi ditandai dengan adanya keterkaitan antara komponen kegiatan *on-farm* (hulu) dan *off-farm* (hilir) serta ekosistem bisnis berbasis digital. Kegiatan di lapang (*on farm*) dalam model pertanian presisi dicirikan oleh praktik usahatani yang menggunakan teknologi mekanisasi dan digitalisasi sistem usahatani secara terpadu. Operasionalisasi teknologi mekanisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat digital. Peralatan digital tidak hanya dapat digunakan untuk operasional mekanisasi, tetapi juga dimanfaatkan pada pendataan petani dan lahan secara akurat, verifikasi, pemantauan, sistem peringatan dini, dan pemetaan lahan yang terkait kesuburan tanah, ketersediaan air dan risiko serangan HPT.

Tujuan utama pertanian presisi adalah untuk mencapai kualitas tanah dan tanaman yang lebih baik guna meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kualitas produksi pertanian. Untuk mengembangkan pertanian presisi, diperlukan model bisnis yang menggambarkan keterpaduan seluruh aktivitas usaha pertanian dari hulu hingga hilir yang terintegrasi dalam suatu kelembagaan petani, seperti terlihat pada Gambar 3.1 (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2022). Kegiatan didalam kelembagaan petani terdiri dari kegiatan utama di *on farm* dan berbagai kegiatan pendukung lainnya.



Gambar 3.1. Model Pertanian Presisi  
 Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

Langkah pertama dalam mengembangkan model pertanian presisi adalah melaksanakan pendataan petani dan lahannya secara digital, yang akan dimasukkan ke dalam wilayah lokasi pengembangan pertanian presisi yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemetaan lahan petani secara presisi (*precision mapping*) setelah lahan tersebut diverifikasi. Tujuan pemetaan lahan adalah untuk menilai kesuburan lahan, ketersediaan sumber air, dan potensi risiko yang ditimbulkan oleh hama dan penyakit tanaman terkait dengan praktik budidaya pertanian. Hasil pemetaan ini menjadi landasan untuk menetapkan rekomendasi teknis dan merancang strategi usahatani yang komprehensif. Untuk mengetahui potensi pasar, dilakukan analisis menyeluruh terhadap tren pasar dan pola konsumsi konsumen.

Setelah verifikasi data petani dan lahannya, langkah berikutnya melakukan analisis pasar untuk mendapatkan persetujuan lembaga keuangan/perbankan atau Himpunan Perbankan Nasional (Himbara) sebagai penyedia modal investasi dan modal kerja petani. Pemberian modal kerja kepada petani juga memperkuat upaya PT Pupuk Indonesia (*Holdings*) dalam memberikan pupuk bersubsidi kepada petani secara berkelanjutan. Setelah dana investasi dan modal kerja terpenuhi, petani dapat

mengakses dan menggunakan teknologi pertanian presisi untuk melakukan aktivitas usahataniannya.

Dalam proses penerapan pertanian presisi diperlukan sarana produksi seperti benih, pupuk dan pestisida, mesin pertanian, serta peralatan digital. Benih (kualitas tinggi) dapat dibeli dari pemulia benih dan kios pertanian. Pestisida juga dapat dibeli di kios pertanian. Sedangkan pupuk bersubsidi (kimia dan organik) dapat dibeli di kios-kios yang menerima pasokan melalui jalur distribusi PT Pupuk Indonesia (Jalur I/II), Distributor (Jalur III) dan Kios (Jalur IV). Petani membeli pupuk bersubsidi berdasarkan distribusi elektronik melalui e-Alokasi. Mesin pertanian dapat diperoleh melalui sewa dari UPJA dan dan taksi alsintan atau perusahaan swasta lainnya.

Disamping itu perlu dikembangkan sistem pemantauan dan peringatan dini (*Early Warning System/ EWS*) terhadap berbagai faktor seperti perubahan cuaca, kondisi tanaman, ketersediaan air dan keberadaan hama dan penyakit, berperan penting dalam mengidentifikasi langkah-langkah adaptasi/mitigasi jika timbul risiko yang dapat menyebabkan kegagalan panen. Jika terjadi risiko gagal panen, asuransi pertanian dari PT Jasindo diperlukan untuk menyelesaikan langkah mitigasi dan memperkuat posisi petani untuk mendapatkan pinjaman modal/KUR dari Himbara.

Penerapan teknologi presisi secara efisien dan efektif dalam kegiatan panen dan pasca panen. Hasil panen yang berupa bahan mentah selanjutnya diangkut ke Unit Pengolahan Hasil Pertanian (UPHP) untuk diolah lebih lanjut menjadi produk olahan dan kemudian dijual ke Penjual Hasil Olahan (seperti PT Perusahaan Perdagangan Indonesia/PPI). Sebagian bahan baku diangkut dan dijual kepada *off taker* bahan baku (swasta, yang juga pemberi kredit), yang ditentukan oleh harga, kuantitas dan kualitas hasil panen.

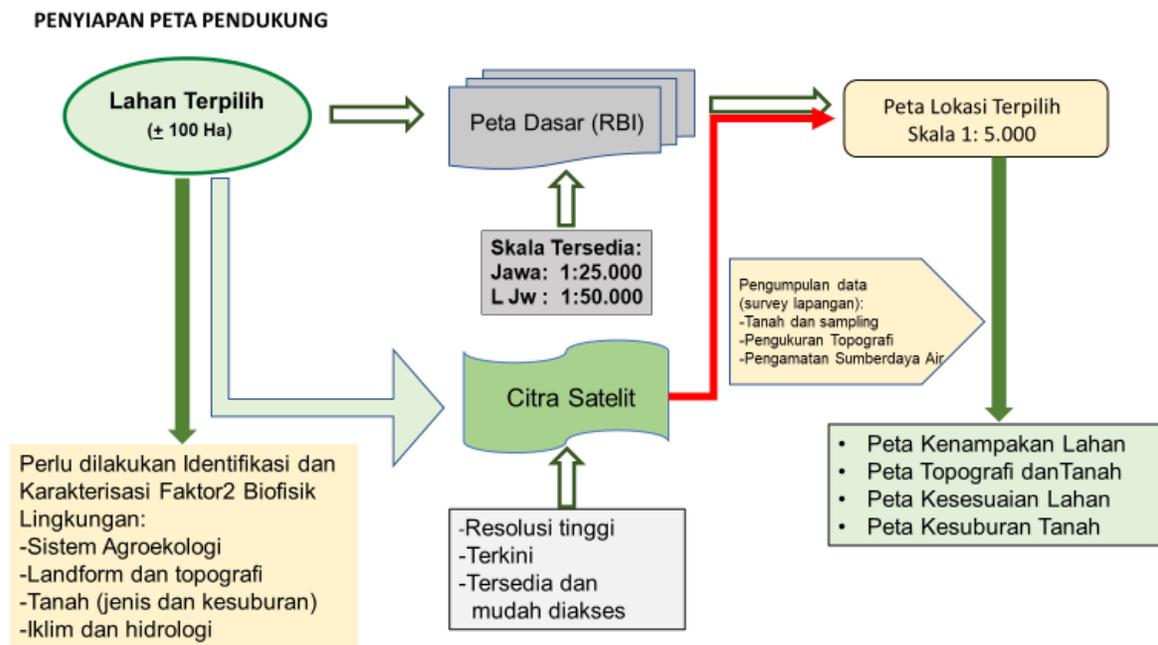
Seluruh data terkait dengan model bisnis atau usaha pertanian presisi didokumentasikan secara digital/*on-line* pada *Dashboard* yang ada di Balai Penyuluhan Pertanian Kecamatan. Ketersediaan sistem data secara *on-line* ini memberikan akses kemudahan untuk melakukan koordinasi, pemantauan, dan pengendalian terhadap kegiatan usaha pertanian presisi di lokasi pengembangan.

### **3.2. Karakterisasi dan Penataan Lahan (*Site Plan*)**

Salah satu faktor penentu keberhasilan pengembangan pertanian presisi adalah kesesuaian kondisi dan karakteristik lahan dengan teknologi produksi dan teknologi mekanisasi pertanian yang akan diterapkan. Oleh sebab itu, lahan di wilayah pengembangan pertanian presisi perlu ditata terlebih dahulu sesuai dengan tingkat atau level teknologi yang akan diterapkan. Penataan lahan untuk mendukung pengembangan pertanian presisi diawali dengan penyiapan peta pendukung yang mekanismenya sebagaimana disajikan pada Gambar 3.2 (Ditjen Prasarana dan Sarana

Pertanian, 2022). Sebagai peta dasar tiap lokasi pengembangan pertanian presisi dapat menggunakan peta rupabumi Skala 1:25.000 atau lebih besar.

Untuk menyempurnakan dan memperbarui peta agar sesuai dengan kondisi terkini diperlukan citra satelit. Data dari citra satelit digunakan untuk perbaikan beberapa *layer* peta dan anotasinya dengan menggunakan metode digitasi *on-screen*, demikian juga untuk beberapa atribut peta yang dibutuhkan. Berdasarkan data hasil survei lapang dan peta dasar rupabumi kemudian dibuat peta penataan lahan (*site plan*). Setelah itu dilakukan penyusunan rancangan teknis rinci (*Detailed Engineering Design, DED*) terkait penataan lahan yang diperlukan.



Gambar 3.2. Penyiapan Peta Pendukung  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

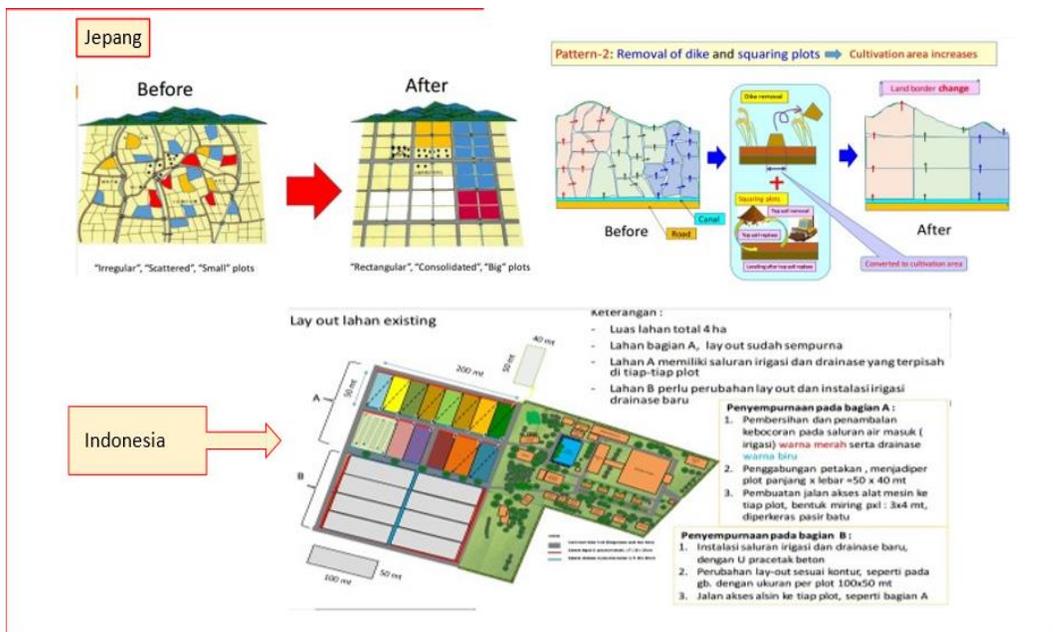
Tahapan penyusunan DED ditunjukkan pada Gambar 3.3., sedangkan contoh hasil rancangan penataan lahan dan DED seperti diperlihatkan pada Gambar 3.4. (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2022). Pada rancangan penataan lahan dan DED dilengkapi dengan beberapa prasarana pertanian yang harus dibangun atau ditingkatkan kapasitasnya. Demikian juga beberapa sarana penunjang perlu dilakukan modifikasi atau perbaikan. Misalnya peningkatan badan jalan, pelebaran saluran irigasi, penambahan saluran drainase, bangunan air, bangunan pintu air, pembuatan teras, pembuatan embung, dan lain-lain harus dibuat desain gambar yang baik dan jelas, sehingga dapat dijadikan pedoman bagi pelaksana pekerjaan.

Mengingat pengembangan pertanian presisi mencakup areal yang luas atau memenuhi skala ekonomi, maka peta dasar yang ada diperbesar sampai tingkat yang

sesuai untuk penggambarannya, sehingga detail peta terlihat proporsional dengan luasan areal yang dipilih. Sejumlah anotasi detail juga akan dilengkapi dalam peta tersebut. Peta dilengkapi dengan informasi yang terkait dengan bentuk lahan (*landform*) dan topografi (*relief*) lahan.



Gambar 3.3. Tahapan Penyusunan DED  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).



Gambar 3.4. Contoh Hasil Penataan Lahan  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

Pengamatan bentuk lahan (*landform*) dilakukan dengan interpretasi citra satelit yang kemudian diverifikasi di lapangan, sedangkan observasi topografi dilakukan dengan interpretasi citra, misalnya citra radar SRTM (*Shuttle Radar Thematic Mapper*). Namun untuk mendapatkan gambaran detailnya, peta kontur dibuat dengan menggunakan pengukuran lapangan dengan menggunakan peralatan survei geodesi seperti ketinggian air dan TS (*Total Station*). Pengamatan ini penting untuk dipertimbangkan ketika merancang infrastruktur pada lahan pertanian presisi. Misalnya saja peningkatan kapasitas jalan, saluran irigasi, saluran drainase, pembuatan sawah bertingkat, pembangunan penampungan air, dan lain-lain. Tinggi rendahnya permukaan bumi dapat ditampilkan pada peta kontur.

Peta kontur tersebut diperlukan dalam perancangan sistem usahatani yang tepat karena dari peta garis kontur dapat direncanakan, antara lain penentuan rute dan pergerakan alsintan, saluran irigasi, bentuk irisan, tampang arah yang dikehendaki, gambar dari galian/timbunan, besar volume galian/timbunan, penentuan batas genangan pada waduk, dan arah drainase.

Kegiatan evaluasi lahan secara fisik didasarkan pada sifat biofisik lahan yang terkait kualitas lahan (*land quality*) yang direfleksikan oleh karakteristik lahan (*land characteristics*) dan dicocokkan (*matching*) dengan persyaratan tumbuh tanaman (*crop requirements*). Lahan yang dinilai pada setiap jenis tanah yang terdapat dalam setiap satuan lahan, dikelompokkan berdasarkan kelas dan subkelas. Klasifikasi kesesuaian lahan dibedakan menjadi empat kelas, yaitu sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), sesuai marginal (S3), dan tidak sesuai (N). Pada tingkat subkelas terdapat pembatas/penghambat pertumbuhan tanaman yang diletakkan setelah kelas kesesuaian lahan.

Secara umum areal lahan mempunyai tingkat kemiringan yang bervariasi, mulai dari datar sampai bergunung (<3% sampai >40%), terutama pada tipe penggunaan lahan tegalan dan kebun campuran. Lahan yang dipilih untuk pengembangan pertanian presisi adalah yang memiliki kemiringan lahan datar sampai berombak (<8%). Pada lahan yang relatif datar dengan kemiringan < 6%, sering terjadi erosi lembar yang ditandai dengan munculnya perakaran tanaman pada permukaan tanah. Kondisi ini umum dijumpai pada tipe penggunaan lahan yang terbuka atau tegalan yang permukaan tanahnya tidak tertutup mulsa. Pada daerah yang lebih curam, selain erosi lembar, erosi alur juga terjadi di beberapa tempat, antara lain pada tampingan dan atau daerah curam yang terbuka. Selain itu, parameter daya dukung tanah juga perlu diukur untuk keperluan operasional alsintan, terutama yang memiliki bobot tinggi seperti traktor roda empat dan *combine harvester*. Dalam hal ini, daya dukung tanah harus > 0,2 kg/cm<sup>2</sup>.

Tanaman yang ditanam secara monokultur atau dilengkapi dengan tanaman pelindung erosi seperti gamal dan dadap dengan jarak tanam yang diatur supaya

kanopi daunnya maksimum akan menutupi permukaan tanah dengan sempurna. Adapun teknik konservasi pada tipe penggunaan lahan tegalan diantaranya menanam tanaman semusim (sayuran dan/atau jagung) dan bedengan-bedengan sejajar kontur, teras bangku miring keluar, dan teras bangku datar tanpa rumput penguat teras dan saluran teras, dan tanpa Saluran Pembuangan Air (SPA) dan atau Bangunan Terjunan Air (BTA).

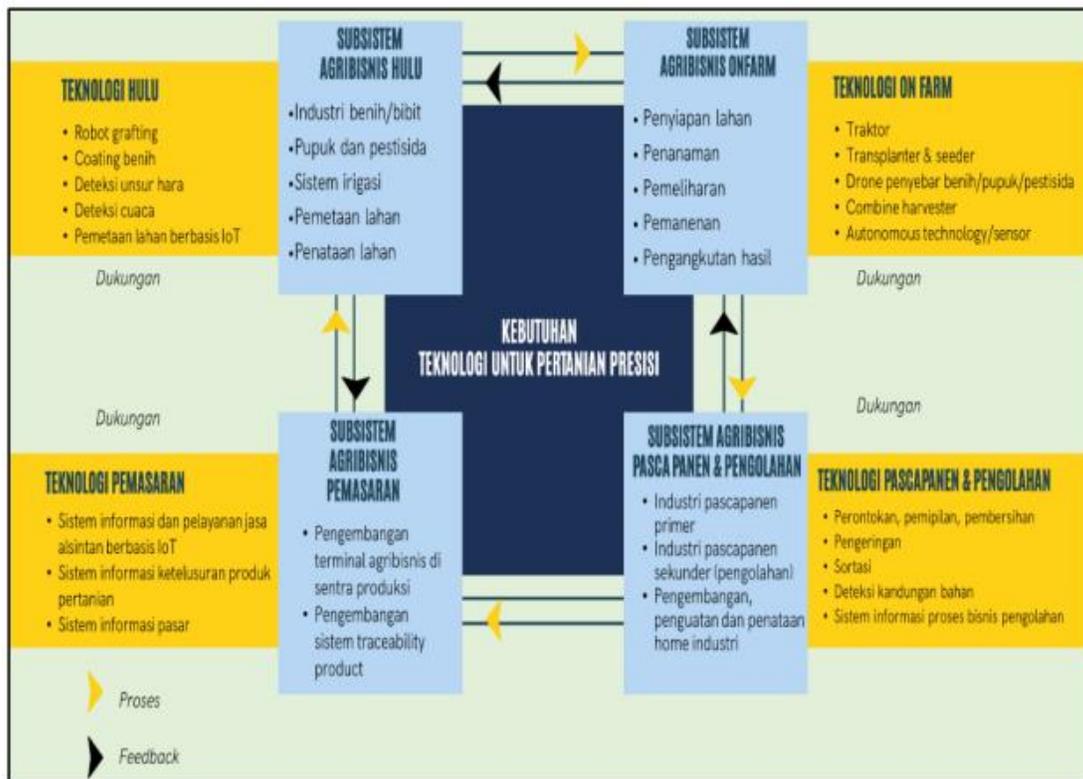
Selain aspek fisika tanah, juga diidentifikasi kimia tanahnya untuk mengetahui status kesuburan tanah eksisting di lokasi pengembangan pertanian presisi terutama pada lapisan olah 0-30 cm dengan penyebaran yang cukup merata dan dapat mewakili setiap jenis tanah dan berbagai posisi kelerengan. Sampel tanah secara individu maupun komposit dianalisis di laboratorium. Analisis dilakukan terhadap tekstur dan sifat kimia tanah, antara lain pH, C-organik, susunan kation dapat ditukar ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), kapasitas tukar kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), N-tersedia, P-tersedia, N-total, P-total, dan beberapa unsur lain yang disesuaikan dengan jenis tanah di lokasi pengembangan pertanian presisi. Berdasarkan hasil analisis hara tanah dan tanaman yang akan ditanam, ditentukan jenis dan takaran pupuk yang dianjurkan berdasarkan prinsip status hara tanah dengan kebutuhan hara tanaman. Apabila tanahnya masam, perlu dilakukan upaya peningkatan pH tanah melalui pemberian kapur pertanian, penambahan bahan organik, daur ulang jerami dan pemberian pupuk pada tanah.

Faktor lain yang mempengaruhi kondisi lahan adalah iklim dan sumber daya air. Kondisi iklim merupakan salah satu faktor yang menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Untuk memaksimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman diusahakan disesuaikan dengan kondisi iklim. Kondisi iklim dan pola sebaran mempengaruhi pola tanam, penanaman, dan waktu panen. Dalam perencanaan pembangunan pertanian presisi, data cuaca yang cukup penting diperhatikan adalah curah hujan, suhu udara, penyinaran matahari, dan kelembaban. Data cuaca tersebut dapat diperoleh dari Stasiun Klimatologi Pertanian atau dari BMKG setempat. Data iklim tersebut diperlukan untuk menyusun pola tanam (*cropping calendar*), waktu tanam dan panen untuk berbagai komoditas pertanian.

Sumber daya air merupakan salah satu faktor yang paling menentukan keberhasilan usaha pertanian. Fungsi air bagi pertanian secara umum adalah untuk irigasi atau pengairan tanaman. Tanpa pengairan yang baik, tanaman yang diusahakan tidak akan memberikan hasil yang maksimal. Manfaat air bagi pertanian adalah membantu membasahi tanaman, membantu menyuburkan tanah, membantu penyerapan unsur hara tanaman, mengisi cairan tubuh tanaman, membantu sistem metabolisme tanaman, dan memelihara suhu tanaman. Pemanfaatan sumber daya air dalam pengembangan pertanian presisi dilakukan melalui pengembangan berbagai sistem irigasi yang sesuai, baik secara terbuka maupun tertutup serta pemanenan air dengan teknologi embung, waduk, atau *long storage*, dan membuang kelebihan air dengan drainase.

### 3.3. Sistem dan Teknologi Produksi

Kegiatan usahatani sangat bergantung kepada jenis tanaman yang dibudidayakan. Sistem produksi berbagai produk pertanian mempunyai kemiripan, dari penyiapan benih/bibit, lahan, sampai pemanenan dan serta penanganan pascapanen dan pengangkutan hasilnya. Apabila kegiatan usaha pertanian menjadi suatu sistem agribisnis, kegiatan tersebut terdiri atas subsistem agribisnis hulu, subsistem agribisnis *on-farm*, subsistem agribisnis pascapanen, dan subsistem pemasaran hasil seperti tersaji pada Gambar 3.5. Perkembangan setiap subsistem agribisnis sangat bergantung dan dipengaruhi oleh subsistem agribisnis lain atau terjadi umpan baliknya (*feedback*) dalam suatu sistem agribisnis.



Gambar 3.5. Sistem Produksi dan Teknologi  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

Subsistem agribisnis hulu antara lain berupa industri benih/bibit, pupuk dan pestisida, sistem irigasi, pemetaan lahan, dan penataan lahan dengan dukungan teknologi presisi yang sudah ada, seperti *robot grafting*, *coating* benih, *seedling machine*, deteksi unsur hara, dan pemetaan lahan berbasis IoT (*Internet of Things*). Contoh lain penerapan IoT dalam bidang pertanian adalah dalam urusan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan melalui sensor dapat berupa keadaan suhu, kelembapan, curah hujan, kadar air dalam tanah, tinggi genangan air, dan pemantauan hama. Data

tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan keputusan dalam penggunaan peralatan pertanian presisi di lapangan.

Subsistem agribisnis *on-farm* antara lain penyiapan lahan, pemeliharaan, pemanenan, dan pengangkutan hasil dengan dukungan teknologi presisi yang sudah ada, antara lain traktor, *transplanter*, *power weeder*, *drone* penyebar benih/pupuk, *combine harvester* dan *autonomous technology*, sensor atau *software*. Subsistem agribisnis pascapanen dan pengolahan dapat berupa industri pengeringan, pengolahan, pengembangan, penguatan dan penataan *home industry*.

Sementara dukungan teknologi presisi untuk subsistem agribisnis berupa pengering, sortasi, deteksi indeks glikemik dan membangun *Enterprise Resource Planning* (ERP) - model sistem informasi yang memungkinkan organisasi untuk mengotomasi dan mengintegrasikan proses-proses bisnis utamanya. Subsistem agribisnis pemasaran berupa pengembangan pemasaran berbasis IoT, pengembangan terminal agribisnis di sentra produksi dengan dukungan teknologi berupa sistem informasi manajemen pemasaran berbasis IoT dan sistem informasi manajemen pelayanan jasa alsintan berbasis IoT.

Dapat disimpulkan IoT sangat memberi manfaat di bidang pertanian: (i) Efisiensi, karena IoT menjadi penunjang efisiensi kerja dan aktivitas di bidang pertanian, semakin banyak jenis koneksi yang diciptakan semakin sedikit waktu penyelesaian pekerjaan di bidang pertanian; (ii) Monitor kegiatan secara praktis karena IoT dapat membantu mengontrol dan memonitor seluruh kegiatan di bidang pertanian sehingga lebih mudah, bahkan dapat merekomendasikan alternatif kegiatan atau pekerjaan yang lebih singkat; dan (iii) Koneksi lebih mudah antara perangkat produsen-konsumen dengan semakin baiknya koneksi antar-jaringan, sehingga perangkat IoT dapat berjalan lebih cepat dan efektif.

Layanan dan sistem pertanian presisi mencakup teknologi, perangkat lunak, dan peralatan canggih, seperti *Internet of Things* (IoT), robotika, sensor, dan pembelajaran dari pertanian presisi. Teknologi dan peralatan pertanian presisi ini digunakan untuk pengumpulan data dan penerapan tindakan perbaikan yang diperlukan. Penerapan pertanian presisi meliputi observasi kondisi tanah dan tanaman, pemantauan, penyimpanan, pengelolaan air irigasi, dan pelacakan alsintan.

Aplikasi pertanian presisi mencakup pemantauan kondisi tanah, tanaman, udara sekitar, serta kondisi dan prediksi cuaca secara *real-time*. Untuk mengukur kondisi tanah, seperti suhu dan kadar air serta udara sekitar, ditempatkan sensor IoT di lapangan. Perangkat IoT yang terhubung menentukan defisit nutrisi dan air. Selain itu, drone robotika dan satelit mengambil gambar tanaman secara *real-time*.

Teknologi dan infrastruktur cloud yang tepat untuk arsitektur pertanian berbasis IoT adalah kunci pengembangan pertanian presisi. Teknologi pertanian presisi mencakup teknologi perangkat lunak dan peralatan canggih, seperti IoT, robotika,

sensor, dan pembelajaran mendalam pertanian presisi. Teknologi dan alat pertanian presisi ini digunakan untuk pengumpulan data pertanian presisi mengenai bagaimana produktivitas dapat ditingkatkan, penerapan tindakan perbaikan yang diperlukan, dan penerapan pertanian presisi meliputi pemantauan tanaman, pengelolaan irigasi, dan pelacakan mesin pertanian.

Pemantauan tanah dan tanaman menggunakan IoT memberikan data dan informasi real-time tentang kondisi tanah dan tanaman. Petani kemudian dapat menggunakan data ini untuk membuat keputusan yang efektif mengenai tanaman mana yang memerlukan perawatan, area pertanian mana yang terbaik untuk tanaman tertentu, jumlah pupuk yang dibutuhkan setiap tanaman, dan lain-lain. Contoh lain dari pertanian presisi adalah menentukan tanaman mana yang membutuhkan jumlah air tertentu dan mengairi tanaman pada waktu yang tepat menggunakan sensor IoT. Hal ini mengurangi pemborosan air dan meningkatkan kualitas tanaman. Disamping itu pemasangan sensor IoT pada alsintan dapat digunakan untuk memantau kondisi dan kinerjanya. Sensor-sensor ini juga membantu menentukan waktu mesin tersebut perlu diservis, sehingga membantu mengurangi waktu henti. Beberapa sensor bahkan dilengkapi GPS untuk melacak ketidak-teraturan medan dan lokasi keberadaan alsintan.

Beberapa teknologi lain yang saat ini digunakan oleh petani dalam pertanian presisi, antara lain:

Drone yang digunakan untuk memotret gambar beresolusi tinggi dan mengirimkan kepada petani secara real-time sehingga memungkinkan pemantauan tanaman mulai dari penanaman hingga panen, dalam hampir semua kondisi cuaca. Hal ini dapat membantu petani menilai lahannya secara lebih efisien dan merespon secara cepat terhadap ancaman dari gulma, hama, dan penyakit.

Sensor IoT yang ditempatkan di lahan pertanian untuk menangkap data tanaman dan mengevaluasi kesehatan tanaman. Sensor tersebut juga dapat membantu dalam analisis tanah di berbagai lokasi untuk menentukan nutrisi tanah dan ketinggian air sepanjang musim tanam guna membantu petani lokasi dan waktu input tambahan diperlukan. Pemetaan tanah dengan cara ini dapat mendukung penanaman secara presisi serta meningkatkan kepadatan tanaman di lokasi yang tanahnya menyimpan lebih banyak air serta mengoptimalkan produksi dan mengurangi limbah. Jenis informasi ini juga dapat membantu petani membuat keputusan tentang panen pada musim berikutnya.

Mesin presisi menggunakan data yang disediakan oleh drone, sensor, atau data yang dimasukkan secara manual dan kemudian dapat menghitung jumlah pestisida dan input lainnya yang dibutuhkan tanaman secara spesifik lokasi. Panduan GPS memungkinkan aplikasi yang dijalankan untuk menentukan pestisida disemprot di lokasi

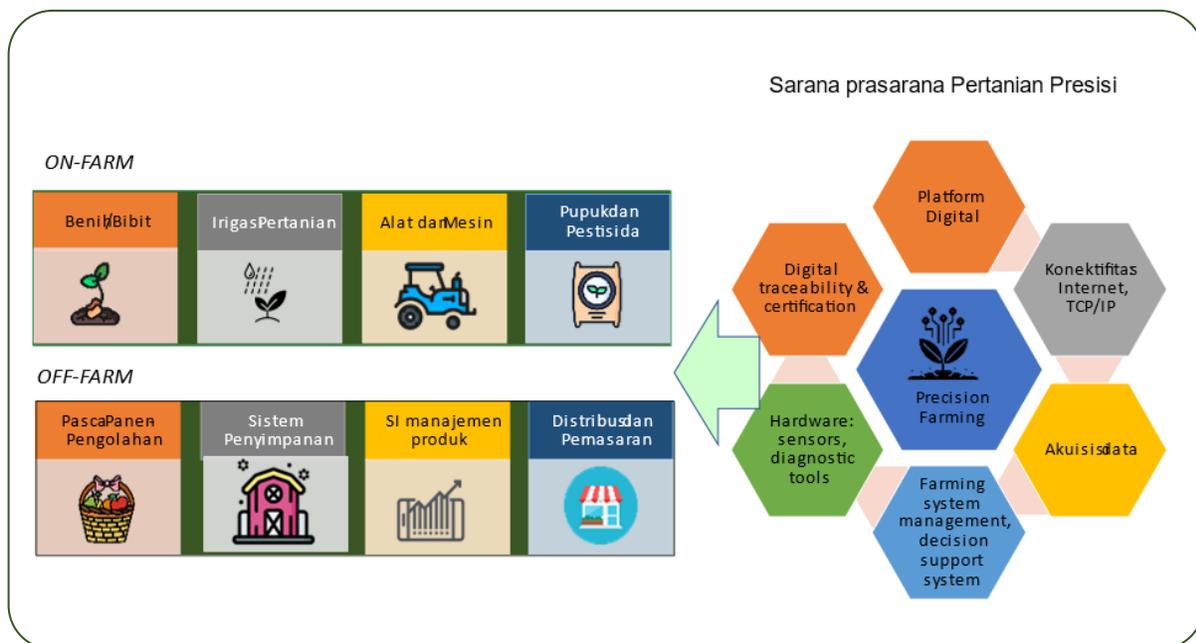


# BAB IV. DUKUNGAN PENGEMBANGAN

Kelancaran dan keberhasilan pengembangan pertanian memerlukan dukungan prasarana dan sarana serta SDM dan kelembagaan petani yang disesuaikan dengan kondisi dan sistem usaha pertanian yang akan dikembangkan.

## 4.1. Prasarana dan Sarana Pendukung

Prasarana dan sarana merupakan fasilitas dasar yang diperlukan dalam pengembangan pertanian. Dalam pengembangan pertanian presisi dibutuhkan prasarana dan sarana yang memadai agar semua input teknologi pertanian presisi dapat bekerja secara maksimal. Dalam pelaksanaannya, prasarana dan sarana tersebut tidak dapat dipisahkan dari input teknologi pertanian presisi yang akan dikembangkan. Prasarana dan sarana yang diperlukan dalam pengembangan pertanian presisi tidak hanya dalam bentuk fisik, tetapi juga nonfisik guna mendukung kegiatan *on-farm* dan *off-farm* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2022).



Gambar 4.1. Sarana dan Prasarana  
Sumber: Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (2022).

Prasarana dan sarana yang dibutuhkan pada pengembangan pertanian presisi meliputi infrastruktur fisik dan non fisik. Infrastruktur fisik seperti jalan usaha tani, alat-mesin pertanian, ketersediaan energi (jaringan listrik maupun bahan bakar), saluran pengairan dan drainase, jaringan koneksi digital, sedangkan prasarana nonfisik seperti

platform digital, sistem informasi budi daya tanaman, sistem jaringan pasar, dan akses pendanaan. Pada pengembangan sistem pertanian presisi, sarana pertanian *on-farm* ataupun *off farm* dengan teknologi konvensional dikombinasikan dengan penerapan sistem informasi manajemen data, teknologi sensor, otomatisasi, digitalisasi ataupun *artificial intelligent*. Sebagai prasarana teknologi pertanian presisi diperlukan jaringan koneksi digital seperti *platform* digital, sistem informasi, big data, sensor dan *controller*.

Untuk mendukung keberhasilan penerapan sistem produksi presisi, khususnya untuk penerapan mekanisasi, juga diperlukan prasarana tata kelola air yang baik (drainase dan irigasi), jalan usahatani untuk kemudahan akses dan mobilitas alsintan, sarana transportasi saprodi dan hasil panen, tersedia prasarana rumah alsintan, bengkel, suku cadang dan sumber daya manusia pengelola alsintan, serta operator/tenaga terampil.

Sarana produksi pertanian dibutuhkan untuk mendukung budidaya pertanian sekaligus memenuhi kebutuhan komoditas pertanian supaya bisa tumbuh dan berkembang serta memberikan hasil yang optimal. Sarana produksi tersebut bisa berupa benih/bibit, bahan pembenah tanah, pupuk, pestisida.

### ***Benih/bibit***

Kebutuhan terhadap jenis benih/bibit tergantung kepada tujuan bisnis yang dikembangkan. Benih/bibit dengan kategori unggul dapat dipertimbangkan berdasarkan satu atau kombinasi beberapa aspek seperti produksi tinggi, kesesuaian lokasi, umur tanaman, tahan terhadap hama penyakit atau nilai jual produk tinggi. Akses terhadap benih atau bibit berkualitas merupakan salah satu sarana yang dibutuhkan dalam kegiatan pertanian presisi. Penyedia benih unggul dan bersertifikat merupakan komponen penting dalam pengembangan kegiatan pertanian presisi yang ketertelusurannya (*traceability*) merupakan salah satu yang perlu mendapat perhatian dan dilakukan penguataan.

Dalam manajemennya, pihak korporasi petani diharapkan dapat berperan aktif dalam penyediaan benih/bibit untuk memenuhi kebutuhan anggotanya. Aktivitas pengembangan sarana perbenihan/pembibitan seperti penyediaan lahan *nursery* tanaman dengan naungan berupa *screen house* yang dilengkapi dengan teknologi modern (irigasi tetes, *UV light*, fertigasi otomatis, mesin sortasi benih dan lain-lain) juga perlu dipersiapkan dengan baik. Untuk kebutuhan sertifikasi, pihak korporasi juga dapat melakukan kerja sama sertifikasi dengan lembaga pengujian dan sertifikasi terakreditasi.

### ***Irigasi Pertanian***

Informasi kebutuhan dan ketersediaan air tanaman (air permukaan dan air tanah) merupakan prasarana penting dalam tahapan awal penyediaan irigasi pertanian untuk pengembangan pertanian presisi. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar

pengambil keputusan untuk membangun sarana irigasi pertanian (saluran irigasi, embung, dam parit, *long storage*). Introduksi teknologi modern pada irigasi dan drainase pertanian dan otomatisasi pengairan dilakukan melalui sensor.

### ***Alat dan mesin pertanian***

Selain komponen utama teknologi, alat-mesin pertanian juga dapat merupakan sarana produksi *on-farm* mulai dari pembukaan dan penyiapan lahan, tanam, perawatan tanaman dan panen. Prasarana yang dibutuhkan untuk operasionalisasi alsintan *on-farm* diantaranya jalan usahatani yang memungkinkan alat-mesin pertanian *on-farm* dapat berpindah-pindah dan rekayasa lahan pertanian yang memungkinkan alat-mesin pertanian *on-farm* dapat bermanuver di lahan pertanian. Selain itu juga diperlukan akses terhadap ketersediaan bahan bakar alat-mesin pertanian berupa solar, bensin atau listrik. Sarana alsintan lainnya adalah berupa bengkel alsintan beserta akses terhadap *spare parts* dari distributor.

Sebagai barang modal, model pengelolaan jasa alsintan juga perlu dipersiapkan. Introduksi teknologi digital dapat dilakukan untuk membantu efisiensi penyediaan sarana alsintan, di antaranya *platform* manajemen usaha penyewaan alsintan atau sampai dengan penyediaan teknologi alsintan yang dilengkapi sensor dan sistem informasi digital berbasis IoT.

### ***Pupuk dan pestisida***

Pertanian presisi merupakan upaya untuk peningkatan efisiensi dan peningkatan kualitas lingkungan. Dalam pertanian presisi, pemberian pupuk kimia, pestisida dan obat-obatan kimia diupayakan dosisnya tepat sesuai kebutuhan, tidak seperti pertanian konvensional yang mengaplikasikan pupuk/pestisida kimia pada tanaman yang cenderung berlebihan dan bahkan terjadi pemborosan. Pemberian pupuk/pestisida kimia secara presisi dimungkinkan jika ada sensor pengukuran atau setidaknya sistem informasi yang dapat mengatur pemberiannya secara tepat dan sesuai waktu yang dibutuhkan. Sarana dan prasarana digital berupa sensor pengukuran atau sistem informasi status hara yang dibutuhkan perlu disediakan sebagai prasarana pertanian presisi. Selain itu, prasarana pendukung berupa unit penyediaan bahan sarana pupuk/pestisida organik juga dapat dikembangkan di lokasi pengembangan pertanian presisi dalam upaya peningkatan penggunaan bahan organik untuk penyediaan unsur hara dan pestisida organik.

Pengembangan teknologi berbasis pertanian organik merupakan salah satu usaha yang dapat dikembangkan di lokasi pengembangan pertanian presisi. Sarana dan prasarana sertifikasi sistem usahatani dan produknya perlu disiapkan melalui Lembaga Pengujian dan Sertifikasi terakreditasi yang dapat diakses oleh pihak Korporasi Petani secara berkala. Indonesia sudah mempunyai SNI 6729-2016 Sistem Pertanian Organik sehingga produk pertanian organik yang telah mempunyai sertifikat berhak menggunakan label organik.

## ***Pasca Panen dan Pengolahan***

Sarana dan prasarana pascapanen dan pengolahan meliputi sarana angkut dari lahan ke unit pengolahan, bangunan unit pengolahan, alat-mesin pascapanen primer seperti sortasi, pengeringan, *packing*, dan lainnya. Selain itu dibutuhkan pula alat-mesin pengolahan sekunder jika produk yang dihasilkan atau produk samping akan ditingkatkan nilai tambahnya. Ketersediaan energi berupa listrik atau bahan bakar mesin pertanian perlu diperhitungkan sebagai prasarana Unit Pengolahan Hasil. Sarana dan prasarana penyimpanan produk seperti *cold storage*, silo atau bangunan penyimpanan juga dibutuhkan. Sarana dan prasarana penyimpanan produk yang dibutuhkan salah satunya untuk mengendalikan sistem distribusi dan pemasaran hasil.

### ***Sistem manajemen penyimpanan dan distribusi/pemasaran produk***

Berbeda dengan kegiatan pertanian konvensional, pada kegiatan pertanian presisi, sarana berupa sistem informasi manajemen pemasaran produk dapat diintroduksi dengan pemanfaatan teknologi digital yang telah berkembang saat ini, seperti *platform inventories* dan akses pasar *on-line*, teknologi informasi ketertelusuran produk, *branding* dan sertifikasi melalui penggunaan *barcode/QR code*. Karena itu, teknologi pertanian presisi dikombinasikan dengan sistem informasi manajemen dan atau komponen *cyber physical system* (sensor, kamera, robot dan lain-lain). Prasarana dan sarana yang dibutuhkan adalah teknologi digital, *Internet of Things* dan *Artificial Intelligent* serta *big data* dan sensor otomasi. Dengan mempertimbangkan tingkat teknologi yang tersedia saat ini, sarana dan prasarana yang memungkinkan tersedia adalah berupa *Platform* digital, konektivitas internet, TCP/IP, akuisisi data digital, data *farm management system*, *decision support system*, *hardware* berupa *sensors*, *diagnostic tools*, *microcontroller*, dan *digital traceability equipment and certifications*.

## **4.2. SDM Berkualitas melalui Digitalisasi dan Pendidikan Tinggi Pertanian**

Keberhasilan pengembangan pertanian presisi memerlukan dukungan SDM yang berkualitas dan kompeten terutama melalui Digitalisasi dan Pendidikan Tinggi Pertanian. Salah satu ekspektasi besar terhadap Pendidikan Tinggi Pertanian/Agribisnis adalah para pembelajar diharapkan dapat memperoleh wawasan dan spirit sistem usaha dan kewirausahaan agribisnis yang bukan hanya melayani permintaan domestik (*domestic demand*), akan tetapi perdagangan antar negara (internasional) bahkan global. Tulisan ini agak membedakan istilah internasional dan global. Ketika permintaan penawaran itu lebih pada konteks pembatasan (antar) negara, maka ini internasional. Akan tetapi jika tidak ada lagi pembatasan wilayah (negara bukan jadi *border*), maka inilah yang diistilahkan global. Dalam konteks ini (global), digitalisasi pertanian (*e-commerce*, salah satunya) tidak akan dapat dihindari. Termasuk didalamnya harus dapat terkait baik (*well-connected*) dengan aspek keberlanjutan pertanian. Artinya, ini akan menjadi semacam “liga” perolehan konsumen akhir pertanian bukan hanya dari sisi peningkatan permintaan dalam arti keuntungan (kuantitas dan kualitas), tetapi juga

akan memperhitungkan aspek kontinuitas. Instrumen Pendidikan Tinggi Pertanian/Agribisnis harus mampu memberikan rute baru pengembangan digitalisasi pertanian, termasuk penguatan dan pengembangan pertanian presisi.

Digitalisasi pertanian juga diharapkan akan membantu menganalisis kesiapan infrastruktur pertanian presisi yang diperlukan, terutama jaringan distribusi input di sektor on farm. Selain itu, digitalisasi pertanian mensyaratkan kesiapan kelembagaan dalam membantu pengambilan keputusan produksi secara tepat dengan minimisasi resiko yang berpotensi muncul. Kedepan pemerintah memerlukan kesiapan digital farming untuk peningkatan efisiensi produksi dan pemasaran produk pertanian. Artinya digitalisasi akan berperan penting dalam pengelolaan resiko penyediaan input, resiko produksi, resiko keuangan dan resiko kelembagaan pertanian. Ini membawa pesan penting bahwa Pendidikan Tinggi Pertanian kedepan, harus mampu memberikan respon cepat dan tepat terhadap pengelolaan resiko dalam pertanian presisi.

Empat fenomena sebagai parameter lemahnya sistem pertanian di Indonesia (Nuddin, 2022): pertama, pertanian di Indonesia masih didominasi oleh usahatani rumah tangga berskala kecil; kedua, pengembangannya belum mengarah pada pencapaian keunggulan komparatif wilayah (wilayah belum menjadi acuan perencanaan); ketiga, orientasi ekspor produk pertanian masih bersifat primer dengan nilai ekonomi relative rendah; keempat, adanya agroindustri yang masih berjalan lambat. Keempat fenomena ini merupakan masalah yang serius dan harus tertangani sesegera mungkin, mengingat pertanian merupakan sektor pendukung pembangunan ekonomi Indonesia pada umumnya. Termasuk didalamnya kemampuan adaptasi sistem usahatani *monoculture ke intercropping farming system* (Arsyad et al., 2020; Akhsan et al., 2022) untuk mengurangi resiko ketidakpastian produksi pertanian presisi.

Sektor pertanian sudah memandang pertanian sebagai sistem bisnis yang harus didukung oleh empat pilar utama. Keempat pilar yang dimaksudkan, adalah: **Pertama**, kegiatan ekonomi (industri dan perdagangan) yang menghasilkan sarana produksi (input) pertanian, sebagai sub-sektor agribisnis hulu (*up-stream agribusiness*); **Kedua**, kegiatan usahatani yang menggunakan sarana produksi untuk menghasilkan produk pertanian primer, sebagai sub-sektor agribisnis usahatani (*on-farm agribusiness*); **Ketiga**, kegiatan yang mengolah produk pertanian primer menjadi produk olahan (industri pengolahan/agroindustri) serta kegiatan pemasaran dan perdagangan sebagai sub-sektor agribisnis hilir (*down-stream agribusiness*); **Keempat**, kegiatan yang memberikan layanan pendukung terhadap ketiga sub-sektor lainnya yaitu subsektor jasa layanan pendukung (*support services*). Keempat pilar ini merupakan sub-sistem yang tidak terpisahkan satu sama lain. Jika salah satu diantaranya mengalami kendala, akan berdampak terhadap sub-sektor lainnya, sehingga dapat menjadi pemicu terhadap penurunan kinerja sistem pertanian, dan bukan tidak mungkin dapat memicu isu-isu sosial, politik dan ekonomi (Nuddin, 2021). Sistem agribisnis yang diharapkan terintegrasi ini, tentu saja memerlukan kemitraan yang baik dengan banyak komponen,

termasuk didalamnya peran penting Asosiasi Profesi Pertanian untuk turut menjadi *check and balance* arah pengembangan pertanian presisi yang diharapkan memenuhi kebutuhan industri dan pemerintah, termasuk kemajuan Pendidikan Tinggi Pertanian itu sendiri.

Salah satu komponen utama dalam mendorong kemajuan pengembangan agribisnis adalah kekuatan “daya rekat” Pendidikan Tinggi Pertanian dengan Asosiasi Pertanian. Peran Asosiasi Pertanian menjadi sangat penting untuk memberikan masukan “branding” Pendidikan Tinggi Pertanian, termasuk didalamnya pengembangan silabus dan kurikulum pertanian yang sesuai dan memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap kebutuhan dunia usaha, dunia industry (DUDI) dan pemerintah, serta implikasi utamanya terhadap *Learning Outcome* (LO) Pendidikan Tinggi Pertanian. Asosiasi Profesi Pertanian diharapkan dapat menjalankan perannya dalam sebagai media keterlibatan dosen, periset dan pengabdian agribisnis, termasuk mahasiswa dalam mengembangkan diskusi pentingnya penguatan advokasi untuk pengembangan pertanian presisi secara nasional dan regional.

#### **4.3. Inovasi Kelembagaan Pertanian Presisi**

Pertanian presisi, sebagai pendekatan modern dalam sektor pertanian yang menekankan pemanfaatan teknologi informasi, sensor, dan pemantauan untuk meningkatkan manajemen lahan dan sumber daya pertanian secara presisi (Gebbers, & Adamchuk, 2010), memerlukan dukungan inovasi kelembagaan yang kritis dalam seluruh proses implementasinya.

Inovasi kelembagaan adalah perubahan dalam struktur, proses, atau hubungan dalam suatu organisasi atau sistem sosial. Inovasi kelembagaan dapat bersifat formal, seperti perubahan dalam undang-undang atau regulasi, atau informal, seperti perubahan dalam praktik atau budaya. Dalam konteks pertanian presisi, inovasi kelembagaan diperlukan untuk mendukung implementasi teknologi presisi secara efektif dan berkelanjutan. Inovasi kelembagaan dapat membantu mengatasi berbagai tantangan dalam penerapan pertanian presisi, seperti:

- (1) Ketersediaan dan aksesibilitas teknologi presisi.
- (2) Teknologi presisi dapat menjadi mahal dan kompleks, sehingga perlu ada upaya untuk memastikan ketersediaan dan aksesibilitas teknologi ini bagi petani.
- (3) Keterampilan dan pengetahuan petani.
- (4) Petani perlu memiliki keterampilan dan pengetahuan yang memadai untuk menerapkan teknologi presisi secara efektif.
- (5) Kerja sama antar pemangku kepentingan.
- (6) Implementasi pertanian presisi membutuhkan kerja sama antar pemangku kepentingan, seperti petani, pemerintah, dan swasta.

Berikut adalah beberapa contoh inovasi kelembagaan yang dapat mendukung implementasi pertanian presisi:

- (1) Pembentukan lembaga khusus yang fokus pada pengembangan dan penerapan pertanian presisi.
- (2) Penyediaan pelatihan dan pendampingan bagi petani dalam penggunaan teknologi presisi.
- (3) Pengembangan kebijakan dan insentif yang mendukung penerapan pertanian presisi.

Di Indonesia, Kementerian Pertanian telah menetapkan Master Plan Pengembangan Pertanian Presisi (2020-2024) yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan ketahanan pangan nasional melalui penerapan pertanian presisi. Master Plan ini mencakup berbagai strategi, termasuk pengembangan inovasi kelembagaan. Salah satu contoh inovasi kelembagaan yang telah dilakukan di Indonesia adalah pembentukan Pusat Inovasi Pertanian Presisi (PIPP) di Ciomas, Bogor, Jawa Barat. PIPP merupakan lembaga penelitian dan pengembangan yang fokus pada pengembangan teknologi dan inovasi pertanian presisi. PIPP juga berperan dalam memberikan pelatihan dan pendampingan bagi petani dalam penggunaan teknologi presisi.

Inovasi kelembagaan merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan pertanian presisi. Inovasi kelembagaan dapat membantu mengatasi berbagai tantangan dalam penerapan pertanian presisi dan meningkatkan keberhasilan penerapan teknologi presisi secara efektif dan berkelanjutan. Kelembagaan ini berperan penting dalam menciptakan lingkungan yang mendukung dan mendorong perkembangan teknologi pertanian presisi. Dari perancangan kebijakan yang progresif hingga penyediaan pelatihan dan pendidikan yang komprehensif, dukungan inovasi kelembagaan menjadi fondasi bagi suksesnya adopsi pertanian presisi, memastikan keberlanjutan dan keberhasilan implementasi praktik modern ini di sektor pertanian.

Salah satu aspek penting dari dukungan inovasi kelembagaan dalam konteks pertanian presisi adalah menciptakan kebijakan yang mendukung dan mendorong adopsi teknologi ini. Kebijakan yang progresif dan bersifat inklusif dapat membuka jalan bagi pengembangan infrastruktur yang mendukung pertanian presisi, penyediaan akses teknologi yang lebih luas, serta insentif bagi para pelaku pertanian untuk mengadopsi praktik pertanian presisi (Qin *et al.*, 2018).

Langkah-langkah kebijakan ini dapat mencakup pengembangan regulasi yang mendukung implementasi teknologi presisi, alokasi anggaran untuk pelatihan petani, dan penyusunan insentif keuangan guna merangsang adopsi teknologi presisi di berbagai tingkatan pertanian. Melalui kebijakan yang bersifat progresif dan inklusif, kelembagaan pertanian dapat memberikan landasan yang kuat bagi transformasi menuju pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain itu, peningkatan kapasitas dan pengetahuan petani serta pihak terkait melalui pelatihan dan pendidikan merupakan langkah krusial untuk mendukung

keberhasilan pertanian presisi. Kelembagaan pertanian, seperti lembaga riset pertanian dan lembaga pendidikan, dapat berperan penting dalam memberikan pemahaman yang mendalam tentang teknologi presisi kepada para praktisi pertanian (Gebbers, & Adamchuk, 2010). Melalui program pelatihan yang terarah dan pendidikan yang berkelanjutan, petani dan pihak terkait dapat memahami prinsip-prinsip dasar pertanian presisi, mengoptimalkan penggunaan teknologi yang ada, dan mengadaptasi perubahan teknologi yang terjadi seiring waktu. Ini akan memastikan bahwa para praktisi pertanian memiliki pengetahuan yang cukup untuk mengadopsi dan mengintegrasikan teknologi presisi secara efektif dalam aktivitas pertanian sehari-hari.

Dukungan kelembagaan dalam konteks pertanian presisi dapat lebih lanjut diwujudkan melalui kemitraan strategis antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga penelitian. Kemitraan semacam ini bukan hanya menciptakan platform kolaboratif untuk pengembangan teknologi presisi, tetapi juga memfasilitasi implementasi praktik pertanian presisi. Kerja sama yang erat melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk petani, pengembang teknologi, dan peneliti, dapat mempercepat adopsi teknologi presisi di berbagai tingkatan pertanian (Qin *et al.*, 2018).

Dalam menghadapi dinamika pertanian presisi yang terus berkembang, dukungan kelembagaan mencakup pemantauan dan evaluasi terus-menerus terhadap perkembangan teknologi dan kebijakan terkait. Keberadaan lembaga atau badan pengawas yang khusus dapat membantu mengidentifikasi perubahan tren dan menyesuaikan kebijakan serta dukungan kelembagaan sesuai dengan kebutuhan yang berkembang (Gebbers, & Adamchuk, 2010). Pemantauan dan evaluasi yang terus-menerus ini penting untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitas dari inisiatif pertanian presisi, seiring dengan perkembangan pesat di dalam sektor tersebut.

Pada tingkat yang mendasar, pertanian presisi sangat bergantung pada manajemen informasi yang terkoordinasi secara hierarkis, melibatkan kolaborasi antara pelaksana dari tingkat puncak hingga tingkat dasar. Dibutuhkan sinergi antara berbagai pihak yang terlibat dalam manajemen dan implementasi teknologi keras (*hardware*) untuk memastikan keseluruhan sistem berjalan efisien. Keterlibatan yang sinergis ini memastikan aliran informasi yang lancar dari tingkat atas hingga ke pelaksana di lapangan, memungkinkan adopsi yang efektif dari teknologi pertanian presisi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam sektor pertanian.

Pedoman dan petunjuk teknis lapangan dalam konteks pertanian presisi harus bersifat sangat rinci dan kuantitatif, mencerminkan presisi dalam implementasinya. Karakteristik khas dari pertanian presisi menuntut kespesifikasian yang tinggi, baik dalam bentuk teknologi yang diterapkan maupun dalam skala penerapannya. Penting untuk disesuaikan dengan setiap jenis komoditas, bahkan di lahan yang berada dalam satu kawasan yang sama. Oleh karena itu, pendekatan pertanian presisi memerlukan manajemen yang berfokus pada lokasi atau *site-specific management*.

Dalam banyak kasus, kondisi tanaman dapat bervariasi secara signifikan, bahkan di bagian yang berdekatan satu sama lain. Oleh karena itu, aplikasi teknologi pertanian presisi harus dapat menyesuaikan tingkat input dan praktik manajemen secara spesifik dengan skala perhitungan yang tepat. Bahkan perbedaan kecil pun dapat berdampak pada hasil yang optimal, sehingga prinsip pertanian presisi menjadi kritis. Penerapan teknologi dengan ketelitian dan adaptabilitas yang tinggi pada tingkat lokasi yang spesifik menjadi kunci keberhasilan dalam menerapkan pertanian presisi (Gebbers, & Adamchuk, 2010).

Manajemen implementasi pertanian presisi melibatkan serangkaian tahapan yang melibatkan perencanaan, pelaksanaan, monitoring, dan evaluasi. Keseluruhan kegiatan ini diimplementasikan secara partisipatif dan terintegrasi dengan melibatkan berbagai pihak terkait. Proses ini mencakup:

- (1) Penyedia teknologi seperti HIMBARA dengan Kartu Tani, pihak swasta, dan Kementerian Komunikasi dan Informatika.
- (2) Penyedia sarana dan prasarana yang diwakili oleh Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian (Ditjen PSP) di Kementerian Pertanian.
- (3) Pendampingan teknis yang dilakukan oleh Ditjen PSP di Kementerian Pertanian dan instansi teknis lainnya.
- (4) Pendampingan Sumber Daya Manusia (SDM) yang dikoordinasikan oleh Badan Sumber Daya Manusia Pertanian (Badan SDMP) di Kementerian Pertanian.
- (5) Pembiayaan usaha melibatkan berbagai lembaga keuangan seperti Kredit Usaha Rakyat (KUR), kredit komersial, Tabungan untuk Jaminan Sosial Layanan (TJSL) dari BUMN, Corporate Social Responsibility (CSR) dari pihak swasta, serta asuransi yang disediakan oleh PT Jasindo.
- (6) *Off Taker*, termasuk Perusahaan Perdagangan Indonesia (PPI) dan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) sektor pangan.

Melibatkan semua aspek tersebut dalam proses implementasi bertujuan untuk menciptakan sinergi dan mendukung keberhasilan penerapan pertanian presisi dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan terkait.

Manajemen pertanian presisi di satu kawasan pada prinsipnya dijalankan oleh korporasi petani. Korporasi petani, sebagai entitas sentral, memiliki peran utama dalam mengelola dan mengambil keputusan terkait pelaksanaan pertanian presisi di lokasi pengembangan. Proses pembentukan dan pengembangan korporasi petani diawali dengan konsolidasi usaha pertanian dan Sumber Daya Manusia (SDM), serta pengembangan kelembagaan petani dan kelembagaan ekonomi petani menjadi satu kesatuan korporatif.

Dalam konteks ini, korporasi petani menjadi pusat pengelolaan yang menyeluruh, bertanggung jawab atas perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi dari praktik pertanian presisi. Langkah-langkah ini bertujuan untuk mencapai efisiensi yang optimal

dalam penggunaan teknologi presisi, manajemen sumber daya, dan meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan. Melalui korporasi petani, tercipta kerangka kerja yang terkoordinasi dan terintegrasi untuk mendukung pertanian presisi di tingkat kawasan.

Peran manajemen yang dijalankan oleh korporasi petani mencakup beberapa aspek krusial dalam implementasi pertanian presisi. Diantaranya, korporasi petani bertanggung jawab untuk menyusun rekomendasi teknis dan rencana tanam yang memerlukan precision mapping. Proses ini melibatkan pengumpulan dan analisis data secara rinci untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi presisi dalam perencanaan pertanian. Selain itu, dalam kegiatan usahatani, korporasi petani berperan penting dalam mengumpulkan data harga input dan melaksanakan implementasi kegiatan sesuai dengan rencana yang telah disusun. Untuk memastikan kesuksesan dan keberlanjutan praktik pertanian presisi, korporasi petani juga aktif dalam kegiatan monitoring dan *early warning system* yang membutuhkan data cuaca, kondisi tanaman, ketersediaan air, dan hasil panen total (HPT).

Dalam fase panen dan transportasi, korporasi petani memastikan ketersediaan unit pengolahan dan transportasi produk mentah secara efisien. Lebih dari itu, korporasi petani berfungsi sebagai sentra komunikasi dan koordinasi dengan seluruh stakeholders yang terlibat, termasuk pihak terkait dalam rantai pasok pertanian presisi. Dengan demikian, korporasi petani menjadi elemen kunci dalam memastikan integrasi yang baik dan kelancaran seluruh proses pertanian presisi di tingkat kawasan.

Secara keseluruhan, manajemen pelaksanaan pertanian presisi di kawasan pertanian diawali dengan fase inisiasi dan penumbuhan. Pada tahap ini, dilakukan penetapan panduan, analisis diagnostik, dan perencanaan bisnis yang melibatkan proses penganggaran dan sosialisasi. Penganggaran mencakup penyusunan rencana dan penyediaan bantuan program serta alokasi anggaran pemerintah yang mendukung implementasi pertanian presisi. Sementara itu, sosialisasi merupakan kegiatan penyampaian rencana pengembangan kepada berbagai pihak terkait, termasuk penetapan struktur organisasi pelaksana yang akan melibatkan semua stakeholders.

Proses sosialisasi ini berperan penting dalam memperoleh dukungan dan partisipasi dari berbagai pihak yang terlibat dalam kawasan pertanian. Selain itu, kegiatan sosialisasi juga mencakup penyampaian informasi terkait tujuan, manfaat, dan langkah-langkah praktis yang akan diimplementasikan dalam pertanian presisi. Melalui inisiasi dan penumbuhan ini, kawasan pertanian dapat membangun dasar yang kuat untuk pelaksanaan pertanian presisi yang efektif dan berkelanjutan.

Langkah selanjutnya dalam manajemen pelaksanaan pertanian presisi mencakup pengembangan dan pemantapan yang terfokus pada beberapa aspek kunci, yaitu: (1) Penguatan kelembagaan; (2) Pengembangan inovasi teknologi; (3) Penguatan struktur usaha; (4) Pemantapan kinerja bisnis; dan (5) Pemandirian.

Penguatan kelembagaan melibatkan penumbuhan, perluasan, dan pengukuhan status hukum kelembagaan ekonomi petani, terutama yang terkait dengan korporasi petani. Proses ini penting untuk memastikan bahwa kelembagaan tersebut memiliki fondasi yang kokoh dan legalitas yang jelas dalam mendukung pelaksanaan pertanian presisi.

Pengembangan inovasi teknologi, khususnya berkaitan dengan penyediaan, akses, dan pemanfaatan teknologi digital sebagai basis teknologi presisi, menjadi langkah strategis dalam memajukan praktik pertanian. Inovasi ini dapat mencakup penggunaan sensor, pemetaan presisi, dan teknologi lainnya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pertanian presisi.

Dengan penguatan struktur usaha, kawasan pertanian dapat memastikan bahwa entitas bisnis yang terlibat memiliki kerangka kerja yang kuat dan terstruktur. Pemantapan kinerja bisnis menjadi langkah krusial dalam menilai efektivitas dan keberlanjutan dari implementasi pertanian presisi di tingkat kawasan. Terakhir, pemandirian merupakan upaya untuk memastikan bahwa kawasan pertanian dapat berdiri sendiri secara ekonomi dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

Penguatan struktur usaha melibatkan langkah-langkah peningkatan skala usaha korporasi petani secara bertahap. Proses ini dimulai dengan memanfaatkan sisa hasil usaha sebagai modal investasi untuk pengembangan usaha, memungkinkan korporasi petani untuk memperluas dan meningkatkan kapasitas operasionalnya.

Selanjutnya, pemandirian merupakan tahap perencanaan dan pelaksanaan pengurangan bantuan pemerintah secara bertahap hingga korporasi petani mampu tumbuh secara mandiri dan berkembang secara berkelanjutan. Kegiatan pemandirian mencakup pengembangan teknologi dan diversifikasi usaha korporasi petani, memastikan bahwa entitas tersebut tidak hanya dapat bertahan, tetapi juga dapat berinovasi dan memperluas portofolio usahanya untuk mencapai pertumbuhan yang berkelanjutan.

Dalam konteks pengembangan pertanian presisi, kelembagaan dan manajemen petani menjadi faktor krusial. Kelembagaan petani tidak hanya berperan sebagai kelas belajar, wadah kerja sama, tetapi juga sebagai unit produksi yang mendukung implementasi praktik pertanian presisi. Untuk mendukung lebih lanjut pengembangan pertanian presisi, kelembagaan petani didorong untuk melakukan transformasi menjadi kelembagaan ekonomi petani, yang memiliki fungsi yang lebih luas.

Kelembagaan ekonomi petani dianggap sebagai embrio untuk tumbuh dan berkembangnya korporasi petani. Pengembangan korporasi petani menjadi aspek penting karena melibatkan jumlah petani yang cukup banyak dengan skala usaha yang kecil. Dengan skala usaha yang kecil, menjadi tantangan bagi petani untuk dapat mengorganisasikan diri secara efektif dan efisien dalam mengembangkan pertanian presisi secara berkelanjutan. Oleh karena itu, kelembagaan ekonomi petani menjadi

solusi untuk mengatasi kendala tersebut dan membuka peluang bagi pertumbuhan dan keberlanjutan pertanian presisi dalam skala yang lebih besar

Proses pembentukan korporasi petani dimulai melalui tahap konsolidasi, di mana petani awalnya dikonsolidasikan ke dalam suatu kelompok tani (Poktan). Selanjutnya, Poktan dikonsolidasikan menjadi gabungan kelompok tani (Gapoktan), dan dari situ, proses transformasi berlanjut menuju pembentukan korporasi petani. Langkah-langkah ini menciptakan suatu struktur organisasi yang lebih besar dan terorganisir, memungkinkan petani untuk lebih efektif dan efisien dalam mengembangkan pertanian presisi secara berkelanjutan.

#### **4.4. Penanganan Kemiskinan dan Kelembagaan**

Penanganan kemiskinan di Indonesia selama lebih dari empat dekade proses pembangunan (1966-2020) masih menyisakan tantangan baru. Bukan hanya dari sisi political will pemerintah, akan tetapi metode penanganan kemiskinan juga ikut menjadi persoalan. Studi kemiskinan selama ini berfokus pada program pemerintah pusat maupun daerah, namun dimensi kemiskinan yang dipelajari tidak holistik dan tidak *integrated*. Metode analisis kemiskinan juga banyak mengarah pada berapa persen orang atau rumah tangga yang hidup dibawah garis kemiskinan nasional (*National Poverty Line*), tapi tidak mendalami seberapa parah miskinnya rumah tangga tersebut (*Poverty Gap*) dan siapa yang keluar masuk kemiskinan (*Exit-Entry Poverty*), menyebabkan kesulitan membangun konsep atau dimensi baru kemiskinan. Persoalan fundamental lainnya adalah memandang kemiskinan dalam dimensi yang sempit (unit dan metode analisis), sementara kemiskinan harus dipotret melalui variasi dimensi kemiskinan, termasuk kombinasi metode analisis yang dapat melahirkan konsep baru penanganan kemiskinan. Dalam situasi seperti ini, Indonesia membutuhkan informasi metode analisis yang komprehensif (beberapa *step analysis*) dan multi-dimensi. Pendidikan Tinggi Pertanian/Agribisnis kedepan harus mampu dan secara jelas menjalankan perannya dalam penanganan kemiskinan baik langsung maupun tidak langsung.

Douglass C. North, penerima hadiah Nobel karena keberhasilannya dalam mengurai pentingnya kelembagaan dalam pembangunan ekonomi. Dalam bukunya yang sangat terkenal *Institutions, Institutional Change and Economic Performance* menguraikan bahwa kelembagaan adalah “*rule of the game*” dalam masyarakat. Kelembagaan dapat membantu pembangunan ekonomi dan mengurangi ketidakpastian dalam produksi, [termasuk pertanian/pedesaan], meskipun kelembagaan itu sendiri adalah suatu proses yang sangat kompleks (North, 1990). Artinya perubahan kelembagaan pertanian akan sangat menentukan arah perubahan pembangunan pertanian dan pedesaan.

Kelembagaan bukan hanya bentuk atau format organisasi, tapi adalah aturan main, tertulis dan tidak tertulis, norma, konvensi, dan sistem nilai yang telah dianut dan

ditegakkan dalam sistem sosial kemasyarakatan tertentu. Dalam pembangunan pertanian, perdesaan dan keberlanjutan sumber daya alam, peran aransemen kelembagaan dan modal sosial atau perekat dan derajat keterlibatan individu dalam masyarakat menjadi demikian vital, bahkan dapat menentukan keberhasilan program intervensi dan perubahan sosial menuju tingkatan yang lebih maju dan lebih baik. Revolusi pertanian 4.0 mensyaratkan peningkatan kapasitas dan kapabilitas sumber daya manusia, modal sosial dan aransemen kelembagaan menuju tingkat efisiensi dan efektivitas sistem rantai nilai dari hulu, tengah dan hilir (Arifin, 2019), sekaligus penguatan inovasi agribisnis sebagai jalur pertumbuhan ekonomi (Adenle *et al.*, 2017) dan penguatan agribisnis *supply chain* (Behzadi *et al.*, 2017). Kelembagaan pembangunan pertanian adalah kelembagaan yang berfungsi mendorong perubahan terencana pada bidang pertanian. Kelembagaan demikian termanifestasikan sebagai struktur organisasi dan aturan main yang memengaruhi arah dan kecepatan perubahan pertanian. Dalam keberfungsian demikian itulah, kelembagaan pembangunan pertanian mempolakan perilaku individu petani maupun kolektifitas masyarakat tani untuk terus berubah mengikuti derap spirit zaman. Perubahan pada pertanian ditentukan oleh fungsi kelembagaannya. Oleh karena itu, mengidentifikasi dan memetakan entitas kelembagaan yang beroperasi dalam pembangunan pertanian (Salman, 2019) untuk memperkuat koordinasi antar lembaga, akan menjadi sangat penting dan tidak bisa dihindari. Sehingga diperlukan program strategis untuk membangun perdesaan melalui aktivitas ekonomi pertanian dan agribisnis (*on farm* dan *off farm*), terutama ketika perdesaan didominasi oleh nafkah pertanian (*agriculture livelihoods*). Ini juga menjadi “signal” penting perlunya segera Pendidikan Tinggi Pertanian berperan dalam Pertanian Presisi dan penguatan kelembagaan pertanian untuk penanganan kemiskinan secara terintegrasi. Artinya, bukan hanya menjadikan penguatan kelembagaan sebagai bagian dari kurikulum, akan tetapi yang lebih penting adalah “*Action Plan*” Pendidikan Tinggi Pertanian dalam memperkuat pertanian presisi dan kelembagaannya untuk penanganan kemiskinan.



# **BAB V. PENGENDALIAN PERTANIAN PRESISI**

## **5.1. Monitoring dan Pengendalian**

Dalam rangka memastikan pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian presisi sesuai rancangan dan perencanaannya serta mendukung pencapaian indikator keberhasilan di lapangan, maka perlu dilakukan monitoring dan pengendalian terhadap kegiatannya. Kegiatan monitoring ditujukan untuk mengevaluasi kesesuaian proses dan perkembangan pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian presisi dengan rancangan dan rencananya sedangkan kegiatan pengendalian ditujukan untuk menjamin tercapainya tujuan dan sasaran serta indikator kinerja kegiatan pengembangan pertanian presisi.

Kegiatan monitoring dan pengendalian dilakukan secara berjenjang dan berkala oleh Tim Pelaksana multi institusi terkait dengan pengembangan pertanian presisi. Instrumen yang digunakan pada kegiatan monitoring dan pengendalian adalah sistem yang komprehensif multi-aspek. Ruang lingkup kegiatan monitoring dan pengendalian mencakup aspek teknis, sosial ekonomi, dan kelembagaan dengan memperhatikan indikator kinerja pengembangan pertanian presisi yang telah ditetapkan. Aspek teknis berkaitan dengan implementasi model pertanian presisi beserta unsur-unsur teknologi serta prasarana dan sarana pendukungnya. Aspek sosial ekonomi terkait dengan peningkatan kapasitas SDM dan pembiayaan dalam mendukung kelancaran kegiatan pengembangan pertanian presisinya, sedangkan aspek kelembagaan berkaitan dengan lembaga pelaksana yang terlibat dalam mendukung keberhasilan pengembangan pertanian presisinya.

Tahapan kegiatan monitoring dan pengendalian pengembangan pertanian presisi mencakup kegiatan persiapan dan pelaksanaan berikut:

### **(1) Tahap Persiapan**

Pada tahap persiapan, Tim Pelaksana Pusat dan Daerah melakukan monitoring dan pengendalian, utamanya pada pelaksanaan identifikasi calon lokasi dan calon Kelompok tani (Poktan) pengembangan pertanian presisi. Monitoring dan pengendalian pada tahap identifikasi memperhatikan kesesuaian aspek teknis, sosial ekonomi, dan manajemen dengan kriteria yang telah ditetapkan, termasuk kesiapan petani/Poktan dalam hal kemampuan pengelolaan pertanian presisi dan status kelembagaan petani/Poktan.

### **(2) Tahap Pelaksanaan**

Kegiatan monitoring dan pengendalian pada tahap pelaksanaan pengembangan pertanian presisi adalah:

- (1) Fasilitasi penyediaan prasarana dan sarana produksi dari hulu sampai hilir (budi daya sampai pengolahan dan pemasaran hasil) di lokasi pengembangan pertanian presisi.
- (2) Pelaksanaan pelatihan atau bimbingan teknis dan manajemen kepada Poktan dan petugas di lokasi pengembangan pertanian presisi.
- (3) Pelaksanaan pengelolaan usaha pertanian oleh lembaga petani (Poktan) di lokasi pengembangan pertanian presisi.
- (4) Penerapan teknologi pertanian presisi mulai dari hulu sampai hilir oleh petani/Poktan di lokasi pengembangan pertanian presisi.
- (5) Penguatan kapasitas lembaga petani/Poktan di lokasi pengembangan pertanian presisi.
- (6) Pengelolaan dan pemasaran hasil pertanian di lokasi pengembangan pertanian presisi.

## 5.2. Indikator Kinerja

Untuk mengukur perkembangan kemajuan, pencapaian tujuan, dan sasaran kegiatan pengembangan pertanian presisi perlu ditetapkan indikator kinerja yang bersifat spesifik, terukur, rasional dan berbatas waktu. Indikator kinerja pengembangan pertanian presisi dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: output, outcome dan dampak.

### **Output**

Indikator *output* merupakan hasil langsung dari setiap kegiatan pengembangan pertanian presisi, meliputi:

1. Tersedia dan termanfaatkannya penataan ruang dan lahan di lokasi pengembangan.
2. Tersedia dan termanfaatkannya infrastruktur pertanian presisi.
3. Tersedia dan termanfaatkannya alsintan dan unit pengolahan hasil (UPH).
4. Tersedia dan termanfaatkannya prasarana dan sarana digitalisasi usaha pertanian.
5. Tersedia dan termanfaatkannya prasarana dan sarana pendukung lainnya.
6. Tersusun dan diterapkannya sistem dan teknologi produksi pertanian presisi.
7. Tersedia dan termanfaatkannya sarana produksi pertanian presisi dan bahan operasional alsintan serta UPH.
8. Meningkatnya kapasitas dan kompetensi SDM pelaksana pertanian presisi.
9. Terbangunnya lembaga petani/Poktan yang mampu mengelola usaha pertanian presisi.
10. Tersusun dan terimplementasikannya rencana bisnis/usaha pertanian presisi.

### **Outcome**

Indikator *outcome* atau manfaat merupakan manfaat langsung dari kegiatan pengembangan pertanian presisi, mencakup:

1. Terbangunnya model pertanian presisi sesuai dengan rancangannya.
2. Meningkatnya produktivitas, efisiensi, dan mutu produksi pertanian.
3. Meningkatnya pendapatan usaha pertanian presisi.
4. Meningkatnya pengetahuan dan keterampilan SDM terkait teknologi pertanian presisi.
5. Terkelolanya prasarana dan sarana usaha pertanian presisi.

### **Dampak**

Indikator dampak atau *impact* merupakan dampak langsung dari kegiatan pengembangan pertanian presisi, biasanya berupa:

1. Berkembangnya model pertanian presisi secara mandiri dan berkelanjutan.
2. Meningkatnya ragam produk dan kualitas hasil pertanian presisi.
3. Meningkatnya nilai tambah hasil pertanian presisi.
4. Meningkatnya pendapatan pelaku usaha pertanian presisi.
5. Meningkatnya kegiatan ekonomi di lokasi pertanian presisi.

Pengukuran indikator kinerja tersebut dilakukan secara berkala melalui pencatatan oleh pelaksana kegiatan pengembangan pertanian presisi berkolaborasi dengan lembaga petani/Poktan sebagai pengelola aktifitas pengembangan dan usaha pertanian presisi. Untuk itu, perlu disiapkan berbagai formulir isian terkait dengan unsur-unsur dari aspek yang diamati menurut tiga kelompok indikator kinerja. Penilaian indikator kinerja dilakukan dengan membandingkan unsur-unsur atau parameter dari setiap aspek indikator kinerja sebelum dan sesudah dilakukan pengembangan pertanian presisi atau bisa dibandingkan dengan lokasi sekitar pengembangan pertanian presisi.



## BAB VI. PENUTUP

Pertanian, sebagai pilar utama penyedia pangan dan tulang punggung ekonomi suatu negara, semakin dihadapkan pada tantangan kompleks di era modern ini. Pertumbuhan populasi yang cepat, perubahan iklim yang tidak terduga, dan kebutuhan akan ketahanan pangan semakin mendorong inovasi di sektor pertanian. Dalam konteks ini, konsep pertanian presisi muncul sebagai jawaban strategis untuk mengatasi tantangan tersebut. Pertanian presisi menandai pergeseran paradigma dalam cara kita memandang dan mendekati pertanian, dengan menonjolkan efisiensi penggunaan sumber daya dan peningkatan produksi pangan strategis.

Pertanian presisi adalah lebih dari sekadar penggunaan teknologi canggih; ini adalah revolusi dalam manajemen pertanian yang memanfaatkan informasi yang akurat dan tepat waktu untuk mengoptimalkan setiap langkah dalam proses pertanian. Dari pemantauan tanah hingga manajemen irigasi yang cerdas, dan dari tanam benih hingga panen, pertanian presisi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas tanaman secara menyeluruh.

Pengembangan pertanian presisi merupakan salah satu langkah strategis yang dipercaya dapat menjadi solusi dan sekaligus menjawab berbagai masalah dan tantangan pembangunan pertanian kedepan. Selain itu, pengembangan pertanian presisi diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas serta efisiensi dan daya saing produksi pertanian, sekaligus pendapatan usaha pertanian dengan tetap menjaga kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Melalui pengembangan pertanian presisi di berbagai lokasi dan agroekosistem diharapkan juga dapat meningkatkan kegiatan ekonomi wilayah dan lapangan kerja yang sekaligus menarik minat generasi muda untuk berkiprah dan bekerja di bidang pertanian presisi.

Kebijakan pengembangan pertanian presisi mesti diarahkan pada:

- (1) peningkatan penyediaan infrastruktur pendukung;
- (2) peningkatan kapasitas kelembagaan pengelola dengan cara salah satunya membuka kesempatan bagi para milenial maupun pihak swasta dan perusahaan rintisan (*Start Up*) yang terkait;
- (3) peningkatan kompetensi SDM pertanian dalam pemanfaatan dan pengelolaannya; dan
- (4) pengembangkan sistem standarisasi teknologi yang teruji dan selektif. Oleh karena itu, strategi pengembangan kebijakan pertanian presisi dilakukan melalui:

- a) penyiapan *grand design* dan pedoman pengembangan pertanian presisi;
  - b) penyiapan regulasi pengembangan pertanian presisi;
  - c) penguatan fungsi institusi yang melakukan perancangan standar pengujian serta pengawasan penerapan teknologi pertanian presisi (SDM, fasilitas dan anggaran);
- (5) dorongan kepada Direktorat teknis terkait dalam menerapkan pertanian presisi secara selektif dan bertahap; dan
- (6) pembangunan infrastruktur pendukung penerapan pertanian presisi melalui kerja sama antar lembaga pemerintah dan swasta.

Pertanian presisi telah membuka pintu menuju transformasi sosio-ekonomi yang luar biasa. Dengan menggabungkan teknologi canggih dan prinsip-prinsip keberlanjutan, konsep pertanian presisi telah membawa dampak positif yang signifikan bagi masyarakat petani di seluruh dunia.

Dalam konteks penanggulangan kemiskinan, pertanian presisi tidak hanya sekadar memberikan solusi teknologi, tetapi juga menjadi agen perubahan dalam distribusi sumber daya dan pemberdayaan masyarakat pedesaan. Peningkatan produktivitas tanaman, akses yang lebih adil terhadap informasi, peningkatan pendapatan, dan ketahanan pangan yang lebih baik adalah beberapa dari banyak dampak positif yang telah dihasilkan.

Pentingnya pertanian presisi tidak hanya terletak pada peningkatan produksi pangan, tetapi juga pada pemberdayaan petani kecil. Dengan memanfaatkan teknologi presisi, mereka dapat menjadi agen perubahan di dalam komunitas mereka sendiri. Peningkatan pendapatan bukan hanya menciptakan kondisi hidup yang lebih baik bagi petani, tetapi juga berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi lokal dan penurunan tingkat kemiskinan secara keseluruhan.

Melalui investasi berkelanjutan dalam pertanian presisi, kita dapat menciptakan masyarakat pertanian yang lebih tangguh dan mandiri. Selain itu, kita juga dapat memastikan keberlanjutan dan ketahanan pangan jangka panjang. Dengan terus mengintegrasikan teknologi presisi, menyediakan pelatihan, dan memperkuat infrastruktur pertanian, kita dapat merangkul masa depan di mana petani tidak lagi hanya bertahan hidup, tetapi benar-benar berkembang dan memberikan kontribusi yang berarti pada skala global. Dengan demikian, pertanian presisi tidak hanya menjadi solusi untuk hari ini, tetapi juga fondasi kuat bagi keberlanjutan pangan dan penanggulangan kemiskinan di masa depan.

Buku Pengembangan Pertanian Presisi ini diharapkan menjadi salah satu referensi bagi para pengambil kebijakan, akademisi, peneliti, mahasiswa, penyuluh, pemerhati dan pelaku usaha pertanian dalam mengembangkan IPTEK pertanian presisi. Bagi para akademisi, peneliti dan mahasiswa, buku ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan ajar dan referensi dalam mengembangkan IPTEK pertanian presisi sesuai dengan dinamika perkembangan IPTEK pertanian kedepan. Bagi para pelaku usaha pertanian termasuk petani/Poktan, usahawan/pebisnis pertanian dan penyuluh pertanian, buku ini dapat dijadikan sebagai acuan dasar pengembangan pertanian presisi dan rancangan atau perencanaan bisnis/usaha pertanian presisi.

Khusus bagi pengambil kebijakan ditingkat pusat dan daerah, buku ini dapat digunakan dalam penyusunan kegiatan dan rencana aksi maupun sebagai instrumen untuk koordinasi, integrasi, sinergitas, dan sinkronisasi kegiatan pengembangan pertanian presisi antar institusi terkait. Selanjutnya, buku ini juga diharapkan menjadi acuan dan instrumen kegiatan monitoring dan pengendalian pelaksanaan pengembangan pertanian presisi. Buku Pengembangan Pertanian Presisi **ini** merupakan publikasi yang terbuka untuk diperbarui dan dipertajam sesuai dengan kebutuhan dan dinamika perkembangan IPTEK untuk menjawab berbagai permasalahan dan tantangan akibat dinamika perubahan kondisi dan kemajuan IPTEK dari waktu ke waktu.



# PROFIL PENULIS

## **Dr. Ir. Andi Amran Sulaiman, MP**

Andi Amran Sulaiman merupakan putra dari pasangan AB Sulaiman Dahlan Petta Linta dan Andi Nurhadi Petta Bau yang lahir di Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan pada 27 April 1968. Amran merupakan anak ketiga dari 12 bersaudara. Dia menghabiskan sebagian besar pendidikannya di Universitas Hassanudin Makassar hingga memiliki gelar doktor. Selain pejabat negara, Amran sukses merintis perusahaan racun tikus yang diberi nama Tiran Group atau akronim dari Tikus Mati Diracun Amran. Tiran Group memiliki unit bisnis lainnya yang bergerak di bidang tambang emas, perkebunan tebu, kelapa sawit, distributor, timah hitam dan nikel. Tahun 2014-2019, Amran dipercaya Presiden Joko Widodo untuk menduduki jabatan Menteri Pertanian (Mentan). Selama periode itu, Amran berhasil membawa Indonesia mewujudkan swasembada, yakni pada 2016 dan 2017. Saat itu, sektor pertanian adalah kontributor penting dalam perekonomian nasional. Pada 2014 awal, PDB sektor pertanian hanya Rp 900 triliun, namun di 2018 meningkat menjadi Rp 1.460 triliun. Dan selama lima tahun, PDB tersebut naik drastis menjadi Rp 400 triliun sampai Rp 500 triliun. Akumulasi dari 2014-2019 Rp 1.370 triliun.

Amran sukses membangun kepercayaan publik terhadap jalannya pembangunan pertanian. Bahkan seringkali dia disebut sebagai Bapak Modernisasi karena mendistribusikan alat mesin pertanian secara merata di seluruh Indonesia. Amran memiliki berbagai program unggulan seperti upaya khusus (Upsus) padi, jagung dan kedelai (Pajale) serta program selamatkan rawa sejahteraan petani (Serasi) seluas 500 ribu hektar di Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan. Data Global Food Security Index The Economist menunjukkan ketahanan pangan Indonesia mengalami peningkatan cukup signifikan. Jika pada 2016, ketahanan pangan Indonesia berada di peringkat 71 dari 113 negara, maka di tahun 2017 peringkatnya melompat di posisi 21. Posisi tertinggi bila disandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara lainnya. Tak hanya itu, Amran juga mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah perbatasan, dengan meningkatkan pendapatan masyarakat, penyerapan tenaga kerja, dan penghasilan devisa melalui ekspor komoditas pangan. Kini, Amran tengah berjuang meningkatkan produksi komoditas strategis nasional (padi dan jagung) serta mengoptimalkan lahan rawa untuk menekan angka impor dan memenuhi kebutuhan dalam negeri

## **IR. ALI JAMIL, MP, Ph.D**

Ali Jamil adalah salah satu pejabat yang saat ini memegang posisi sebagai Dirjen Prasarana dan Sarana Pertanian (PSP) di Kementerian Pertanian. Lulusan dari Universitas Filipina (*IRRI Philippines*) ini menjadi satu dari sekian orang di Indonesia yang meneliti tentang beras. Ali mendapat beasiswa dari Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara untuk studi S1 dan S2, dan terakhir beasiswa dari *The Asian Development Bank Japanese Scholarship Program (ADBJSJP)* melalui *IRRI-Philippines* untuk studi S3 di *University of the Philippines* at Los Banos (UPLB), Filipina. Dia juga berhasil meraih *Life Membership of Gamma Sigma Delta, the Honor Society of Agriculture, by the University of the Philippines-Chapter*, yang tidak sembarang orang mampu mendapatkannya. Dan tak ketinggalan juga Ali Jamil tercatat sebagai Peserta Terbaik I Diklat PIM III Angkatan XV/2009 Pusat Pelatihan Manajemen dan Kepemimpinan Pertanian, Ciawi, Bogor. Dan di tahun 2020 lalu Ali Jamil menerima penghargaan Satyalancana Karya Satya dari Presiden Republik Indonesia Joko Widodo. Penghargaan ini diberikan atas pengabdianya selama 20 dalam melakukan pelayanan, khususnya di sektor pertanian.

## **Dr. Ir. Abd. Haris Bahrn, M.Si.**

Dr. Ir. Abd. Haris Bahrn, M.Si. Lulus S1 di Jurusan Budidaya Tanaman Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin 1993. Lulus Magister Sains tahun 1999 dan meraih gelar Doktor tahun 2012 pada Program Studi Agronomi di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB), dengan bidang keilmuan Ekofisiologi Tanaman. Bekerja di Departemen Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin sejak 1994 - sekarang dan mengajar di program sarjana dan pascasarjana pada beberapa perguruan tinggi swasta di Makassar. Beberapa mata kuliah yang diampu adalah Agroklimatologi, Fisiologi Tumbuhan, Ekofisiologi Tanaman Tropis, Fisiologi Pasca Panen, Budidaya Tanaman Perkebunan dan Industri. Penulis merupakan Sekretaris Program Magister Prodi Sistem-Sistem Pertanian Pascasarjana Unhas (2012-2014), Ketua Pengelola Aset Fakultas Pertanian Unhas (2012-2017), Kepala Laboratorium Agroklimatologi dan Biostatistika (2016 - sekarang), Ketua Program Studi S1 Agroteknologi (2020 - sekarang).

Penulis telah menghasilkan 63 karya ilmiah dalam bentuk buku, makalah, jurnal yang telah dipresentasikan dan diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional yang terindeks scopus. Penulis aktif pada beberapa organisasi profesi: Pengurus Pusat (Ketua V) Persatuan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI) 2019-2024, Pengurus Pusat Persatuan Agronomi Indonesia (PERAGI)( 2016 - 2019 dan 201-2023), Ketua Umum PERAGI Komisariat Daerah SULSEL (2021-2024), Ketua I

Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHORTI) Komda SULSEL (2021-2024), Ketua Biro Budidaya Dewan Kopi SULSEL (2019 -2024), Ketua Dewan Pakar, Ikatan Arsitek Lanskap Indonesia (IALI) SUL-SEL, Wakil Sekjen Pemuda HKTI Pusat (2006-2009), Sekretaris Dewan Pakar Himpunan HKTI DPD SULSEL (2020-2025), Ketua Departemen dan Kebijakan Organisasi Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (PERIPI) Komda SULSEL (2018-2022) dan Ketua Dewan Pengawas Persatuan Sarjana Pertanian (PISPI) SULSEL (2019-2022).

### **Dr. Ir. Trip Alihamsyah, MSc**

Adalah peneliti utama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang saat ini berkantor di Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian (Ir) dari UGM (1978), Gelar Magister Science (MSc) tahun 1987 dan Doktor diperolehnya dari North Carolina State University-USA (1990). Kiprahnya di Badan Litbang Pertanian pernah menjadi Pimpro ISDP (1996-2000), kemudian Kepala Balai Penelitian Lahan Rawa (2000-2005), dan Kepala Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (2005-2010). Disamping jabatan formal tersebut, beliau adalah Tim Evaluator, Tim Teknis dan Tim Ahli dalam perencanaan dan pelaksanaan program pembangunan pertanian di Kementerian Pertanian, khususnya di lingkup Badan Litbang Pertanian. Atas prestasi kerjanya, pernah mendapatkan penghargaan dari Presiden RI berupa Satya Lencana Karya Pembangunan, tahun 1997. Beliau juga tergabung dalam Tim Pakar APPERTANI (Aliansi Peneliti Pertanian) Bidang Mekanisasi Pertanian.

### **Kuntoro Boga Andri, SP, M.Agr, Ph.D**

Kuntoro Boga Andri, SP, M.Agr, Ph.D, Menyelesaikan S1 pada Fakultas Pertanian, Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, IPB (1998). Sementara program S2 diselesaikan dalam bidang Ekonomi dan Pemasaran Pertanian di Graduate School of Agriculture, Saga University, Jepang (2004). Jenjang Doktoral (S3) diraih dalam bidang Ekonomi dan Kebijakan Pertanian di The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Jepang (2007). Berhasil mencapai jabatan Peneliti Utama Tahun 2017, sementara jenjang Peneliti Madya diraih tahun 2009. Saat ini menjabat sebagai Kepala Biro Humas dan Informasi Publik, Kementerian Pertanian sejak 19 Maret 2018. Jabatan yang diemban sebelumnya adalah Kepala Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) Malang sejak Januari 2018. Sebelumnya menjabat sebagai kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau

(November 2016-Januari 2018), Kepala LPTP Sulawesi Barat (2016), Koordinator Program dan Evaluasi BPTP Jawa Timur (2014-2015).

Kuntoro Boga bergabung pada unit Kerja Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Indonesia pada tahun 1998. Sebagai peneliti telah banyak melakukan kajian ekonomi dan perbaikan kebijakan pertanian dalam manajemen rantai pasok, pengembangan agribisnis, strategi pemasaran dan pengembangan wilayah/pertanian. Berpengalaman sebagai collaborating scientist, technical consultant dan project coordinator untuk the Indonesian FAO project, Bioversity International Bioversity Internasional (CGIAR Consortium), ILRI (International Livestock Institute), ACIAR (Australia), dan AVRDC (Taiwan) Project Development. Telah banyak menerbitkan tulisan ilmiah pada beberapa international scientific journals di Jepang, Eropa dan and USA, dan menjadi Dewan Redaksi pada beberapa jurnal terakreditasi nasional dan internasional. Pada beberapa kesempatan juga menjadi pengajar dan penguji tamu untuk program sarjana dan pascasarjana di beberapa universitas Swasta dan Nasional.

Pada tahun 2016 Kuntoro Boga Andri menerima beasiswa IVLP (International Visitor Leadership Program) dari the United States Department of State - Bureau of Educational and Cultural Affairs, untuk berkunjung ke USA. Sebelumnya, pada tahun 2000, menerima penghargaan Yoshinogari Goodwill Ambassador of The Saga Prefecture untuk kerjasama dan pertukaran ilmu dan kebudayaan dari Gubernur Saga Prefecture-Jepang.

### **Prof. Ir. Muhammad Arsyad., Sp., M.Si., Phd.**

Prof Arsyad merupakan putra kelahiran Banua Sendana, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, 9 Juni 1975 yang dikukuhkan menjadi Guru Besar Unhas pada 23 Desember 2021 saat usianya baru menginjak 46 tahun. Beliau dinobatkan sebagai Guru Besar Termuda di Fakultas Pertanian Unhas. Sebelum diangkat menjadi staf khusus menteri pertanian pada 23 November 2023 lalu, berikut riwayat pekerjaan Prof. Arsyad: Peneliti Terbaik Nasional, Kemenristek/BRIN, 2021 (H-Index Scopus=9), Top 1000 Scientist Indonesia, Versi Webometric Citation Profiles, 5 Besar Penulis Unhas Paling Produktif (2019), Dosen Pakar Kemenristekdikti (2018), Inventor Anggota Untuk Sertifikat Paten : (IDP 0000-42740B), Reviewer Jurnal Nasional (SINTA) dan Internasional (Scopus-WoS), Professor Termuda Fakultas Pertanian Unhas (2021), Visiting Fellowship (Selected Last 5 years) South Korea, Malaysia, Papua New Guinea, Hongkong, Laos, Japan, Philippines, Singapore, Taiwan.

## **Dr. Ir. Hermanto, M.P (Sekretaris Direktorat Jenderal PSP)**

Melaksanakan pendidikan formalnya di bidang Sosial Ekonomi Pertanian Universitas Jambi, kemudian melanjutkan pendidikan magister di bidang yang sama di Universitas Padjajaran Bandung, dan jenjang doktor di bidang Kebijakan dan Pengembangan Pertanian di Universitas Filipina Los Banos, Filipina. Dengan spesialisasi kebijakan perdagangan internasional, modeling dan dampak kebijakan, dan pengembangan kebijakan pertanian. Hermanto juga berpartisipasi dalam banyaknya penulisan karya ilmiah yang diterbitkan oleh IAARD Press dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, juga jurnal dan buku lain serta menjadi bagian dari jurnal-jurnal nasional maupun internasional, terhitung kurang lebih 12 jurnal dan menjadi bagian dari penulisan 12 buku. Hermanto kini menjabat sebagai Sekretaris Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian di Kementerian Pertanian Indonesia.



Technology for  
**SMART  
FARMING**  
www.tesol.co.uk

## DAFTAR PUSTAKA

- Adenle, A.A., L. Manning, H. Azadi, 2017. Agribusiness innovation: A pathway to sustainable economic growth in Africa. *Trends in Foods Science and Technology*, 59:88-104.
- Adrian, A.M. 2006. "Factors Influencing Adoption and Use of Precision Agriculture". A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of Auburn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy. Auburn, Alabama, August 7, 2006.
- Akhsan, M. Arsyad, A. Amiruddin, M. Salam, Nurlaela, M. Ridwan, 2022. An Indepth Study of Multiple Cropping Farming Systems: The Impact on Cocoa Farmers Income. Intercropping Farming System and Farmers Income. *AGRIVITA: Journal of Agricultural Science*, 44(2): 355-365.
- Anggarendra, R., C. S. Guritno, M. Singh, S. Kaneko, and M. Kawanishi. 2016. "Climate Change Policies and Challenges in Indonesia" pp. 295–304. Springer.
- Arifin, B. 2019. Komentor Ahli terhadap Monograf Kelembagaan Pertanian (Authors: M. Arsyad, A Nuddin, M.H. Jamil, S Yusuf). Penerbit Nas Media Pustaka, Makassar.
- Arsyad, M., Y. Sabang, N. Agus, S. Bulkis, Y. Kawamura, 2020. Intercropping Farming System and Farmers Income. *AGRIVITA: Journal of Agricultural Science*, 42(2): 360-366.
- Balafoutis, A., *et al.* 2017. Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to CHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics. *Sustainability*. Vol. 9, No. 1339, 31 July 2017.
- Behzadi, G., M. J. Osullivan, T.L. Olsen, F. Scrimgeour, A. Zhang, 2017. Robust and resilient strategies for managing supply disruptions in an agribusiness supply chain. 191:207-220.
- Bujang, A.S., and B.H. Abu Bakar, 2019. "Precision Agriculture in Malaysia". *MARDI* pp.1-13
- Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies. Background paper for The State of Food and Agriculture 2022. *FAO Agricultural Development Economics Technical Study*, No. 24. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2912en>
- Desa, M. I. (2016). Inovasi kelembagaan pertanian menghadapi tantangan pertanian berkelanjutan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 24(2), 121-136

- Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian. 2022. *Roadmap* Pembangunan Prasarana dan Sarana Pertanian tahun 2022-2024 Untuk Mewujudkan Pertanian Maju, Mandiri dan Modern. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian. 2022. *Masterplan* Pengembangan Pertanian Presisi. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian. 2023. Upaya Khusus Peningkatan Indeks Pertanaman dan Produktivitas Tanaman Padi dan Jagung di Lahan Rawa. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Duncan, E., and E.D.G. Fraser. 2018. "Data Power: Understanding the Impacts of Precision Agriculture on Social Relations". A Paper from the Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture, June 24-27, 2018. Montreal, Quebec, Canada.
- Faisol, A., I. Indarto, E. Novita, dan Budiyo. 2021. An Evaluation of MODIS Global Evapotranspiration Product as Satellite-Based Evapotranspiration Data for Supporting Precision Agriculture in West Papua – Indonesia. *J Trop Soils*, Vol. 26, No. 1, 2021: 43-49.
- Eastwood, R. (2009). Farmers as co-developers of innovative precision farming systems. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 15(1), 1-14.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831.
- How Does Precision Agriculture Impact Sustainable Agriculture. <https://www.dtn.com/how-does-precision-agriculture-impact-sustainable-agriculture/>.
- ISPA (International Society for Precision Agriculture). 2022. Precision Ag Definition. <https://ispaq.org/about/definition>.
- Karl. 2022. Climate Smart Agriculture. Seed. 10 Januari 2022.
- Karunathilake EMBM, Le AT, Heo S, Chung YS, Mansoor S. 2023. The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. *Agriculture* 2023, 13(8), 1593; <https://doi.org/10.3390/agriculture13081593>.
- Krisnamurthi, B., Feryanto. 2015. Tantangan Agribisnis Masa Depan (dalam Evolusi Pendidikan Tinggi Agribisnis Indonesia, Pengantar: Dwi Rachmina). Departemen Agribisnis, FEM, IPB, Darmaga, Bogor.
- North, D.C., *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, 1990. Cambridge University Press.NY.
- Nuddin, A. 2021. Revitalisasi Kelembagaan Agribisnis: Mengurai Benang Kusut Pembangunan Pertanian Di Indonesia. Pidato Pengukuhan dalam Rangka Penerimaan Jabatan Professor, Universitas Muhammadiyah Parepare.

- Nugroho, B.D.A., 2022. Integrasi Agri-tech dan Agribisnis dalam Mendukung Pertanian Modern dan Presisi di Indonesia. Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada
- Precision or Digital or Smart Farming. 30 October 2021. <https://www.digitalseed.eu/2021/10/30/precision-or-digital-or-smart-farming/>
- Pierpaoli, E., G. Carli, E. Pignatti, and M. Canavari. 2013. "Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review". 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment. HAICTA, pp. 62-68.
- Qin, Z., Zhang, M., Li, T., & Wan, Y. (2018). Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 22-27.
- Rani, P.M.N., T. Rajesh, and R. Saravanan. 2011. "Expert Systems in Agriculture: A Review". *Journal of Computer Science and Applications* 3(1): 59-71. International Research Publication House <http://www.irphouse.com>
- Salman, D. 2019. Komentari Ahli terhadap Monograf Kelembagaan Pertanian (Authors: M. Arsyad, A Nuddin, M.H. Jamil, S. Yusuf). Penerbit Nas Media Pustaka, Makassar.
- Say, S.M., M. Keskin, M. Sehri, and Y.E. Sekerti. 2017. "Adoption of Precision Agriculture Technologies in Developed and Developing Countries". International Science and Technology Conference, July 17-19, 2017 Berlin, Germany & August 16-18, 2017 Cambridge, USA.
- Stafford, J.V. 2000. "Implementing Precision Agriculture in the 21st Century". *Journal of Agricultural Engineering Research* 76(3):267–275.
- Subagyo, K., *et al.* 2022. Desain Strategi Implementasi Pembangunan Pertanian Maju. Mandiri dan Modern Mendukung Prioritas Nasional 2020-2024. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- The Environmental Benefits of Precision Agriculture Quantified. <https://www.aem.org/news/the-environmental-benefits-of-precision-agriculture-quantified>
- Tiwari, P.S., K. Golhani, N.S. Chandel, and H. Tripathi. 2014. "Role of Precision Agriculture Tools for Agribusiness Management". International Conference on Management of Agribusiness & Entrepreneurship Development Organised By Technocrats Institute of Technology-MBA, Bhopal & Central Institute of Agricultural Engineering (ICAR), Bhopal, India.
- Tohidan, S. *et al.* 2018. *Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts' perception & their determinants*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201800241267>
- Venkatalakshmi, B., and P. Devi. 2014. "Decision Support System for Precision Agriculture". *International Journal of Research in Engineering and Technology* 3(7):849-952.

- Vogt, S. 2017. "The Economics of Precision Agriculture". Grains Research and Development Corporation (GRDC). Australia.
- Wijayanto, Y. 2013. Kajian Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pertanian Presisi. Kompasiana.com. 28 Juli 2022.
- Yatribi, T. 2020. "Factors Affecting Precision Agriculture Adoption: A Systematic Litterature Review". *Economics* 8(2):103-121.
- Zwass, V. 2022. "Information System". Encyclopædia Britannica, Inc.

# INDEKS

## A

Adaptive, 1, 7, 32  
Adopsi, 10  
Agricultural War Room, 19  
agroekosistem, vii, xii, xx, 3, 60  
aksesibilitas, 37  
alsintan, xxi, 9, 16, 19, 28, 30, 31, 37,  
40, 41, 42, 44, 45, 46, 55, 68, 71  
Artificial Inteligence, v, 1, 6, 7  
aspek teknis, xx, 37, 56, 58  
Automatic Section Control Systems, 15  
Autonomous Technology, 15  
autonomous tractor, 7

## B

bangunan pintu air, 21  
bangunan terjunan air, 24  
berkala, xxi, 31, 56, 57, 58  
biologis, 2

## C

calon lokasi, 37, 50, 56  
combine harvester, 20, 24, 27  
Crop Management, Agronomy, 9  
cuaca, 2, 8, 16, 19, 25, 33  
Cyber Physical System, 6

## D

dampak, vii, xi, xx, xxi, 3, 8, 10, 11, 60  
Dashboard, 19  
Decision Support System, 8, 9, 13, 64  
degradasi lingkungan, 12  
detailed engineering design, 21  
digitalisasi, vii, xxi, 20, 29, 40, 43, 46, 55  
dinamika, 8, 60  
diskursus, xx, 3, 60  
distribusi gulma, 12  
drainase, 21, 22, 23, 26, 28, 30

## E

early warning system, 20, 33  
efisien, v, 1, 6, 15, 26, 28, 35, 39, 40,  
42, 45, 68, 71  
ekosistem bisnis, 20  
embedded computation devices, 6  
embung, 21, 22, 26, 30, 40  
emerging countries, 14  
Enterprise Resource Planning, 28  
environmental damage, 8  
Expert System, 8

## F

food loss, 8  
food productivity, 8  
food quality, 8

food safety, 8  
food security, 8  
food sustainability, 8  
food waste, 8

## G

geografi, 8  
Global Navigation, 15  
Guidance Technology, 15

## H

handal, 56  
heterogenitas, 8  
hibah, 16  
home industry, 27

## I

industri pertanian, 8  
infrastruktur, 6, 12, 13, 22, 26, 29, 34,  
37, 38, 39, 41, 46, 52, 55, 68, 71  
instrumen koordinasi, xx  
interaktif, 9  
internet, v, 1, 16, 28, 37, 43, 68, 71  
Internet of Things, v, 1, 6, 7, 27, 32  
isu pangan, 1  
  
kapabilitas manusia, 8  
kapasitas kelembagaan, 13, 57  
kapasitas produksi, 10  
kapasitas tukar kation, 23, 25  
keanekaragaman tanaman, 2  
kebijakan, 13, 32, 34, 58

kelerengan, 25  
kelestarian lingkungan, vii, 1, 7, 60  
Kementan, xix, xxi, 1, 3, 33, 37, 38, 48,  
49, 50, 51, 56, 57, 58, 60, 68, 70, 71  
kesesuaian jenis, 12  
kinerja, xxi, 2, 3, 34, 55, 56, 57, 58  
kios pertanian, 19  
komponen, v, vii, xi, 1, 6, 13, 20, 30, 32,  
34  
komponen teknologi, 13  
komposit, 25  
kondisi tanah, 11  
konsolidasi petani, 16  
korporasi petani, xx, 18, 30, 33, 34, 35  
KUR, 19, 33, 44, 52

## L

land quality, 23  
lesson learned, 17, 28  
level teknologi, 12  
Literasi petani, 16

## M

Manageable, 1, 7, 32  
Management Information System, 6  
manajemen, vii, xi, xx, xxi, 2, 3, 8, 12,  
15, 28, 31, 32, 33, 34, 37, 42, 43, 44,  
45, 47, 56, 57, 60  
mekanisasi pertanian, 12  
mengotomatisasi, 1, 7  
Model simulasi, 11  
multidimensi, 37

## O

obyek pintar, 6  
off-farm, 20, 29  
on-farm, 8, 20, 26, 27, 29, 30, 34  
Optimalisasi hasil, 10  
outcome, xxi  
output, xxi, 35

## P

pasokan, 19  
pedoman, 13, 21, 32, 58  
Pelestarian lingkungan, 10  
pemantauan, xxi, 3, 20, 27, 48, 56, 57, 58  
penangkar benih, 19  
penataan lahan, xxi, 2, 3, 21, 27, 38, 39, 45, 46  
Pengembangan Sistem, xix, xx, 38, 43, 46, 47, 48, 51  
pengendalian, xxi, 2, 3, 20, 44, 49, 50, 56, 60  
perangkat keras, 2, 12, 16  
Perangkat keras, 11  
perangkat lunak, 9, 12  
Perangkat lunak, 11  
percontohan, 16, 29, 30, 31, 55, 57  
pertanian global, 1  
pertanian modern, 1, 6, 28  
pertanian presisi, vii, xi, xii, xvi, xix, xx, xxi, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48,

49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 60, 68, 69, 71

Prasarana, iii, xviii, xix, xx, 18, 29, 30, 32, 38, 39, 46, 47, 51  
prasarana dan sarana, v, xxi, 2, 3, 37, 39, 40, 43, 45, 46, 50, 52, 53, 55, 68, 70, 71, 72  
Precision Agriculture, 6, 63, 64  
precision mapping, 33  
produksi tanaman, 2, 11, 25  
produktif, v, 1, 6  
produktivitas, vi, xx, 1, 2, 3, 6, 7, 12, 15, 25, 37, 40, 41, 44, 49, 55, 60, 69, 71  
profitabilitas ekonomi, 11  
prospek pasar, 19  
prospektif, 37

## R

rancangan, xi, xxi, 21, 38, 39, 45, 46, 56  
rasional, xxi, 10, 15, 55  
real-time, 8, 10, 13, 14  
registrasi petani, 18, 20  
rekomendasi, 2, 19, 25, 33, 57  
revisi, 60  
Right amount, 9  
Right manner, 9  
Right place, 9  
Right time, 9  
robot tanam, 7, 41

## S

saluran irigasi, 21, 22, 23, 30

Sarana, iii, xviii, xix, xx, 18, 29, 30, 31,  
38, 39, 46, 47, 51  
Sensor, 2, 11  
SID, xviii, xix, xx, xxi, 38, 39, 45, 46, 47  
Sistem Informasi Geografis, 2  
sistem informasi teknologi, 8  
Sistem Pemosisian Global, 2  
SMART, 32  
smart farming, xi, 1  
Smart farming, 1  
smart greenhouse, 7  
smartphone android, 16  
sosial ekonomi, xx, 37, 56, 58  
spesifik, xxi, 12, 15, 28, 32, 37, 44, 55  
SRTM, 22  
standard minimum, 12  
subsidi, 16  
sumber daya pertanian, v, 14  
survey lapang, 21

## T

takaran pupuk, 12  
tantangan, v, vii, 1, 8, 26, 60  
teknologi, v, vii, xi, xx, xxi, 1, 2, 3, 6, 7,  
8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 25,  
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37,  
40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 55, 56, 57,  
60  
Teknologi Produksi, xix, xx, 38, 43, 46,  
47, 48, 51  
teras, 21, 22, 24  
terukur, xxi, 55  
Tim Pelaksana Daerah, xxii, 50, 56  
Traceable, 1, 7, 32  
transportasi, 28, 33, 37, 41, 69, 71

## U

uji tanah, 24  
usaha pertanian yang cerdas, vi, 2, 6, 7  
usahatani, 14, 18, 20, 26, 28, 33, 35, 37,  
40, 43, 47, 68, 70, 71

## V

Variable-Rate Technology, 15  
volume, 19, 23

## W

waterpass, 22  
Wireless Sensor Network, 2

## Y

Yield Monitoring Technology, 15

# PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI

SOLUSI DAN JAWABAN  
PEMBANGUNAN PERTANIAN KE DEPAN

Pertanian presisi dipercaya kunci untuk mendapatkan hasil panen terbaik dan maksimal dengan penggunaan input produksi yang tepat jumlah dan waktu, serta memelihara kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Pengembangan pertanian presisi sekaligus diharapkan dapat mengatasi tantangan inkonsistensi produktifitas pertanian karena kondisi lingkungan. Secara konsepsi, pertanian presisi adalah manajemen sistem informasi penerapan teknologi yang mengintegrasikan strategi manajemen dan teknologi untuk mengefisienkan pemanfaatan sumberdaya guna mendapatkan hasil maksimal dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.



Berkedudukan di Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian  
Jl. Harsono RM No.3, Ragunan, Jakarta Selatan  
**Alamat Redaksi :**  
Pusat Perpustakaan dan Literasi Pertanian  
Jl. Ir. H. Juanda No.20 Kota Bogor 16122

ISBN 978-979-582-269-1

