

# **BAB 1**

## **Sejarah Revolusi Industri**

Perkembangan peradaban manusia telah mengalami berbagai fase perubahan yang signifikan sepanjang sejarah. Salah satu tonggak penting dalam perjalanan peradaban tersebut adalah revolusi industri. Revolusi industri merujuk pada serangkaian perubahan besar yang terjadi dalam sistem produksi, teknologi, ekonomi, dan tatanan sosial masyarakat. Perubahan ini dipicu oleh penemuan dan inovasi di bidang teknologi yang memungkinkan produksi barang secara massal dengan lebih efisien (Vannya, 2022).

Revolusi industri pertama kali terjadi di Inggris pada pertengahan abad ke-18. Sebelumnya, proses produksi barang-barang kebutuhan masih dilakukan secara manual oleh para pengrajin. Namun, penemuan mesin-mesin produksi seperti mesin uap mengubah proses produksi menjadi lebih cepat dan

efisien. Jumlah barang yang diproduksi meningkat pesat melampaui kebutuhan lokal sehingga mulai diperdagangkan ke daerah lain (Reva, 2021).

Dampak dari revolusi industri tidak hanya dirasakan dalam aspek produksi, tetapi juga aspek ekonomi dan sosial masyarakat secara luas. Terjadi pergeseran dari masyarakat agraris menjadi masyarakat industri dimana pekerjaan beralih dari sektor pertanian ke sektor manufaktur. Urbanisasi meningkat seiring tumbuhnya pabrik-pabrik di perkotaan. Sistem ekonomi kapitalis semakin menguat dengan kepemilikan modal sebagai kekuatan utama.

Revolusi industri terus berlanjut dengan munculnya teknologi baru yang mengubah proses produksi dan cara hidup manusia. Setelah revolusi industri pertama yang berpusat pada mekanisasi produksi menggunakan tenaga air dan uap, revolusi industri 2.0 ditandai dengan ditemukannya tenaga listrik dan produksi massal menggunakan sistem ban berjalan. Kemudian pada revolusi industri 3.0, teknologi elektronik dan informasi mulai digunakan secara luas untuk otomatisasi produksi.

Saat ini, dunia telah memasuki fase revolusi industri 4.0 yang mengintegrasikan teknologi cyber ke dalam proses produksi. Karakteristik utama dari era ini adalah penggunaan sistem cyber-physical, Internet of Things (IoT), komputasi awan, dan analisis data besar (big data). Industri 4.0 memungkinkan terciptanya "pabrik cerdas" yang dapat beroperasi secara otonom dan efisien.

Dampak revolusi industri 4.0 juga merambah ke berbagai sektor, termasuk sektor pertanian yang dikenal sebagai "Pertanian 4.0" atau "smart farming". Dalam konteks pertanian, revolusi industri 4.0 mendorong penerapan teknologi digital

untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas dan keberlanjutan praktik pertanian. Beberapa contoh aplikasinya antara lain penggunaan sensor, drone, kecerdasan buatan dan analisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih presisi.

Untuk memahami lebih jauh tentang smart farming dan kaitannya dengan revolusi industri, pada bagian selanjutnya akan dibahas mengenai definisi dan konsep smart farming, lalu dilanjutkan dengan uraian lebih detail mengenai sejarah revolusi industri dari generasi 1.0 hingga 4.0 serta dampaknya terhadap sektor pertanian. Pembahasan ini akan memberikan fondasi untuk memahami urgensi dan potensi penerapan prinsip-prinsip revolusi industri terkini dalam praktik pertanian modern.

## **1.1 Definisi dan Konsep Smart Farming**

Sebelum membahas lebih jauh tentang smart farming, penting untuk memahami terlebih dahulu apa yang dimaksud dengan istilah tersebut. Smart farming atau pertanian cerdas adalah pendekatan pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital untuk mengoptimalkan proses produksi pertanian. Tujuan utama dari penerapan smart farming adalah meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan praktik pertanian dengan pendekatan yang presisi dan data-driven.

Konsep smart farming berpusat pada penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data pertanian secara real-time. Data ini bisa berasal dari berbagai sumber seperti sensor yang dipasang di lahan, citra satelit, drone, maupun rekaman historis. Dengan memanfaatkan analisis data dan kecerdasan buatan, petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien

terkait pengelolaan lahan, irigasi, pemupukan, pengendalian hama, dan aspek budidaya lainnya.

Beberapa prinsip kunci dalam penerapan smart farming antara lain:

1. Precision Agriculture

Pendekatan ini menggunakan teknologi untuk mengelola variabilitas lahan secara presisi. Dengan memahami karakteristik spesifik setiap bagian lahan, input produksi seperti air, pupuk, dan pestisida dapat diberikan secara tepat sesuai kebutuhan tanaman. Hal ini membantu mengoptimalkan hasil panen sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

2. Sensor dan IoT

Berbagai jenis sensor seperti sensor kelembaban tanah, sensor cuaca, dan sensor pertumbuhan tanaman dipasang di lahan untuk mengumpulkan data secara real-time. Data ini kemudian dikirimkan melalui jaringan Internet of Things (IoT) untuk diolah dan dianalisis lebih lanjut.

3. Analisis Data Besar: Data yang terkumpul dari berbagai sumber diolah menggunakan teknik analisis data besar (big data analytics). Dengan mengidentifikasi pola dan tren dari data tersebut, petani dapat memperoleh wawasan berharga untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

4. Automasi dan Robotika

Smart farming juga mencakup penggunaan mesin-mesin pertanian otonom seperti traktor tanpa awak, robot penyemprot, dan drone. Automasi ini memungkinkan pekerjaan pertanian dilakukan dengan lebih efisien dan presisi, serta mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual.

## 5. Manajemen Rantai Pasok

Dengan memanfaatkan teknologi digital, petani dapat terhubung langsung dengan konsumen atau mitra bisnis dalam rantai pasok. Hal ini memungkinkan perencanaan produksi yang lebih baik, mengurangi risiko kerugian, serta meningkatkan margin keuntungan.

Penerapan smart farming diharapkan dapat menjadi solusi untuk berbagai tantangan yang dihadapi sektor pertanian saat ini, seperti perubahan iklim, degradasi lahan, kelangkaan air, serta peningkatan permintaan pangan seiring pertumbuhan populasi. Dengan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan, smart farming berpotensi mewujudkan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan tangguh.

Meskipun demikian, adopsi smart farming di tingkat petani masih menghadapi berbagai kendala seperti biaya investasi teknologi yang tinggi, kurangnya infrastruktur digital di pedesaan, serta keterbatasan pengetahuan dan keterampilan petani dalam menerapkan teknologi baru. Diperlukan dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, baik pemerintah, swasta, maupun akademisi, untuk mengatasi tantangan tersebut dan mempercepat adopsi smart farming secara luas.

Dalam konteks revolusi industri, kemunculan smart farming merupakan wujud dari revolusi industri 4.0 di sektor pertanian. Namun, untuk memahami secara utuh perjalanan revolusi industri dan implikasinya terhadap pertanian, perlu ditelusuri terlebih dahulu sejarah revolusi industri dari generasi awal hingga saat ini. Pembahasan selanjutnya akan menguraikan secara lebih detail mengenai tahapan revolusi industri tersebut dan bagaimana setiap tahapan membawa perubahan dalam praktik pertanian.

## **1.2 Sejarah Revolusi Industri dan Kaitannya dengan Pertanian**

Revolusi industri telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, tidak terkecuali di sektor pertanian. Setiap tahapan revolusi industri ditandai dengan kemunculan teknologi baru yang mengubah cara produksi barang dan jasa, termasuk produk-produk pertanian. Untuk memahami evolusi pertanian hingga munculnya konsep smart farming saat ini, penting untuk menelusuri sejarah revolusi industri dan pengaruhnya terhadap sektor pertanian.

### **1.2.1 Revolusi Industri 1.0**

Revolusi industri pertama atau Revolusi Industri 1.0 dimulai pada pertengahan abad ke-18 di Inggris. Revolusi ini ditandai dengan peralihan dari produksi manual menggunakan tenaga manusia dan hewan ke produksi mekanis menggunakan mesin-mesin. Penemuan mesin uap oleh James Watt pada tahun 1769 menjadi katalis utama yang memicu revolusi ini.

Revolusi Industri 1.0 terjadi pada abad ke-18 dan ke-19 di Inggris. Ini adalah periode di mana mesin-mesin mulai digunakan untuk menggantikan tenaga manusia dalam produksi barang. Beberapa contoh revolusi industri 1.0 adalah :

1. Pemintalan dan penenunan mesin  
James Hargreaves dan Richard Arkwright mengembangkan mesin pemintal dan penenun yang memungkinkan produksi kain menjadi lebih cepat dan efisien.
2. Mesin uap  
James Watt memperbaiki mesin uap yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin pabrik dan transportasi.

### 3. Kereta api

George Stephenson membangun kereta api pertama yang dapat digunakan untuk mengangkut barang dan orang dengan cepat dan efisien.

### 4. Teknologi besi

Besi menjadi bahan bangunan utama selama Revolusi Industri 1.0, dan teknologi untuk memproduksi besi menjadi lebih maju dan efisien.

Karakteristik Revolusi Industri adalah adanya perubahan bidang teknologi, sosial ekonomi, dan budaya. Perubahan teknologi mencakup :

- Penggunaan bahan dasar baru, terutama besi dan baja.
- Penggunaan sumber energi baru, termasuk bahan bakar dan tenaga penggerak, seperti batu bara, mesin uap, listrik, minyak bumi, dan mesin pembakaran dalam.
- Penemuan mesin-mesin baru seperti mesin pemintal dan alat tenun listrik yang memungkinkan peningkatan produksi dengan pengeluaran energi manusia yang berskala kecil.
- Organisasi kerja baru yang dikenal sebagai system pabrik, yang menyaratkan peningkatan pembagian kerja dan spesialisasi fungsi.
- Perkembangan penting dalam transportasi dan komunikasi, termasuk lokomotif uap, kapal uap, mobil, pesawat terbang, telegraf, dan radio.
- Menigkatnya penerapan ilmu pengetahuan pada industri. Perubahan teknologi ini memungkinkan penggunaan sumberdaya alam yang sangat meningkat dan produksi massal barang-barang manufaktur.

Aspek teknologi dan ekonomi dari Revolusi Industri membawa perubahan sosial budaya yang signifikan. Pada tahap awal, hal ini nampaknya memperdalam kemiskinan dan kesengsaraan pada buruh. Pekerjaan dan kehidupan kaum buruh menjadi tergantung pada alat produksi yang mahal dan hanya sedikit orang yang mampu memilikinya. Keamanan kerja sangat kurang, pekerja sering tergusur oleh kemajuan teknologi dan jumlah tenaga kerja yang besar. Kurangnya perlindungan pekerja dan peraturan berarti jam kerja yang Panjang dengan upah yang menyedihkan, tinggal di rumah-rumah petak yang tidak sehat, serta eksploitasi ditempat kerja.

Namun, seiring dengan munculnya masalah-masalah tersebut, muncul pula ide-ide baru yang bertujuan untuk mengatasinya. Ide-ide ini mendorong inovasi dan peraturan yang memberikan lebih banyak materi kepada masyarakat. Untuk kenyamanan sekaligus memungkinkan mereka untuk memproduksi lebih banyak, melakukan pekerjaan lebih cepat, dan berkomunikasi lebih cepat.

Dalam konteks pertanian, Revolusi Industri 1.0 membawa beberapa perubahan penting:

#### 1. Mekanisasi Pertanian

Pengenalan mesin-mesin pertanian seperti bajak mekanis dan mesin pemanen mengubah cara pengolahan lahan dan pemanenan hasil pertanian. Mekanisasi ini meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian dibandingkan metode manual sebelumnya.



**Gambar 1. Alat Bajak Furrow**

Bajak Furrow adalah bagian dari Revolusi Pertanian 1.0 yang dimulai di Inggris pada abad ke-18 dan kemudian menyebar ke seluruh dunia. Revolusi ini ditandai dengan adopsi teknologi baru dalam pertanian, termasuk penggunaan bajak furrow untuk membajak tanah dengan lebih efisien. Penggunaan teknologi ini membawa peningkatan signifikan dalam produktivitas pertanian dan membuka jalan bagi inovasi lebih lanjut dalam sektor pertanian.

## 2. Sistem Rotasi Tanaman

Selain inovasi mekanis, Revolusi Industri 1.0 juga mencakup perbaikan teknik pertanian seperti sistem rotasi tanaman yang dikembangkan oleh Viscount Charles "Turnip" Townshend. Sistem ini melibatkan penanaman tanaman yang berbeda secara bergiliran di lahan yang sama, membantu menjaga kesuburan tanah dan mengendalikan hama.

### 3. Penerapan Ilmu Pengetahuan

Revolusi Industri 1.0 juga ditandai dengan meningkatnya penerapan ilmu pengetahuan dalam praktik pertanian. Ilmuwan seperti Justus von Liebig mulai mempelajari hubungan antara nutrisi tanaman dan kesuburan tanah, yang mengarah pada pengembangan pupuk kimia modern.

Meskipun Revolusi Industri 1.0 membawa kemajuan dalam mekanisasi dan teknik pertanian, dampaknya masih terbatas dibandingkan revolusi industri selanjutnya. Produktivitas pertanian memang meningkat, namun sebagian besar petani masih mengandalkan metode tradisional dan tenaga manual dalam kegiatan pertanian sehari-hari.

## 1.2.2 Revolusi Industri 2.0

Pada periode ini, kemajuan industri terjadi sangat cepat di Inggris, Jerman, Amerika, Perancis, dan Jepang. Revolusi industri 2.0 dikenal sebagai revolusi teknologi. Karena pada waktu ini terjadi lompatan besar dan radikal dalam perkembangan teknologi juga budaya masyarakat. Inovasi yang terjadi di era ini merupakan kelanjutan revolusi industri 1.0. Berikut beberapa contohnya: Pengembangan sumber daya energi, seperti minyak bumi dan batu bara Penemuan arus listrik AC dan DC yang berfungsi dalam pembuatan motor listrik Inovasi produksi besi dan baja berskala besar Produksi massal mobil dan pesawat sebagai alat transportasi Penggunaan mesin industri untuk manufaktur Penggunaan telegraf untuk komunikasi jarak jauh Penggunaan teknologi listrik dalam transportasi dan telekomunikasi.

Meskipun banyak tumpang tindih dengan Revolusi Industri 1.0, terdapat banyak bukti untuk Revolusi 2.0 ini pada akhir abad ke-19 dan ke-20. Dalam hal bahan dasar, industry modern mulai mengeksploitasi banyak sumber daya alam dan sintetis yang belum pernah digunakan sebelumnya. Seperti logam ringan, logam tanah jarang, paduan baru, dan produk sintetis seperti plastik, serta sumber energi baru. Ditambah lagi dengan perkembangan mesin, peralatan dan computer yang memunculkan pabrik otomatis. Meskipun di beberapa segmen industri hampir sepenuhnya dimekanisasi pada awal hingga pertengahan abad ke-19, operasi otomatis, yang beberapa dengan jalur perakitan yang pertama kali mencapai signifikansi besar pada paruh kedua abad ke-20.

Kepemilikan alat produksi juga mengalami perubahan. Kepemilikan oligarki atas alat-alat produksi yang menjadi ciri khas Revolusi Industri pada awal hingga pertengahan abad ke-19 memberi jalan bagi distribusi kepemilikan yang lebih luas melalui pembelian saham biasa oleh individu dan institusi seperti perusahaan asuransi. Pada paruh pertama abad ke-20 banyak negara di Eropa mengsosialisasikan sector-sektor dasar ekonomi. Pada periode tersebut juga terjadi dalam teori politik, seperti alih-alih gagasan *Laissez-Faire* yang mendominasi pemikiran ekonomi dan sosial pada Revolusi Industri klasik, pemerintah pada umumnya bergerak ke ranah sosial dan ekonomi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat industry yang lebih kompleks. Tren tersebut berbalik di Amerika Serikat dan Inggris mulai tahun 1980-an.

Revolusi Industri 2.0 yang ditandai dengan penemuan motor listrik dan mesin pembakaran internal memungkinkan pengembangan mesin-mesin pertanian yang lebih maju.

Dampak Revolusi Industri 2.0 terhadap pertanian antara lain:

1. Elektrifikasi Pertanian

Penggunaan tenaga listrik dalam pertanian mulai meluas, terutama untuk menggerakkan mesin-mesin pertanian seperti pompa air dan mesin penggiling. Elektrifikasi ini meningkatkan efisiensi dan mengurangi kebutuhan tenaga manual.

2. Mesin Pertanian Bermotor

Mesin-mesin pertanian dengan tenaga motor mulai dikembangkan, seperti traktor bermotor, mesin pemanen, dan mesin penanam. Mesin-mesin ini semakin meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja manusia dan hewan.



**Gambar 2. Mesin traktor uap**

Traktor uap pertama kali muncul di pertengahan abad ke-19 dan menjadi populer di berbagai sektor, termasuk pertanian. Traktor uap mengubah cara pekerjaan dilakukan di lahan

pertanian dengan menggantikan penggunaan tenaga hewan dan manusia. Mereka memanfaatkan mesin uap untuk menggerakkan roda dan menjalankan berbagai alat pertanian seperti bajak dan penyang.

### 3. Perbaikan Infrastruktur

Revolusi Industri 2.0 juga menyaksikan perbaikan infrastruktur transportasi seperti jaringan kereta api dan jalan raya. Infrastruktur yang lebih baik memudahkan distribusi hasil pertanian dari lahan ke pasar, serta memungkinkan petani mengakses input pertanian dengan lebih mudah.

### 4. Penelitian Pertanian

Sejalan dengan penerapan ilmu pengetahuan yang semakin meluas, penelitian di bidang pertanian juga berkembang pesat selama Revolusi Industri 2.0. Lembaga penelitian pertanian didirikan untuk mempelajari dan mengembangkan varietas tanaman baru, teknik budidaya yang lebih baik, serta metode pengendalian hama dan penyakit.

Revolusi Industri 2.0 membawa perubahan yang lebih signifikan dalam praktik pertanian dibandingkan revolusi sebelumnya. Mekanisasi dan elektrifikasi pertanian semakin meningkatkan efisiensi dan produktivitas, meskipun masih terdapat keterbatasan dalam hal presisi dan kemampuan adaptasi terhadap kondisi lahan yang beragam.

## 1.2.3 Revolusi Industri 3.0

Diawali dengan kemunculan teknologi informasi dan elektronik yang masuk ke dunia industri. Misalnya sistem otomatisasi berbasis komputer dan robot. Peralatan industri sudah tidak dikendalikan oleh manusia, namun diatur oleh komputer atau yang disebut komputerisasi. Di periode ini muncul

inovasi pengembangan perangkat lunak untuk memanfaatkan perangkat keras elektronik.

Banyak penemuan dan pembuatan perangkat elektronik yang bertujuan mengotomatisasi operasional mesin, guna menggantikan operator produksi. Beberapa contoh revolusi industri 3.0, antara lain: Teknologi komputer Akses internet Peralatan elektronik, seperti smartpone Sistem perangkat lunak (software).

Revolusi Industri 3.0 ini, adalah periode kemajuan teknologi yang dimulai pada akhir abad ke-20, dan terus berlanjut hingga saat ini. Periode ini ditandai dengan munculnya teknologi digital, otomatisasi, dan internet. Revolusi Industri 3.0 ini telah didorong oleh penemuan dan inovasi baru, seperti computer pribadi, internet dan perangkat seluler. Teknologi ini telah banyak mengubah industry termasuk manufaktur, komunikasi, transportasi, dan perawatan Kesehatan.

Salah satu perkembangan paling signifikan dari Revolusi Industri 3.0 ini adalah munculnya internet dan teknologi digital, yang memungkinkan terciptanya model bisnis dan industri baru seperti e-commerce, social media, dan hiburan digital. Revolusi Industri 3.0 ini telah mengarah pada perkembangan Teknik manufaktur baru, seperti pencetakan 3D, yang telah mengubah cara preoduk dirancang dan diproduksi. Revolusi industry 3.0 memiliki dampak signifikan terhadap masyarakat, termasuk kebangkitan ekonomi GIG dan transformasi pekerjaan tradisional.

Periode ini menimbulkan kekhawatiran tentang otomatisasi dan potensi dampaknya terhadap pekerjaan, karena banyak pekerjaan yang digantikan oleh mesin dan algoritme. Secara keseluruhan Revolusi Industri 3.0 adalah perubahan dan inovasi

teknologi yang cepat yang mengubah banyak aspek kehidupan. Kemungkinan besar dampak dari periode ini akan terus membentuk dunia di tahun-tahun dan decade mendatang.

Pengaruh Revolusi Industri 3.0 terhadap pertanian meliputi:

1. Precision Farming

Kemunculan teknologi seperti GPS (Global Positioning System) dan GIS (Geographic Information System) memungkinkan penerapan precision farming atau pertanian presisi. Dengan teknologi ini, petani dapat memetakan variabilitas lahan dan memberikan input pertanian secara tepat sesuai kebutuhan spesifik setiap bagian lahan.

2. Sensor dan Pengumpulan Data

Berbagai jenis sensor mulai digunakan dalam pertanian untuk mengumpulkan data real-time terkait kondisi tanah, cuaca, dan tanaman. Data ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan praktik pertanian, seperti penjadwalan irigasi dan pemupukan yang lebih presisi.

3. Sistem Manajemen Pertanian

Perangkat lunak komputer dikembangkan untuk membantu petani dalam mengelola kegiatan pertanian, seperti perencanaan penanaman, manajemen inventaris, dan analisis data. Sistem ini memudahkan petani dalam mengambil keputusan yang lebih baik berdasarkan data.

4. Otomatisasi Pertanian

Meskipun masih terbatas, otomatisasi mulai diterapkan dalam beberapa aspek pertanian selama Revolusi Industri 3.0. Contohnya adalah penggunaan sistem irigasi otomatis yang dapat menyesuaikan pemberian air berdasarkan kelembaban tanah dan kebutuhan tanaman.

Revolusi Industri 3.0 menandai awal mula penerapan teknologi digital dalam pertanian. Meskipun belum mencapai

adopsi secara luas, teknologi seperti precision farming dan otomatisasi mulai menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan praktik pertanian. Namun, biaya teknologi yang relatif tinggi dan kurangnya infrastruktur digital di banyak daerah pedesaan masih menjadi kendala dalam penerapan teknologi ini secara masif.

#### **1.2.4 Revolusi Industri 4.0 dan Dampaknya terhadap Pertanian**

Otomatisasi di segala bidang untuk mencapai produktivitas yang lebih efektif dan efisien, sangat mungkin terjadi. Penerapan sistem informasi rantai pasokan digital ke segala unit kerja akan meminimalkan peran manusia sebagai operator. Secara umum, era ini akan mengganti peran tenaga manusia dari operator menjadi seorang ahli berkompentensi tinggi.

Revolusi Industri 4.0 mengacu pada perubahan mendasar dalam cara produksi dan pengolahan informasi yang terjadi saat ini. Ini melibatkan penggabungan teknologi digital, otomatisasi, dan konektivitas yang tinggi untuk menciptakan sistem yang lebih cerdas dan efisien.

Beberapa aspek kunci dari Revolusi Industri 4.0 meliputi:

##### **1. Internet of Things (IoT)**

IoT adalah jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan pertukaran data dan komunikasi antara perangkat. Dalam konteks Revolusi Industri 4.0, IoT memungkinkan pengumpulan data yang lebih besar dan analisis yang lebih baik untuk meningkatkan efisiensi produksi.

## 2. Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence, AI)

AI memungkinkan mesin untuk belajar dan mengambil keputusan seperti manusia. Dalam Revolusi Industri 4.0, AI digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi, mengidentifikasi pola, dan memprediksi kegagalan mesin.

## 3. Manufaktur Berbasis Cyber

Ini melibatkan penggabungan teknologi digital dengan proses manufaktur tradisional. Contohnya adalah penggunaan robotik yang dikendalikan secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi produksi, serta penggunaan simulasi digital untuk merancang dan menguji produk sebelum produksi fisik dilakukan.



**Gambar 3. Robot Pertanian Dan Mobil Otonom Dengan Teknologi 5G**

Gambar 3 merupakan gambar robot pertanian dan mobil otonom yang beroperasi dalam konteks pertanian cerdas, didukung oleh teknologi 5G, merupakan bagian dari Revolusi Industri 4.0. Ini adalah era di mana otomatisasi dan teknologi digital, seperti kecerdasan buatan (AI) dan Internet of Things (IoT), mengubah lanskap industri dengan cara yang belum

pernah terjadi sebelumnya. Konsep pertanian pintar yang mencakup penggunaan sensor, robotika, dan konektivitas tingkat tinggi adalah penerapan langsung dari paradigma Industri 4.0 dalam sektor pertanian.

#### 4. Big Data dan Analitik

Dalam Revolusi Industri 4.0, data yang dihasilkan oleh berbagai perangkat dan sistem dikumpulkan secara besar-besaran. Analitik data digunakan untuk mengidentifikasi tren, pola, dan wawasan yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan peningkatan efisiensi.

Sekarang ini dunia telah memasuki era baru yang disebut dengan Revolusi Industri 4.0. Sama halnya dengan revolusi industri sebelumnya, revolusi industri 4.0 merupakan suatu bentuk pembangunan industri yang tidak dapat dihindari perkembangannya. Memasuki era revolusi industri 4.0, berbagai aktivitas sosial, pendidikan, ekonomi dan sebagainya selalu dikaitkan dengan penggunaan mesin-mesin otomatisasi yang terintegrasi dengan jaringan internet. Kecanggihan teknologi era ini membuat banyak kondisi berubah. Semua sektor seperti bisnis, pendidikan, pertanian, bahkan politik pun telah berevolusi.

Dalam konteks pertanian, penerapan teknologi Revolusi Industri 4.0 dikenal sebagai "Pertanian 4.0" atau "smart farming". Berikut adalah beberapa aspek kunci dari Pertanian 4.0:

##### 1. Internet of Things (IoT)

Penggunaan sensor dan perangkat IoT yang terhubung internet semakin meluas dalam pertanian. Sensor ini dapat mengumpulkan data real-time tentang kondisi tanah, cuaca, kelembaban, dan parameter lainnya. Data tersebut

kemudian dikirimkan ke platform cloud untuk dianalisis dan digunakan dalam pengambilan keputusan.

## 2. Kecerdasan Buatan (AI)

Teknologi AI seperti machine learning dan computer vision digunakan untuk menganalisis data pertanian yang kompleks. AI dapat membantu dalam deteksi dini penyakit tanaman, prediksi hasil panen, dan optimalisasi penggunaan input pertanian seperti air dan pupuk.

## 3. Robotika dan Drone

Robot pertanian dan drone mulai digunakan untuk berbagai tugas seperti pemetaan lahan, penyemaian, pemupukan, dan penyemprotan pestisida. Teknologi ini meningkatkan presisi dan efisiensi kegiatan pertanian, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia.

## 4. Blockchain dan Traceability

Teknologi blockchain dimanfaatkan untuk meningkatkan transparansi dan ketertelusuran dalam rantai pasok pertanian. Dengan blockchain, konsumen dapat melacak asal-usul produk pertanian dari lahan hingga meja makan, memastikan keamanan pangan dan mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan.

## 5. Pertanian Vertikal dan Pertanian Perkotaan

Revolusi Industri 4.0 juga mendorong inovasi dalam sistem pertanian, seperti pertanian vertikal yang memanfaatkan ruang secara efisien dan pertanian perkotaan yang mendekatkan produksi pangan dengan konsumen di perkotaan. Teknologi seperti pencahayaan LED dan sistem kontrol iklim memungkinkan pertumbuhan tanaman yang optimal dalam lingkungan terkendali.

Dampak potensial dari penerapan teknologi Revolusi Industri 4.0 dalam pertanian sangat besar. Smart farming berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian secara

signifikan, mengurangi biaya produksi, dan meminimalkan dampak lingkungan. Petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien berdasarkan data real-time, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan energi.

Namun, adopsi smart farming juga menghadapi berbagai tantangan. Biaya investasi awal untuk teknologi canggih seringkali tinggi, sehingga menjadi hambatan bagi petani skala kecil. Kurangnya infrastruktur digital dan konektivitas internet di banyak daerah pedesaan juga menjadi kendala. Selain itu, penerapan smart farming memerlukan peningkatan kapasitas dan keterampilan petani dalam menggunakan teknologi baru.

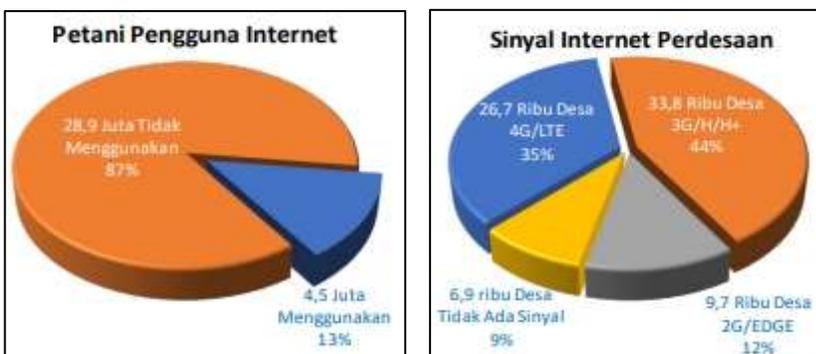
Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak. Pemerintah perlu menyediakan insentif dan program pendampingan untuk mendorong adopsi teknologi di tingkat petani. Sektor swasta, termasuk perusahaan teknologi dan lembaga keuangan, dapat berperan dalam mengembangkan solusi yang terjangkau dan mudah diakses oleh petani. Lembaga penelitian dan akademisi juga penting dalam menghasilkan inovasi dan pengetahuan yang relevan untuk mendukung penerapan smart farming.

Perkembangan inovasi dan teknologi yang cepat mendorong munculnya revolusi baru yang dikenal sebagai revolusi industri 4.0. Revolusi ini ditandai oleh penggunaan mesin otomatis yang terhubung dengan internet. Perubahan ini mengubah cara manusia berinteraksi hingga pada tingkat yang paling fundamental, sambil meningkatkan efisiensi dan daya saing industri, termasuk dalam sektor pertanian. Di era digitalisasi revolusi industri 4.0, para pemangku kepentingan di sektor pertanian perlu bersiap dan menyesuaikan diri dengan

perubahan tersebut. Salah satu aspek kunci dari perubahan ini adalah pemanfaatan internet oleh para petani.

Menurut data BPS tahun 2018, potensi internet di kalangan petani dan di pedesaan mencapai 93,9%. Mayoritas pengguna internet mengaksesnya melalui Smartphone/telepon seluler (96,6%). Data Potensi Desa (Podes) tahun 2018 menunjukkan bahwa 77.172 (91,95%) desa/kelurahan sudah dapat menerima sinyal telepon seluler. Angka ini mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan tahun 2011 dan 2014, di mana hanya 70.610 (89,82%) desa/kelurahan pada tahun 2011 dan 74.473 (90,61%) desa/kelurahan pada tahun 2014 yang menerima sinyal telepon seluler. Dari total 33,4 juta petani di Indonesia, sekitar 4,5 juta di antaranya menggunakan internet (13%).

Secara keseluruhan, sinyal internet telah tersebar luas di sebagian besar wilayah pedesaan dan sudah mencakup sinyal 2G, 3G, dan 4G. Dengan mempertimbangkan data tersebut, era industri 4.0, yang mana salah satunya adalah keterhubungan semua perangkat dengan internet, dapat dijadikan landasan awal untuk transformasi digital di sektor pertanian.



**Gambar 4. Petani Pengguna Internet dan Sinyal Internet Pedesaan Tahun 2018 (Sumber: BPS, 2018)**

Revolusi Industri 4.0 membuka peluang besar bagi transformasi sektor pertanian menuju sistem yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan pendekatan yang tepat dan kolaboratif, smart farming dapat menjadi solusi untuk menjawab tantangan ketahanan pangan global di masa depan. Meskipun masih ada hambatan yang perlu diatasi, potensi manfaat dari Pertanian 4.0 sangat menjanjikan bagi petani, konsumen, dan lingkungan.

Kini, di era Revolusi Industri 4.0, pertanian mengalami transformasi lebih lanjut dengan munculnya konsep smart farming. Integrasi teknologi mutakhir seperti IoT, AI, robotika, dan analitik data membuka peluang untuk mengoptimalkan setiap aspek budi daya pertanian, dari penanaman hingga pemanenan dan distribusi. Smart farming berpotensi meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan keberlanjutan sistem pertanian secara signifikan.

Namun, adopsi smart farming juga menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait biaya teknologi yang tinggi, kurangnya infrastruktur digital di pedesaan, dan kebutuhan peningkatan kapasitas petani. Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan kerja sama dan dukungan dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan petani itu sendiri.

Dengan pendekatan yang komprehensif dan kolaboratif, potensi smart farming dapat dioptimalkan untuk menjawab tantangan ketahanan pangan global di masa depan. Pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan akan memberikan manfaat bagi petani, konsumen, dan lingkungan secara keseluruhan.