IPB University
Bogor Indonesia

PENGEMBANGAN PENELITIAN AGRO-MARITIM 4.0

PENGEMBANGAN PENELITIAN AGRO-MARITIM 4.0

Tim Konsep dan Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0

Penerbit IPB Press
Jalan Taman Kencana No. 3
Bogor - Indonesia

C.01/07.2019

Judul Buku:
Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0

Pengarah:
Arif Satria (Rektor IPB)

Penanggung Jawab:
Aji Hermawan (Kepala LPPM IPB)

Penyusun:
Tim Konsep dan Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0
Agik Suprayogi | Memen Surahman | Edi Santosa | Syartinilia | Sugeng Heri Suseno | Kudang Boro Seminar | Agus Buono
Iskandar Zulkarnaen Siregar | Muladno | Yandra | Yohanes Aris Purwanto | Eva Anggraini | Ernan Rustiadi | Luky Adrianto
Mohamad Solahudin | Widodo | Koekoeh Santoso | Yeni Herdiyeni | Karlisa Priandana

Editor Tipografi:
Dwi Murti Nastiti | Tania Panandita | Ridwan Diaguna

Desain Sampul & Penata Isi:
Muhamad Ade Nurdiansyah| Syartinilia | Insan Fahmi

Jumlah Halaman:
56 + 12 Halaman Romawi

Edisi/Cetakan:
Cetakan 1, Juli 2019

PT Penerbit IPB Press
Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@ymail.com

ISBN: 978-602-440-768-1

Dicetak oleh IPB Press Printing, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2019, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH
UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA SAMBUTAN

Revolusi Industri 4.0 telah menciptakan disrupsi yang luar biasa dan mendorong pergeseran hebat (*great shifting*) di berbagai sendi-sendi kehidupan. Kondisi ini merupakan tantangan baru bagi Indonesia untuk mengelola gejala disrupsi tersebut untuk mewujudkan pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan, peningkatkan produktifitas dan peningkatan kesejahteraan bangsa serta adaptif dalam menghadapi tantangan global ke depan. Dalam konteks pertanian (dalam arti luas), masuknya Era Industri 4.0 diharapkan mampu memberikan solusi terhadap berbagai tantangan bangsa dan global serta mengatasi ketimpangan pembangunan antar wilayah di Indonesia.

Tantangan dan peluang Era Industri 4.0 harus direspon dengan cepat dan tepat dengan konsep peta jalan yang jelas. Atas dasar tersebut, IPB telah menawarkan konsep Agro-Maritim 4.0 yang diharapkan dapat menjadi rujukan pengembangan IPB ke depan serta berkontribusi dalam kemajuan Indonesia sebagai negara maritim terbesar di dunia. Konsep tersebut juga diharapkan dapat memberikan jawaban atas situasi yang tidak menentu di era disrupsi.

Konsep Agro-Maritim 4.0 harus diterjemahkan dalam sebuah peta jalan pengembangan penelitian IPB berbasis Agro-Maritim 4.0. Peta jalan diperlukan agar implementasi konsep tersebut dapat diwujudkan dalam kegiatan penelitian di IPB untuk mendorong tercapainya transformasi pembangunan Indonesia yang berbasis pada kekuatan sumberdaya Agro-Maritim melalui pemanfaatan teknologi digital secara cerdas dan bijaksana.

Kami menyambut baik dengan tersusunnya buku yang berjudul **"Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0"** agar menjadi acuan dalam penyelenggaraan penelitian IPB ke depannya untuk menjawab tantangan pembangunan nasional. Terima kasih kami sampaikan kepada tim penyusun Konsep dan Pengembangan Penelitian IPB Berbasis Agro-Maritim 4.0 dan semua pihak yang telah membantu dalam semua proses penyusunan buku ini.

Bogor, 15 Maret 2019

Rektor

Dr. Arif Satria, SP. MSi

KATA PENGANTAR

Agro-Maritim 4.0 merupakan kristalisasi konsep dan kebijakan terkini IPB dalam menjawab permasalahan bangsa di bidang pertanian dalam arti luas sesuai dengan perkembangan zaman. Implementasi konsep tersebut membutuhkan dukungan nyata seluruh insan IPB dan stakeholder khususnya dalam pengembangan sistem, inovasi, instrumentasi, kemampuan iptek, serta daya saing. Buku panduan Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0 disusun dari hasil evaluasi atas capaian kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat hingga saat ini, *accumulation of knowledge*, kapasitas sumberdaya yang tersedia, dan diskusi intensif dengan melibatkan pakar IPB dari berbagai disiplin keilmuan.

Buku ini merupakan acuan pelaksanaan kegiatan penelitian menuju Era Industri 4.0, sesuai dengan visi dan misi IPB. Sinergi lintas keilmuan yang dibangun melalui konsep Agro-Maritim 4.0 diharapkan dapat meningkatkan relevansi, produktivitas penelitian dan optimalisasi pendayagunaan sumberdaya penelitian untuk pengabdian kepada masyarakat termasuk memenuhi kebutuhan teknologi industri yang terus berkembang. Penyelesaian isu utama yang digulirkan dalam konsep Agro-Maritim 4.0 membutuhkan kolaborasi antar peneliti baik dalam aspek ipteks, sosial-budaya, ekonomi, lingkungan, kebijakan, energi, biotik dan abiotik baik secara teoritikal maupun aplikatif sehingga melahirkan peningkatan produktivitas, efisiensi dan keberlanjutan usaha pertanian dalam arti luas yang mengedepankan sistem presisi, cerdas, berbasis teknologi informasi dan komunikasi (TIK), dan beracuan big data.

Peta jalan dan model penelitian yang disusun dalam buku ini merupakan ilustrasi nyata untuk mewadahi berbagai bidang penelitian dengan output tingkat kesiapan teknologi yang beragam, serta masih sesuai dengan kebutuhan *stakeholder*. Tema dan topik masih tetap mengacu pada program prioritas dan unggulan pemerintah. Selain itu *output* penelitian juga perlu mengacu pada kehadiran IPB sebagai *socio-techno-preneurship university* yang mampu bersaing di tingkat dunia. IPB berharap buku ini dapat menjadi acuan bagi para peneliti IPB dalam melaksanakan kegiatan penelitian.

Bogor, 29 Januari 2019

Tim Penyusun

DAFTAR SINGKATAN

APBD	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
APBN	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara
CCTV	: *Closed Circuit Television*
ICT	: *Information and Communications Technology*
IoT	: *Internet of Things*
IPB	: Institut Pertanian Bogor
IPTEK	: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
Kemenristekdikti	: Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi
SOP	: Standar Operasional Prosedur
TI	: Teknologi Informasi
TIK	: Teknologi Informasi dan Komputer
UAV	: *Unmanned Aerial Vehicle*

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR SINGKATAN ix
DAFTAR ISI xi
1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 3
1.2 Kebijakan IPB tentang Agro-Maritim 4.0 5
2 KERANGKA KERJA PENELITIAN IPB 4.0 7
2.1 Pemberdayaan Manusia Dan Penguatan Kelembagaan 10
2.2 Diseminasi dan Aplikasi Ilmu Pengetahuan & Teknologi (IPTEK) 10
2.3 Inovasi Sistem dan Bisnis 11
3 TAHAPAN TEKNOLOGI MENUJU AGROSISTEM CERDAS 4.0 13
3.1 Agrosistem Terinstrumentasi 17
3.2 Agrosistem Terintegrasi 17
3.3 Agrosistem Terotomatisasi 18

3.4 Agrosistem Cerdas 19
4 PETA JALAN PENELITIAN AGRO-MARITIM 4.0 IPB 21
4.1. Baseline 25
4.1.1 Komunitas akar rumput 25
4.1.2 Komunitas industri 26
4.1.3 Komunitas pemerintahan 27
4.2. Pengembangan Teknologi 27
4.3. Target Pencapaian Sistem Cerdas 4.0 30
5 MODEL AGROSISTEM CERDAS 4.0 31
LAMPIRAN 1 39
LAMPIRAN 2 49

IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era industri 4.0 makin menyadarkan kita semua bahwa bangsa Indonesia akan semakin tertinggal jauh jika hanya bertumpu pada penguasaan ipteks konvensional. Negara maju dengan level kekuatan teknologi dan sumberdaya manusianya lebih unggul semakin menguasai arah perkembangan negara yang levelnya di bawahnya. Indonesia sebagai negara dengan sumberdaya alami besar dengan mayoritas penduduk bergantung pada pertanian dan kelautan, perlu berkiprah secara global dengan kekuatan lokal. Besarnya jumlah penduduk harus dimaknai sebagai kekuatan untuk meraih keunggulan teknologi.

IPB sebagai lembaga pendidikan tinggi memiliki kewajiban moral untuk mendidik dan mencerdaskan bangsa secara formal maupun informal. Visi IPB 2019-2023 untuk menjadi perguruan tinggi berbasis penelitian dan terdepan dalam inovasi untuk kemandirian bangsa menuju *techno-socio enterpreneurial university* yang unggul di tingkat global pada bidang pertanian, kelautan, biosains tropika, menjadi ruh utama dan pendorong para peneliti IPB dalam menopang perkembangan industri 4.0 yang sudah menjadi kebutuhan, bukan pilihan.

Dengan visi IPB 2019-2023 tersebut, misi yang diemban adalah 1) Menyelenggarakan pendidikan tinggi dengan melakukan penguatan *research based university* menuju *techno-socio enterpreneurial university* agar menghasilkan lulusan *techno-sociopreneur* yang unggul, memiliki akhlak mulia, nasionalisme tinggi, kompetensi profesional, softskills millennium, jiwa kepemimpinan, berwawasan global dan menjadi *trend setter* inovasi dan perubahan; 2) Memelopori penelitian unggul dan terdepan dalam IPTEKS yang *transformative* untuk terciptanya kualitas kehidupan berkelanjutan, serta inovasi untuk ekonomi rakyat dan industri nasional; 3) Mendalami ilmu-ilmu terkini di bidang pertanian, kelautan dan biosains tropika untuk menjadi penentu kecenderungan ilmu terkini di tingkat nasional dan global; 4) Meningkatkan layanan proaktif yang berkontribusi

dan memecahkan persoalan masyarakat dan meningkatkan peran IPB dalam menentukan arah kebijakan nasional; dan 5) Memperkuat sistem manajemen PT yang mampu menjadi pedoman pengembangan sistem manajemen modern pendidikan tinggi.

Penyelenggaraan penelitian IPB selama ini secara nyata telah berhasil menghantarkan inovasi IPB kepada masyarakat. Inovasi tersebut telah dihilirisasi ke masyarakat industri, petani, nelayan, dan peternak di berbagai kabupaten di Indonesia sebagai kontribusi intelektual IPB dalam pembangunan pertanian dalam arti luas. Keberhasilan tersebut tidak terlepas dari atmosfer akademik para peneliti IPB yang semakin baik, dan telah masuk pada kegiatan penelitian yang bersifat kolaboratif, interdisiplin, dan institusional. Atas kinerja yang dicapai tersebut, pada tahun 2018 IPB telah mendapatkan anugerah penghargaan Widyapadhi dari Kemenristekdikti dengan capaian sebanyak 55% (415) dari inovasi nasional. IPB pantas disebut sebagai kampus Inovasi.

Namun demikian tantangan di era global saat ini menuntut adanya perubahan mendasar dalam menyelenggarakan penelitian yang bersifat futuristik sehingga mampu membantu mempercepat pembangunan di segala bidang kehidupan khususnya pertanian di Indonesia. Model penelitian integratif IPB yang selama ini dikembangkan, terbukti mampu menghantarkan inovasinya ke masyarakat, namun demikian perlu adanya lompatan konsep untuk menyongsong masa depan pembangunan pertanian Indonesia di era industri 4.0, mengingat tantangan zaman terus berubah.

Konsep penelitian IPB ke depan harus mampu mengarah pada kegiatan penelitian yang bersifat kompleks, multidisiplin, dan transdisiplin yang memanfaatkan teknologi informasi (TI) sebagai ujung tombaknya dalam peningkatan efisiensi dan produktivitas pertanian dalam arti luas, serta menekan risiko teknologi, sosio-ekonomi dan ekologi. Berlandaskan

industri 4.0, konsep penelitian IPB ke depan diarahkan untuk memberikan solusi terhadap tantangan bangsa dan global yakni peningkatakan produksi, peningkatan kualitas, peningkatan kesejahteraan, peningkatan kesehatan lingkungan, dan keberlanjutan serta mengatasi ketimpangan pembangunan antar wilayah di Indonesia.

1.2 Kebijakan IPB tentang Agro-Maritim 4.0

Hubungan yang kuat antara tantangan pembangunan pertanian dalam arti luas dengan kemajuan zaman, dan era industri 4.0, telah melahirkan konsep **Agro-Maritim 4.0 IPB.** Konsep tersebut dijadikan landasan dalam mengemban tridharma perguruan tinggi untuk berkontribusi bagi pembangunan bangsa Indonesia yang terus berkembang. Agro-Maritim 4.0 IPB dibangun dengan mengakomodasi kapasitas sumberdaya *tangible* dan *intangible* yang ada baik internal maupun eksternal, berbagai tantangan dalam masyarakat akar rumput *(grass-root)* dan masyarakat industri dalam sektor pertanian, perkebunan, peternakan, dan kelautan untuk kemudian menawarkan solusi dan paradigma *(paradigm and solution selling)* dari rangkaian penelitian IPB.

Tantangan yang ada terkadang tidak dapat diselesaikan dalam satu disiplin ilmu saja karena munculnya problema yang satu terkait dengan problema yang lain. Selain itu, setiap problema akan terus meningkat dan membutuhkan penyelesaian cepat yang menuntut hadirnya penelitian yang bersifat *trans-multi-discipline*, transformatif, dan inklusif (partisipatif-non diskriminatif-akuntabel). Keberadaan IPB sebagai salah satu kampus terkemuka di Indonesia diharapkan dapat mengedepankan keunggulan inti penelitian *(research core-excellence)* yang mengarah kepada kesiapan menyambut pertanian cerdas *(smart*

farming) dengan merintis penelitian beracuan data (*data driven)* dan berbasis teknologi informasi dan komputer (TIK). Ini akan berujung pada objek penelitian berorientasi cerdas dan presisi (s*mart-precission based)* di bidang pertanian dalam arti luas menyangkut aspek stakeholder, sistem, tools, teknologi, infrastruktur, sosial, ekonomi, kebijakan dan etik.

Tantangan dan peluang di era industri 4.0 harus dijawab dengan cepat dan tepat melalui pelaksanaan berbagai penelitian berbasis **Agro-Maritim 4.0**. Untuk itu, suatu konsep dan pengembangan penelitian menuju **Agro-Maritim 4.0 IPB** perlu dibangun dalam bentuk kerangka kerja *(framework)*, tahapan teknologi menuju Agrosistem Cerdas 4.0 (*smart agrosystem* 4.0), peta jalan penelitian menuju Agrosistem Cerdas 4.0, dan model agrosistem cerdas berbasis **Agro-Maritim 4.0**.

2

KERANGKA KERJA PENELITIAN IPB 4.0

Salah satu misi IPB adalah melakukan penelitian untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang membawa manfaat bagi komunitas agraris dan maritim, mencerdaskan setiap aktor pembanguan serta memberikan layanan publik yang mempromosikan inovasi dalam sains dan teknologi dengan karakteristik kewirausahaan sambil mempertahankan nilai-nilai besar bangsa, melindungi kekayaan *indigenous* dan melestarikan sumber daya alam.

Merujuk pada misi tersebut dan melihat tantangan problema dan perkembangan IPTEK ke depan, IPB memformulasikan dan menawarkan konsep pembangunan Agro-Maritim 4.0 yang memandang darat, laut, dan udara sebagai satu kesatuan yang melibatkan sistem sosial, ekonomi dan ekologi kompleks sehingga membutuhkan pendekatan transdisiplin, terpadu, dan partisipatif yang diarahkan pada karakteristik industri 4.0, yaitu analisis beracuan data (*data-driven analytic*), pemantauan dan reaksi cepat (*real-time monitoring & response*), berbasis teknologi digital (*digital technology support*), pengambilan keputusan aksi presisi dan cerdas (*precision & smart decision making & acting*).

Agro-Maritim 4.0 adalah proses bisnis pertanian yang melibatkan teknologi informasi dan jaringan (internet) yang menghubungkan semua unit operasinya dengan berbagai instrumen (sensor-sensor, satelit atau UAV/drone) dan peralatan (robot dan mesin) yang memungkinkan bekerja sinergis dengan cepat, akurat, dan cerdas beracuan data dan informasi relevan terkini.

Beberapa karakteristik dasar Agro-Maritim 4.0 mencakup penekanan pada kekuatan & kompetensi inti IPB (*IPB strength & core-competence*), multi- & lintas-disiplin (*multi- & trans-disciplines*), aplikasi IPTEK dengan penawaran paradigma & solusi, transformatif dan inklusif, utilisasi data, dan teknologi digital untuk pengambilan keputusan dan aksi yang cerdas dan presisi pada setiap rantai aktivitas pertanian dari hulu ke hilir (*land-to-table*).

Kerangka kerja penelitian IPB 4.0 dapat dilihat pada Gambar 2.1 yang diturunkan dari pemikiran Agro-Maritim 4.0 untuk dijadikan landasan berfikir dan bertindak dalam pengembangan dan pelaksanaan program penelitian serta diseminasinya ke masyarakat yang mencakup: 1) Pemberdayaan manusia dan penguatan kelembagaan, 2) Diseminasi dan aplikasi sains & teknologi, 3) Inovasi sistem dan bisnis.

2.1 Pemberdayaan Manusia dan Penguatan Kelembagaan

Program ini mencakup kegiatan pendidikan, pelatihan, konsultasi dan mediasi peningkatan kemampuan sumberdaya manusia dan penguatan kelembagaan di masyarakat untuk secara sinergi mendorong tumbuh dan berkembangnya usaha pertanian yang lebih baik dan berkelanjutan. Pemberdayaan manusia ditekankan kepada kemampuan berfikir dan bertindak dalam komunitas (kelompok) secara sistematis, arif, presisi, cerdas, dan progresif menuju perbaikan nilai tambah (*added-value improvement*).

2.2 Diseminasi dan Aplikasi Ilmu Pengetahuan & Teknologi (IPTEK)

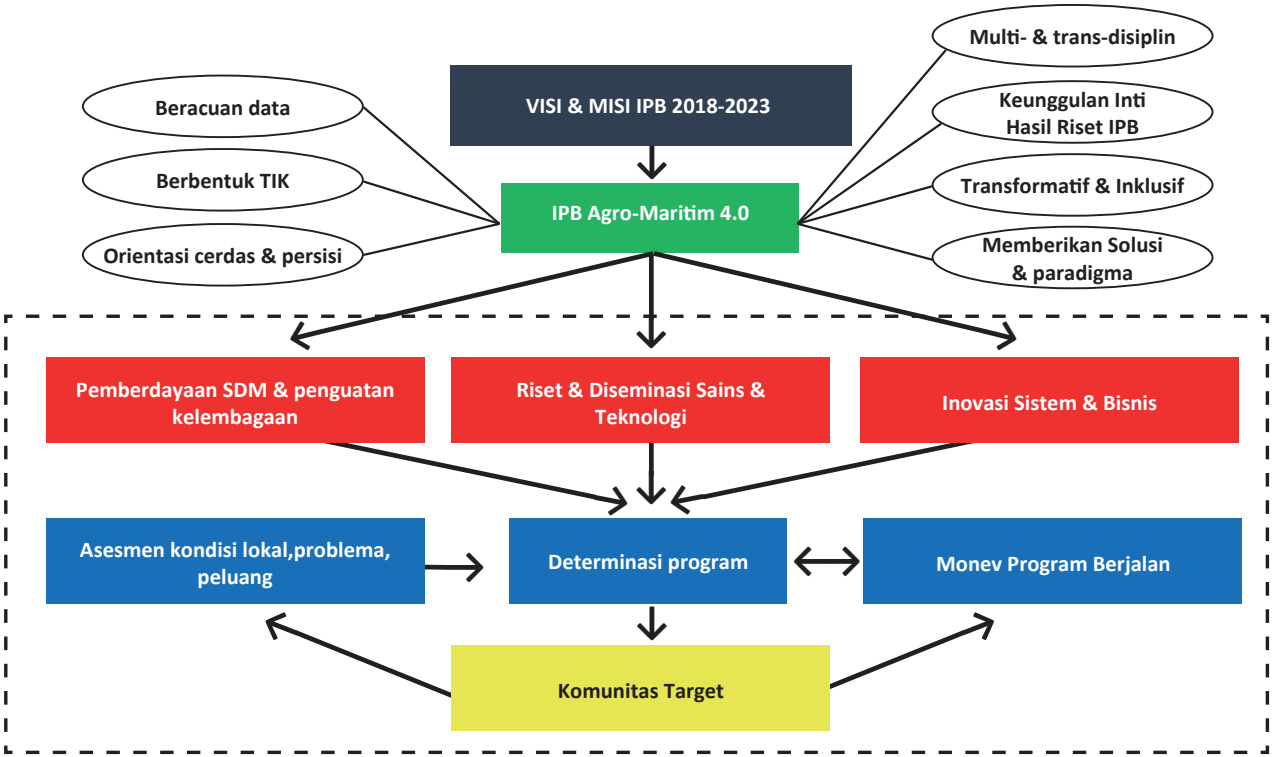
Program ini mencakup kegiatan diseminasi dan aplikasi IPTEK yang dihasilkan IPB untuk peningkatan usaha tani yang lebih atraktif dan kompetitif dengan basis kearifan lokal dan transformasional.

2.3 Inovasi Sistem dan Bisnis

Program ini mencakup kegiatan inovasi sistem dan bisnis pertanian Agro-Maritim 4.0 seperti penciptaan, pengembangan atau pendampingan inkubator, bisnis *start-up,* integrasi bisnis hulu-hilir dan sistem pertanian cerdas dan presisi.

Program tersebut dapat dilaksanakan untuk suatu komunitas target yang didasarkan pada kondisi komunitas target yang telah dikaji dan dianalisis (kondisi, problema, dan peluang yang ada) secara mendalam. Hasil kajian dan analisis digunakan untuk memformulasikan determinasi dan rekomendasi program penelitian IPB ke komunitas target yang dapat mencakup komunitas petani (*grass root*), komunitas industri, dan komunitas pemerintahan. Hasil rekomendasi diikuti dengan eksekusi kegiatan yang diharapkan menghasilkan transformasi berkelanjutan di komunitas target dengan terus melakukan pemantauan dan evaluasi (*monev*) yang menghasilkan butir-butir penyusunan program lanjutan di masa mendatang. Proses kajian, determinasi, dan rekomendasi, eksekusi, serta pemantauan dan evaluasi merupakan proses yang iteratif berkelanjutan hingga komunitas target dapat berkembang mandiri.

Program penelitian IPB 4.0 diharapkan mampu menciptakan dan mengembangkan komunitas target yang *melek* data *(data awareness)* dan terampil mendayagunakan data dan iptek untuk transformasi pertanian menuju pada perwujudan Agro-Maritim 4.0 secara bertahap dan berkelanjutan.



Gambar 2.1. Kerangka kerja penelitian IPB 4.0

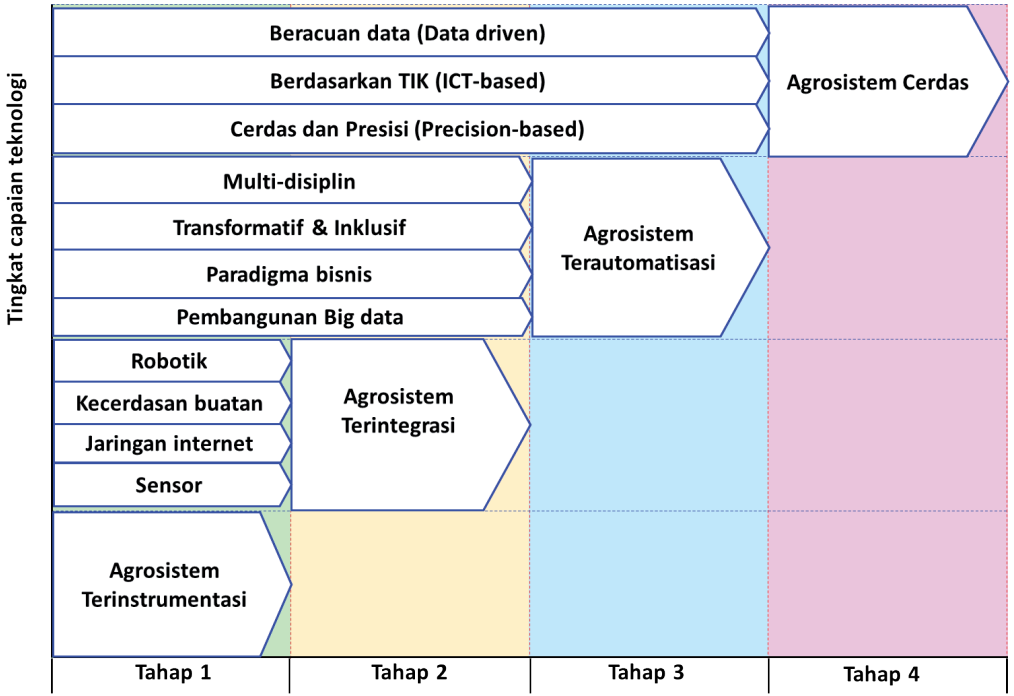
IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

3

TAHAPAN TEKNOLOGI MENUJU AGROSISTEM CERDAS 4.0

Konsep pelaksanaan program penelitian Agro-Maritim IPB 4.0 adalah mempersiapkan, membawa, mengarahkan, dan mentransformasi secara bertahap usaha pertanian di komunitas target menuju bisnis pertanian berkarakteristik agrosistem cerdas seperti disajikan di Gambar 3.1. Berdasarkan tingkat pendayagunaan teknologinya, pencapaian agrosistem cerdas dapat dibagi menjadi 4 tahapan utama yaitu

1. Agrosistem terinstrumentasi (*Instrumented Agrosystem*)
2. Agrosistem terintegrasi (*Integrated Agrosystem*)
3. Agrosistem terotomatisasi (*Automated Agrosystem*)
4. Agrosistem cerdas (*Smart Agrosystem*)



Gambar 3.1. Tahapan teknologi menuju Agrosistem Cerdas 4.0

IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

Dengan model pentahapan pengembangan seperti di atas maka penelitian IPB diarahkan kepada pembangunan agrosistem yang didukung oleh sistem terinstrumentasi dan peralatan yang dapat mentransformasi aksi manual menjadi aksi instrumental & mekanikal yang memungkinkan pencatatan/perekaman serta pemanfaatan data elektronik dalam proses bisnis agrosistem yang sedang berjalan. Sistem instrumen dan peralatan sedapat mungkin sudah mengarah pada sistem mekatronik (gabungan mekanik dan elektronik) dan biotronik (gabungan biologis dan elektronik).

3.1 Agrosistem Terinstrumentasi

Tahap Agrosistem terinstrumentasi adalah tahap paling awal dalam menuju agrosistem cerdas yang ditandai dengan proses mekanisasi dan instrumentasi. Pada tahapan ini, teknologi yang digunakan berupa mesin-mesin atau alat-alat yang berbasis pada perpaduan dari sistem mekanik dan sistem elektronik (mekatronik) dengan satu atau lebih sensor atau aktuator tertentu, yang didesain sedemikian rupa untuk membantu dan menggantikan pekerjaan manusia yang masih manual. Beberapa teknologi yang diterapkan pada tahap ini di antaranya teknologi berbasis sensor, teknologi berbasis jaringan dan *internet of things* (IoT), alat-alat cerdas yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan (*artificial intelligent*), dan penggunaan robot-robot sederhana.

3.2 Agrosistem Terintegrasi

Pada tahap ini, teknologi yang digunakan merupakan suatu sistem yang merupakan gabungan dari teknologi-teknologi yang saling terkoneksi dan terkoordinasi dengan baik. Tahapan ini ditandai dengan:

1. Interkoneksi antar sensor, data, instrumen, dan peralatan yang terlibat dalam suatu agrosistem sehingga memungkinkan penyimpanan data, berbagi data (*data sharing),* penjadwalan terpadu, komunikasi, koordinasi dan sinergi antar sub-sistem fungsional yang ada.
2. Penggunaan jaringan (*network*) dan penerapan konsep *Internet of Things* untuk pengumpulan data.
3. Penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) untuk mengolah dan memproses data hingga diperoleh suatu keputusan yang presisi.

Ketiga komponen teknologi di atas saling terhubung satu sama lain dan membentuk sistem sinergis, harmonis dan terintegrasi. Pada akhir tahap ini, diperlukan infrastruktur untuk menyimpan dan mengolah data yang berjumlah banyak dan memerlukan biaya komputasi yang tinggi. Selain itu, untuk dapat membangun sistem terintegrasi, maka diperlukan pendekatan multidisiplin yang bersifat transformatif dan inklusif termasuk paradigma bisnis.

3.3 Agrosistem Terotomatisasi

Tahap ini ditandai dengan tersedianya infrastruktur big data dan TIK yang memadai. Dengan demikian, semua pemangku kepentingan dapat dengan mudah “bertukar data dan informasi” sehingga semua keputusan dapat diambil secara otomatis dengan berbasis pada data yang akurat (*data-driven decision* dan *precision-based decision*). Pada tahap ini, kecerdasan buatan telah ditanamkan pada sistem; dan sistem dapat secara otomatis mengambil, mengolah, dan menggunakan data dari satu atau beberapa pemangku kepentingan sebagai rujukan pengambilan keputusan. Pada tahap ini, sinergi antar pemangku kepentingan menjadi kunci lahirnya integrasi teknologi.

Otomatisasi agrosistem akan membantu menurunkan input sumber daya keuangan dan tenaga kerja, selain itu juga akan menurunkan risiko dalam aktivitas komunitas target. Komunitas target tidak lagi melakukan pekerjaan mekanis, namun hanya menjadi operator dan pengawas sistem otomatisasi tersebut dari kejadian-kejadian yang tidak terduga. Komunitas target dapat menginvestasikan waktu yang diperoleh dari otomatisasi tersebut untuk berpikir kreatif dan menjadi pengambil kebijakan.

3.4 Agrosistem Cerdas

Agrosistem cerdas dibangun dari fondasi agrosistem terinstrumentasi, teringtegrasi, dan terotomatisasi. Instrumentasi akan mampu menghasilkan data dalam setiap pemangku kepentingan untuk kemudian diintegrasikan dan diotomatisasi. Pada tahap ini, seluruh pemangku kepentingan siap dengan data dan infrastrukturnya, sehingga data yang digunakan untuk mengambil keputusan pada tahap ini bukan lagi data terkait dengan satu atau beberapa pemangku kepentingan saja, namun mencakup seluruh data dari seluruh pemangku kepentingan.

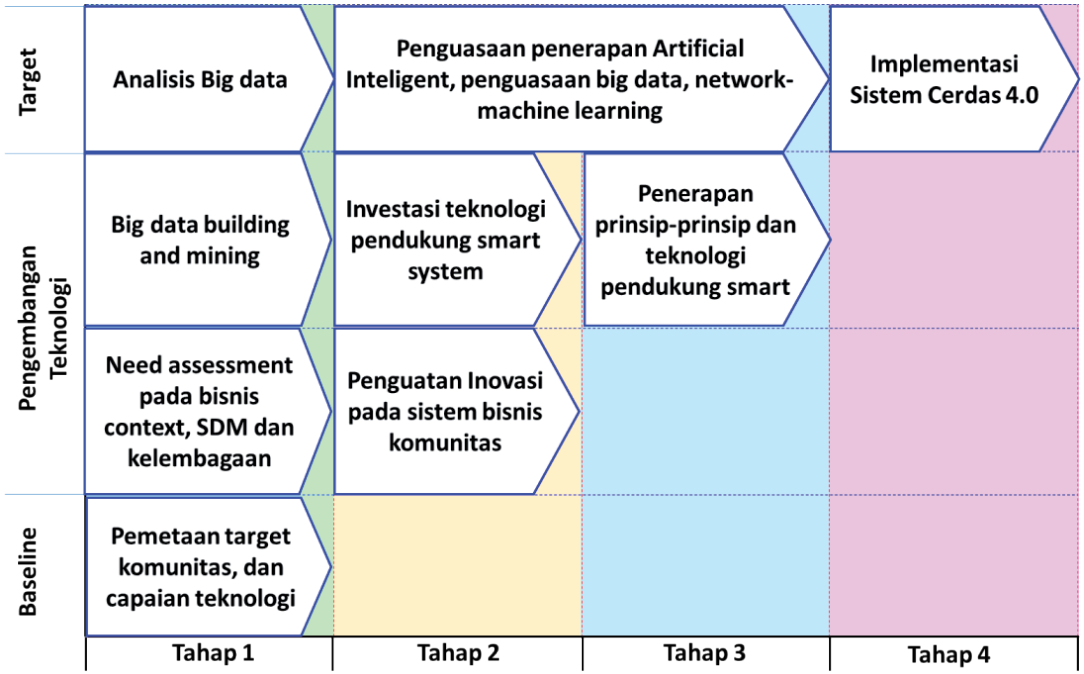
4

PETA JALAN PENELITIAN AGRO-MARITIM 4.0 IPB

Peta jalan penelitian menuju implementasi Agrosistem Cerdas 4.0 dirancang dalam 4 tahapan (Gambar 4.1). Tahapan tersebut menunjukkan adanya dimensi waktu terkait perbedaan kondisi dan kesiapan aktual setiap komunitas target untuk diarahkan kepada Agro-Maritim 4.0. Perbedaan tersebut terkait kesiapan sumber daya manusia, semangat, profesionalitas kelembagaan, soliditas komunitas, komitmen dan dukungan pemerintah daerah, penerapan teknologi, infrastruktur pendukung, sarana dan prasarana, logistik, pasar, dukungan pembiayaan dari lembaga keuangan, dan lain-lain.

Pembatasan waktu maksimum dalam setiap tahapan perlu dilakukan untuk mengukur capaian dan melanjutkan pada tahapan selanjutnya. Dimensi waktu setiap tahap ditentukan atas dasar kesepakatan antar pemangku kepentingan *(stakeholder)*.

Peta jalan penelitian dibangun dengan tiga instrumen yaitu 1) kondisi aktual *(baseline)* komunitas target dan capaian teknologi, 2) pengembangan teknologi bagi komunitas target, dan 3) target tercapainya Agrosistem Cerdas 4.0.



Gambar 4.1. Peta jalan penelitian Agro-Maritim 4.0

IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

4.1. *Baseline*

Baseline ditetapkan atas dasar komunitas target dan capaian teknologi yang merupakan tahap awal dari peta jalan penelitian berbasis Agro-Maritim 4.0. Penetapan *baseline* merupakan titik awal dalam pelaksanaan penelitian. Dari sisi komunitas, IPB melayani semua komunitas dengan berbagai latar belakang, mencakup masyarakat akar rumput, industri, dan pemerintahan.

4.1.1 Komunitas akar rumput

Komunitas akar rumput sektor pertanian, perkebunan, peternakan, dan kelautan umumnya memiliki kapasitas usaha yang kecil. Hal ini terkait dengan semisal kepemilikan sumberdaya lahan kurang dari 0.3 ha pada petani dan kepemilikan sapi antara 1-3 ekor pada peternak, serta rendahnya visi, wawasan dan manajemen usaha. Kondisi ini akan menyulitkan penerapan teknologi seperti melakukan mekanisasi, dan tentunya juga infrastruktur menuju agrosistem cerdas. Untuk itu komunitas akar rumput perlu dikonsolidasikan menjadi satu kekuatan kolektif yang diorganisir secara profesional.

Konsolidasi komunitas menjadi prasyarat untuk masuk pada tahapan diseminasi semua ilmu pengetahuan dan teknologi menuju industri 4.0. Konsolidasi tersebut memerlukan justifikasi jumlah minimum yang masih dapat dikelola secara layak. Konsolidasi seperti ini menjadi kesempatan untuk melakukan perubahan pola pikir *(mindset)* dan perilaku *(behaviour)* dalam rangka mewujudkan penggunaan industri 4.0 yang lebih efektif dan mampu melakukan lompatan menghadapi tantangan masa depan.

Dalam memetakan komunitas akar rumput yang dikonsolidasi, pada prinsipnya dapat dilihat pada tiga komponen utama yaitu kelembagaan, kemampuan bisnis kolektif, dan penguasaan iptek. Pada komponen kelembagaan, komunitas tersebut harus sudah memiliki organisasi yang solid dengan struktur organisasi yang kuat, strategi dan arah pengembangan yang visioner, anggota komunitas yang jelas identitas, dan aset yang dimiliki, dan dilandasi dengan cara berpikir yang modern dan maju. Ini semua dapat dilihat melalui observasi lapangan dan komunikasi dengan para tokoh di komunitas akar rumput yang dipetakan. Pada komponen bisnis kolektif, perihal penting yang harus dilihat adalah bahwa komunitas akar rumput telah melakukan usaha kolektif seperti koperasi atau usaha bersama lainnya.

Jumlah anggota komunitas, mekanisme pelaksanaan usaha, dan tata cara pengambilan keputusan dapat mencerminkan kemampuan dalam menjalankan bisnis kolektif. Pada penguasaan iptek, penggunaan data dan prasarana teknis maupun non teknis dalam bisnis kolektif menjadi syarat perlu untuk pengambilan keputusan. Konsekuensinya instrumentasi berupa peralatan penghasil dan pengolah data, serta infrastruktur pendukung perlu disediakan.

4.1.2 Komunitas industri

Berbeda dengan komunitas akar rumput yang berbasis pada kolektivitas masyarakat kelas bawah, komunitas industri lebih berorientasi pada individu atau kelompok kecil dari kalangan menengah ke atas. Bisnis digambarkan sebagai aktivitas yang sudah relatif mantap, skala komersial, dan telah terbiasa dengan instrumen teknologi yang lebih maju. Walaupun sumber daya manusia dari komunitas ini lebih tinggi kualitasnya, pemetaan terhadap komunitas itu tetap perlu dilakukan dalam hal pemahaman, wawasan, visi, dan cara berpikir dalam menyikapi dinamika global yang sangat dinamis. Dalam hal teknologi yang dimanfaatkan, *baseline* pada komunitas industri lebih mengarah pada indikator teknis terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan usaha yang dilakukan.

Lingkup komunitas industri dapat diperluas tidak hanya pada pelaku *farming*, tetapi pada komunitas industri agrosistem yang mendukung bisnis agro-maritim khususnya menyangkut sarana dan prasarana. *Baseline* pada komunitas industri yang diperluas ini lebih mengarah pada indikator spesifikasi, kapasitas produksi, kapasitas *delivery*, dan dukungan logistik.

4.1.3 Komunitas pemerintahan

Sebagai regulator, dinamisator, dan fasilitator pembangunan pertanian dalam arti luas, penentuan *baseline* yang digunakan berbeda dengan dua komunitas sebelumnya. Kualitas kepemimpinan suatu institusi sebagai penentu kebijakan yang berdampak luas kepada publik menjadi target penting yang digunakan dalam menentukan *baseline* di komunitas ini terhadap pemahaman sistem cerdas 4.0. Hirarki dalam perencanaan dan pengambilan keputusan publik yang ada di instansi pemerintahan merupakan bagian penting yang perlu dicermati sebagai indikator kepuasan publik. Pemanfaatan teknologi dalam menjalankan tugas sebagai pelayan masyarakat juga tidak bisa diabaikan dalam menentukan *baseline*. Akumulasi *baseline* berbagai aspek pemerintahan dan keberpihakan yang adil seharusnya dapat menghasilkan landasan untuk melahirkan kebijakan beracuan data.

4.2. Pengembangan Teknologi

Setelah kelembagaan berbasis komunitas berjalan mapan (*established*) dan melakukan kegiatan bisnis dengan baik, langkah selanjutnya adalah penerapan dan pengembangan teknologi. Pengembangan teknologi dalam peta jalan penelitian IPB berbasis Agro-Maritim 4.0 dilakukan dalam 2 tahapan, yakni pada tahap 2 dan tahap 3 pada Gambar 4.1. Berdasarkan hasil pemetaan komunitas akar rumput, analisis kebutuhan terhadap semua aspek yang berpengaruh dalam penguatan komunitas

perlu dilakukan. Pelaksanaan analisis kebutuhan dimaksudkan untuk mengidentifikasi jarak (*gap*) antara kondisi saat ini secara praktis di lapangan dan kondisi ideal secara teoritis. Dalam melakukan analisis ini, semua aspek yang dianalisis didasarkan pada data yang ada sehingga diperoleh hasil yang tepat, akurat dan optimal.

Analisis kebutuhan dapat dilakukan dari sisi sumber daya manusia, misalnya terkait latar belakang pendidikan, tingkat kesejahteraan, pengalaman, dan kepedulian terhadap lingkungan hidup. Dari sisi bisnis, analisis kebutuhan setidaknya dapat dilakukan pada aspek pengadaan barang yang dikomersialkan, rantai pasok barang, risiko yang harus diantisipasi, keuntungan yang diperoleh, fasilitas yang dimiliki, dan aspek lain yang relevan dengan upaya meningkatkan efisiensi, produktivitas dan keberlanjutan usaha. Dari sisi kebijakan, analisis kebutuhan dilakukan pada proses pembuatan peraturan perundang-undangan atau kecepatan layanan publik, akuntabilitas penggunaan anggaran dan upaya-upaya percepatan yang dijalankan. Selain itu analisis kebutuhan juga dilakukan pada aspek kelembagaan dalam komunitas yang mencakup ketersediaan sekretariat, kantor sekretariat organisasi, perangkat keras dan perangkat lunak yang dimiliki, legalitas, institusi keuangan dan tata kelola administrasi.

Analisis kebutuhan tersebut dapat menunjukkan ketersediaan data di komunitas target, sampai sedalam mana pangkalan data yang telah dibangun dan seberapa banyak data yang telah terhimpun dan tersimpan dengan baik. Pengembangan pangkalan data secara masif harus dilakukan melalui perbaikan penyusunan format pengambilan data dan kapasitas tampung penyimpanan data.

Penguatan pangkalan data menjadi hal penting sebagai landasan dalam pengambilan keputusan untuk membuat inovasi dan terobosan baru dalam sistem bisnis yang dijalankan komunitas target. Aktivitas apapun yang digeluti, untuk menjamin keberlanjutan usaha komunitas target, diperlukan penyempurnaan secara terus menerus agar dapat berkembang. Penggunaan

big data yang terstruktur dan jelas arahnya sangat membantu dalam membuat terobosan baru untuk meningkatkan daya saing melalui peningkatan efisiensi dan produktivitasnya.

Dengan mengetahui, memahami, dan menyadari pentingnya big data untuk pengambilan keputusan apapun dalam meningkatkan aktivitas komunitas target, diharapkan tidak ada keraguan untuk berinvestasi teknologi yang mendukung terwujudnya sistem cerdas *(smart system)* dalam menjalankan aktivitas usaha. Masih banyak lagi investasi teknologi yang harus dilakukan dengan masukan *(input)* semakin kecil tetapi mendapatkan luaran *(output)* semakin besar.

Investasi teknologi secara lengkap dan komprehensif menjadi landasan untuk dapat menerapkan prinsip dan teknologi pendukung sistem cerdas dalam beraktivitas apapun dalam komunitas akar rumput. Pilihan jenis teknologi, kapasitasnya disesuaikan dengan kondisi biofisik, kearifan lokal, efektivitas, dan kebutuhan, serta keterampilan sumber daya manusia. Tidak jarang teknologi yang disediakan tidak sesuai dengan kebutuhan kondisi lokus sasaran kegiatan sehingga teknologi tersebut kurang dimanfaatkan. Penggabungan komunitas yang dikonsolidasi dan penggunaan teknologi informasi yang makin lengkap dapat memperkuat ketahanan komunitas dan secara makro dapat memperkuat ketahanan pangan dalam konteks sistem produksi bahan pangan.

Penerapan dan pengembangan teknologi selanjutnya adalah perlunya investasi berbagai teknologi pendukung sistem cerdas 4.0. Investasi teknologi dapat berupa perangkat lunak (*software*) maupun perangkat keras (*hardware*) seperti sistem sensor (*sensor system)*, teknologi informasi dan komunikasi (TIK), berbagai alat dan mesin yang digerakan oleh robot (*robotic system, artificial intelligent*), deteksi kondisi kesuburan lahan menggunakan sistem sensor, penentuan kemasakan panen, dan lain-lain. Investasi ini akan diterapkan dan dikuasai prinsipnya oleh komunitas target yang merupakan indikator sudah tercapainya

tahap 3. Penerapan sistem teknologi cerdas akan menghasilkan *big data*, untuk kemudian dianalisis dan diterapkan perangkat deteksi otomatis (*artificial intelligent*), data masif (*big data*), dan *network-machine learning* yang merupakan bagian untuk mencapai target agrosistem cerdas.

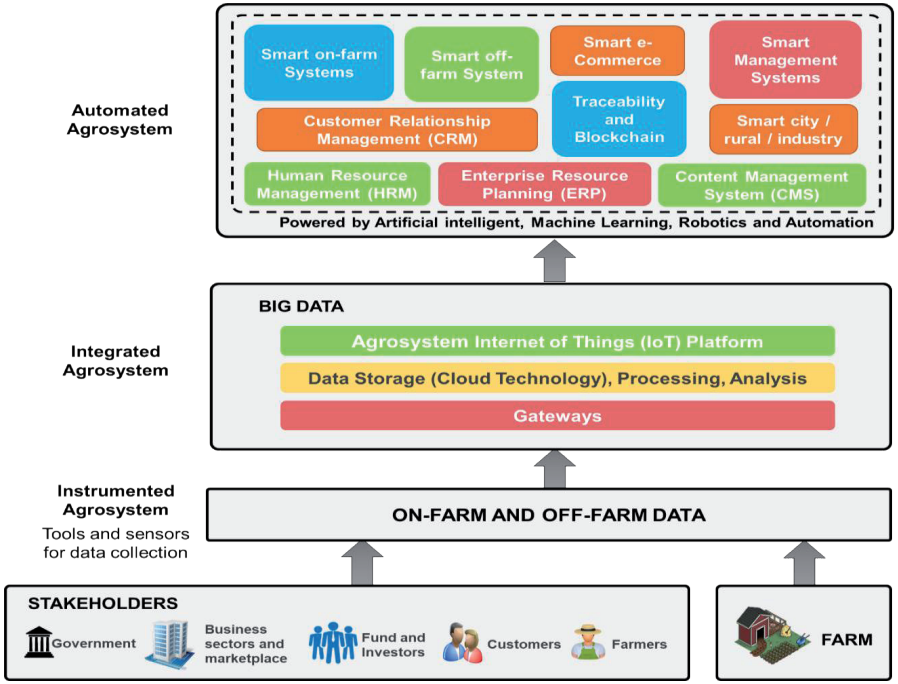
4.3. Target Pencapaian Sistem Cerdas 4.0

Pencapaian sistem cerdas 4.0 ditandai dengan kemampuan penguasaan *big data* untuk mendukung analisis dan pengambilan dan perencanaan keputusan. Pendayagunaan data yang komprehensif dan cermat memerlukan alat bantu/teknologi yang menggunakan sistem cerdas yang terus berkembang secara agresif saat ini termasuk teknologi kecerdasan buatan dan beberapa mesin terkoneksi yang memiliki kemampuan belajar mandiri dan bekerja secara kolaboratif (*network-machine learning)*.

5

MODEL AGROSISTEM CERDAS 4.0

Implementasi penelitian berbasis Agro-Maritim 4.0 meliputi dimensi yang luas dan kompleks. Strategi implementasi penelitian perlu dimulai dari komunitas (*stakeholders*) sebagai subjek seperti pada Gambar 5.1. Subyek tersebut yang akan diberikan pemahaman dalam pelaksanaan penelitian, dan juga sumberdaya lahan (*farm*) sebagai objek yang akan diteliti. Komunitas yang dimaksud mencakup sektor pemerintahan, industri, investor, konsumen dan tentunya petani (termasuk peternak dan nelayan); sedangkan lahan mencakup persawahan, perkebunan, peternakan serta lahan perikanan.



Gambar 5.1. Model Agrosistem Cerdas 4.0

IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

Pengembangan penelitian di IPB perlu dibuat agar tetap berkesinambungan dengan dilandasi oleh peta penelitian yang sudah berjalan, kemudian dikembangkan dan diarahkan pada penelitian futuristik seperti yang dimodelkan pada Gambar 5.1, untuk menuju ke arah Agrosistem Cerdas 4.0. Model tersebut sesuai dengan tahapan dan strategi penerapan teknologi yang telah dideskripsikan pada Bab 3, yaitu:

1. Agrosistem terinstrumentasi (*Instrumented Agrosystem*)

   Instrumentasi dimulai dengan pengembangan dan penggunaan alat-alat, mesin-mesin, dan sensor-sensor untuk mengambil data-data dari lapangan dengan akurat, baik berupa perangkat keras dan mesin-mesin maupun perangkat lunak. Pengembangan perangkat keras dan mesin-mesin yang dimaksud contohnya pengembangan dan penggunaan traktor dan alat-alat yang spesifik untuk keperluan tertentu, pengembangan dan penggunaan *environmental sensors*, *weather sensors*, *soil sensors*, *water sensors*, *plant sensors*, *animal sensors*, dan lain-lain; sedangkan pengembangan perangkat lunak contohnya pembuatan aplikasi cerdas atau *website* untuk mengetahui perilaku konsumen, petani, pasar dan *stakeholders* lainnya, pembuatan sistem aplikasi pemantauan harga, dan lain sebagainya.

2. Agrosistem terintegrasi (*Integrated Agrosystem*)

   Tahap integrasi dilakukan dengan adanya penghubung (*gateways*) antara perangkat yang satu dengan perangkat lainnya dan juga antara perangkat keras dengan perangkat lunak. Data-data dari sistem yang telah terintegrasi disimpan dalam suatu platform *data storage* untuk kemudian diproses serta dianalisis sebagai suatu kesatuan. Data-data ini dapat berasal dari siapapun dan dapat digunakan oleh siapapun dalam cakupan *stakeholders* yang terkait, dengan menggunakan perangkat *Internet of Things* (IoT).

3. Agrosistem terotomatisasi (*Automated Agrosystem*)

   Tahap otomatisasi dilakukan dengan membuat piranti otomatis baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak, dalam hal pengambilan data dan keputusan. Hal ini dapat dilakukan dengan sistem-sistem cerdas, misalnya dengan teknologi robotika (perangkat keras) dan teknologi sistem pakar (perangkat lunak).

4. Agrosistem cerdas (*Smart Agrosystem*)

   Tahap akhir yaitu agrosistem cerdas dicapai dengan utilisasi Big Data, di mana semua data telah terintegrasi dan tersimpan dengan baik dalam suatu *cloud* serta dapat dimanfaatkan oleh semua *stakeholders*. Pada tahapan ini, strategi keilmuan yang perlu dilakukan merupakan pendekatan multidisiplin yang didukung dengan penggunaan *Artificial Intelligent*, *Machine Learning*, serta *Robotics and Automation*.

Beberapa kelompok produk penelitian yang dapat dikembangkan sebagai bagian dari agrosistem cerdas ini di antaranya:

- Smart on-farm systems
- Smart off-farm systems
- Smart e-commerce
- Smart management systems
- Traceability and blockchain
- Smart city / smart rural / smart industry
- *Customer relationship management* (CRM)
- *Enterprise resources planning* (ERP)
- *Human management system* (HMS)
- *Content management system* (CMS)

Secara lebih spesifik, kelompok produk penelitian yang telah disebutkan di atas mencakup berbagai topik penelitian dan bidang keilmuan, dalam kaitannya dengan pertanian dan manajemennya, seperti: *Precision Agriculture, Smart Weather, Smart Tools, Smart Breeding, Smart Production Systems, Smart Plantation, Smart Plant Protection, Smart Soil Detection, Optimization of*

Pesticides and Fertilizers, Smart Greenhouses, Smart Plant Factory, Smart Packaging, Smart Sorting, *Intelligent E-Commerce*, *Smart Market Analysis*, *Smart Finance Technology*, *Intelligent Consument Behaviour Analysis, Smart E-Governance,* dan lain sebagainya.

Lingkup keilmuan yang dikembangkan IPB seperti yang tertuang dalam Statuta Institut Pertanian Bogor Tahun 2013, yaitu rumpun keilmuan pertanian dan ilmu-ilmu terkait yang mendukung perkembangan dan kemajuan pertanian dalam arti luas, termasuk ilmu-ilmu pengetahuan dasar, ilmu kelautan, keteknikan, humaniora, kesehatan, ekonomi, bisnis, manajemen, komunikasi, serta ilmu-ilmu sosial dan politik. Berdasarkan lingkup keilmuan tersebut maka penelitian IPB berbasis Agro-Maritim 4.0 dalam rangka mewujudkan penerapan teknologi dengan berbagai tahapan terkait lingkup keilmuan diarahkan menuju *Smart Farming, Smart Fishing* and *Smart Aquaculture, Smart Fisheries and Ocean Management, and Smart Small Islands, Smart Animal Farm, Smart Forestry, Smart Animal Health System, Agroindustry and Logistic Systems, Consumers.*

Komponen teknologi yang dapat diterapkan antara lain *Sensors*, *Remote Sensing*, *Drone*, *Artificial Intelligence* (AI), *Bioinformatics and Chemoinformatics*, *Blockchain and Traceability*, *Robotics*, *Big Data & Analytic*, *Cloud Technology*, *Internet of Things*, *Automation*, *3D Printing*, *Augmented Reality*, *Nano Technology*, dan *BioTechnology*. Komponen-komponen tersebut tidak semuanya diterapkan pada sebuah sistem pintar *(Smart system)* yang akan dikembangkan berdasarkan lingkup keilmuan inti IPB. Komponen-komponen teknologi yang dapat digunakan pada setiap sistem cerdas dapat dilihat pada lampiran (Tabel 1-8). Tabel – tabel tersebut menunjukkan bahwa setiap sistem cerdas memiliki kebutuhan komponen teknologi yang berbeda, dan komponen tersebut dapat dipenuhi secara bertahap sesuai dengan tahapan dan strategi penerapan teknologi yang sudah dideskripsikan.

Untuk membantu menjelaskan karakteristik arah penelitian Agro-Maritim 4.0 pada dimensi tema dan teknologi maka setiap unit pelaksana penelitian dapat merujuk lampiran tersebut sebagai contoh untuk pengembangan penelitian.

LAMPIRAN 1

Tabel 1 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Farming*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Farming															
Weather/climate monitoring and prediction	V	V						V	V	V	V				
Greenhouse Automation	V			V		V	V	V	V	V	V				
Smart plantation			V				V	V	V	V	V				
Smart breeding		V	V	V		V	V	V	V	V	V				
Smart plant protection	V			V	V			V	V	V					
Smart soil analysis	V		V	V	V			V	V	V					
Smart irrigation	V	V	V	V				V	V	V					
Plant factory automation	V			V				V	V	V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 2 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Fishing* and *Smart Aquaculture*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Fishing															
E-log book	V					V		V		V					
Vessels monitoring andsurveillance		V		V						V					
Smart and selective fishing gear	V									V					
E-traceability						V				V					
Smart system for safety at sea	V	V				V				V	V				
Smart handling and processing							V			V	V				
Smart cold storage	V			V		V				V					
Smart Aquaculture															
Smart site selection		V	V					V		V					
Smart broodstock selection					V					V					
Smart and precision feeding	V									V	V				
Smart biomass estimation	V			V						V					
Smart harvesting										V	V				
Real time water quality monitoring system	V									V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 3 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Fisheries and Ocean Management, and Smart Small Islands*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Fisheries and Ocean Management															
Smart fish scholl identification and classification				V						V					
Digital fish stock assessment					V					V					
Digital fish measurement	V									V					
Smart fish data collection and monitoring								V		V					
Smart fisheries estate		V	V					V		V					
Digital ocean map	V	V	V				V	V		V					
Smart Small Islands															
Smart small islands ecosystem	V	V	V							V					
Smart recreational fishing		V	V							V					
Smart sea port						V				V					
Smart and precise small factory										V	V				
Drone delivery system			V					V		V					
Smart integrated water and energy system										V	V				
Smart settlement/residential			V							V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 4 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Animal Farm*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Animal Farm															
Smart animal selection and judging	V			V			V	V	V	V					
Smart GFP and biosecurity	V			V		V				V					
Smart feed formulation				V			V			V					
Smart animal weighing	V			V			V	V	V	V					
Smart animal physiological condition	V			V				V	V	V					
Smart animal grazing management	V	V	V	V						V					
Smart animal growth performance	V			V				V	V	V					
Smart breeding				V						V					
Prime meat, milk and egg				V			V			V					
Smart carcass and meat assessment	V			V				V	V	V					
Smart halal meat				V		V		V	V	V					
Smart animal waste management	V	V		V						V					
Smart animal house	V			V				V	V	V	V				
Smart abbatoire							V			V	V				
Smart feedmill management								V	V	V					
Smart feed analysis	V			V	V				V	V					
Biosensor serat ulat sutra					V					V					V
Clone enzyme					V					V					V
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

IPB University
www.ipb.ac.id
Inspiring Innovation with Integrity
in Agriculture, Ocean and Biosciences for a Sustainable World

Tabel 5 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Forestry*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Forestry															
Forest resource inventory (tree based)	V	V	V					V	V	V					
Forest resource inventory (wildlife based)	V	V	V					V	V	V					
Forest boundary		V	V	V				V		V					
Forest product processing (small diameter wood)				V			V			V	V			V	
Forest product processing (non-timber forest product)										V					
Fire risk system		V						V	V	V					
Green/smart certifications						V		V	V	V					
Smart silvo pasture		V	V	V						V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 6 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Smart Animal Health System*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Smart Animal Health System															
Animal health status								V	V	V					
Animal quarantine										V					
Integrated diseases report and diagnostic								V	V	V					
Diseases prevention and control								V	V	V					
Eco-friendly medicines and drugs							V			V					
Smart certification						V				V					
Smart animal hospital management system				V			V	V	V	V	V				
Smart one-health ecosystem management										V					
Legislation										V					
Monitoring and surveillance system								V	V	V					
Diseases control program (DCP) and diseases eradication program (DEP)								V	V	V					
Chemical residues in animal products										V					
Livestock identification and tracebility	V			V		V		V	V	V					
Animal welfare	V			V		V				V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 7 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Agroindustry and Logistic Systems*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Agroindustry and Logistic Systems															
Intelligent agroindustrial resource planning				V			V	V		V					
Intelligent process engineering	V			V	V		V			V	V				
Smart packaging	V			V		V	V			V	V				
Smart storage and warehousing				V				V		V	V				
Intelligent new product development system				V	V			V	V	V			V		
Intelligent food production system				V	V			V	V	V			V		
Intelligent bioenergy and biomass production system				V	V			V	V	V			V		
Intelligent biofiber production system				V	V			V	V	V			V		
Intelligent new material production system				V	V			V	V	V			V		
Digital agrologistic systems	V			V		V		V		V					
Drone delivery system			V	V						V					
Smart investment analysis				V				V	V	V					
Smart ports and shipping				V		V		V	V	V					
Non-destructive quality testing	V			V				V	V	V					
Others*															

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku "Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia" (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

Tabel 8 Aplikasi teknologi 4.0 untuk *Consumers*

Application Technology 4.0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Consumers															
Intelligent e-commerce				V				V	V	V					
Smart market analysis				V				V	V	V					
Smart Financial technology				V				V	V	V					
Intelligent consumer behaviour analysis	V			V				V	V	V					
Intelligent e-governance				V		V		V	V	V					

A	Sensors	D	Artificial Intelligence (AI)	G	Robotics	J	Internet of Things	M	Augmented Reality
B	Remote Sensing	E	Bioinformatics and chemoinformatics	H	Big Data & analytic	K	Automation	N	Nano Technology
C	Drone	F	Blockchain and Traceability	I	Cloud Technology	L	3D Printing	O	BioTechnology

Sumber: Buku “Agro-Maritim 4.0: Kontribusi Pemikiran IPB untuk Indonesia” (2018) dengan modifikasi, * Kebutuhan komponen teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian bidang lain.

LAMPIRAN 2

GLOSARIUM

Added-value improvement	:	Perbaikan nilai tambah
Weeder	:	Alat pembersih gulma
Animal sensor	:	Penerima sinyal isyarat dari ternak
Artificial Intelligence	:	Kecerdasan buatan
Automated Agrosystem	:	Agrosistem terotomatisasi
Baseline	:	kondisi aktual
Behavior	:	Perilaku
Biosains tropika	:	Ilmu biologi daerah tropis
Biotronik		Gabungan biologis dan elektronik
Bisnis start-up	:	Bisnis baru yang di kategorikan untuk perusahaan bidang teknologi dan informasi yang berkembang di dunia internet
Cloud	:	Abstraksi dari infrastruktur jaringan komputer kompleks yang disembunyikannya sehingga menjadi dimensi tersendiri seperti gambaran awan
Combine harvester	:	Mesin pemanenan yang terdiri dari kombinasi tiga operasi yang berbeda, yaitu memanen, merontokkan, dan membersihkan menjadi satu rangkaian operasi
Content management system	:	Sistem manajemen kepuasan

Customer relationship management	:	Manajemen komunikasi pelanggan
Data driven	:	Beracuan data
Data storage	:	Penyimpanan data
Decision support systems	:	Sistem pendukung keputusan
Digital technology support	:	Berbasis teknologi digital
Diseminasi	:	Proses penyebaran inovasi yang direncanakan, diarahkan, dan dikelola kepada masyarakat umum
Enterprise resources planning	:	Perencanaan sumber daya bisnis
Environmental sensor	:	Penerima isyarat parameter lingkungan
Established	:	Berjalan mapan
Expert and recommender Systems	:	Sistem pakar dan rekomender
Forecasting system	:	Sistem peramalan
Framework	:	Kerangka kerja
Futuristik	:	Bersifat atau berhubungan dengan masa depan
Gateways	:	Penghubung antara sensor/mesin yang satu dengan sensor/mesin lainnya
Grass-root (akar rumput)	:	Petani, pekebun, peternak, nelayan
Hardware	:	Perangkat keras
Harvester	:	Alat panen
Hibrid produk	:	Kombinasi dari dua atau lebih jenis produk keuangan

Human management system	:	Manajemen sumber daya manusia
Inklusif	:	Partisipatif, non diskriminatif, akuntabel
Inkubator	:	Membantu “menetaskan” ide-ide seputar konsep, model bisnis hingga pembuatan produk awal
Institusional	:	Kelembagaan
Instrumented Agrosystem	:	Agrosistem terinstrumentasi
Integrated Agrosystem	:	Agrosistem terintegrasi
Intelligent e-commerce	:	Pemasaran berbasis elektronik/internet cerdas
Intelligent consument behaviour analysis	:	Analisis perilaku konsumen
Interdisiplin	:	Strategi penelitian yang melibatkan transfer suatu disiplin akademik ke dalam disiplin akademik lainnya untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu sehingga mampu memunculkan metode baru atau disiplin akademik yang baru
Internet comunication and technology	:	Teknologi informasi dan komunikasi
Internet of things	:	Suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer
IPB strength & core-competence	:	Kekuatan & kompetensi inti IPB
Iteratif	:	Proses perulangan terhadap sekelompok instruksi di mana perulangan tersebut akan berhenti jika batasan syarat sudah tidak terpenuhi

Land-to-table	:	dari hulu ke hilir
Machinaries	:	Penggunaan traktor dan alat-alat (Mekanisasi)
Machine learning	:	Aplikasi kecerdasan buatan yang fokus pada pengembangan sebuah sistem yang mampu belajar "sendiri" tanpa harus berulang kali di program oleh manusia
Mekatronik	:	Gabungan mekanik dan elektronik
Mindset	:	Pola pikir
Multi- & trans-disciplines	:	Multi- & lintas-disiplin
Network-machine learning	:	Jejaring dari machine learning
Optimization of pesticides and fertilizers	:	Optimasi aplikasi pemupukan dan pestisida
Paradigm and solution selling	:	Menawarkan paradigma dan solusi
Plant sensors	:	Penerima isyarat tanaman
Planter	:	Mesin tanam
Precision & smart decision making & acting	:	Pengambilan keputusan aksi, presisi dan cerdas
Precision agriculture	:	Pertanian presisi
Real-time monitoring & respons	:	Pemantauan dan reaksi cepat
Research based university	:	Universitas yang aktivitas pendidikannya berdasarkan hasil penelitian
Research core-excellence	:	Keunggulan inti penelitian
Road map	:	Peta jalan

Robotic system	:	Sistem yang menggunakan seperangkat alat mekanik, yang bisa melakukan tugas fisik baik dengan pengawasan manusia maupun menggunakan program yang telah didefinisikan
Satelit	:	Sebuah mesin yang mengorbit pada bumi untuk teknologi komunikasi
Sensor	:	Penerima sinyal isyarat
Sensor system	:	Sistem penerima sinyal isyarat
Smart Agrosystem	:	Agrosistem cerdas
Smart e-governance		Pelayanan cerdas berbasis elektronik/internet
Smart farming	:	Pertanian cerdas
Smart finance technology	:	Teknologi keuangan cerdas
Smart genetic breeding	:	Pemuliaan genetik secara cerdas
Smart greenhouses	:	Rumah kaca secara sederhana
Smart market analysis	:	Analisis pasar cerdas
Smart plant factory	:	Budidaya tanaman di indoor secara cerdas
Smart plant protection	:	Perlindungan tanaman secara cerdas
Smart Plantation	:	Sistem tanam secara cerdas
Smart production systems	:	Sistem produksi secara cerdas
Smart soil detection	:	Deteksi tanah secara cerdas
Smart tools	:	Metode penentuan secara cerdas
Smart weather	:	Metode pengaturan cuaca secara cerdas
Smart-precission based	:	Berorientasi secara cerdas dan tepat

Smart system	:	Sistem cerdas
Software	:	Perangkat lunak
Soil sensors	:	Penerima sinyal isyarat parameter tanah
Stakeholder	:	Pemangku kepentingan
Techno-socio enterpreneurial university	:	Universitas yang aktivitas pendidikan dan penelitiannya mendorong lahirnya wirausaha berbasis perkembangan teknologi dan dinamika sosial
Techno-sociopreneur	:	Wirausaha berbasis perkembangan teknologi dan dinamika sosial
Transdisiplin	:	Pelibatan antar disiplin ilmu yang berbeda untuk menghasilkan suatu IPTEK bagi permasalahan kompleks yang dihadapi
UAV/drone	:	Pesawat yang diterbangkan tanpa awak atau unmanned
Water sensor	:	Penerima sinyal isyarat parameter air
Weather sensors	:	Penerima sinyal isyarat parameter cuaca
Widyapadhi	:	Anugerah yang diberikan Kemenristekdikti untuk mengapresiasi prestasi Perguruan Tinggi dalam membangun Sistem Inovasi melalui penguatan kebijakan, kelembagaan, sumber daya, dan jaringan inovasi untuk menghasilkan produk inovasi