



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Bambang Irawan, S.Sos., M.Si.

CREATING DIGITAL TRANSFORMATION:
STRATEGI DAN LANGKAH TRANSFORMASI
DIGITAL SEKTOR PUBLIK DI INDONESIA

27 September 2024
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Bambang Irawan, S.Sos., M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR ii

DAFTAR ISI..... iii

SINOPSIS..... 1

A. Pendahuluan 4

B. Nilai Tambah Organisasi dan Elemen Transformasi Digital 7

C. Eksistensi Transformasi Pemerintahan Digital. 9

D. Tantangan Transformasi Pemerintahan Digital 13

E. Kesimpulan 16

DAFTAR PUSTAKA..... 18

UCAPAN TERIMA KASIH 24

CURRICULUM VITAE..... 27

SINOPSIS

Prof. Dr. Bambang Irawan, S.Sos., M.Si mendapatkan gelar Guru Besar dalam bidang Ilmu Organisasi dan Manajemen.

Transformasi digital sektor publik di Indonesia merupakan upaya strategis untuk meningkatkan kualitas pelayanan, transparansi, dan akuntabilitas pemerintah. Dalam konteks global yang semakin terhubung secara digital, Pemerintah Indonesia telah melakukan percepatan modernisasi sistem administrasi dan layanan publik melalui transformasi digital. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa saat ini Pemerintah Indonesia menghadapi tantangan yang signifikan dalam melakukan modernisasi sektor publik, kondisi birokrasi yang kompleks dan ketergantungannya pada sistem manual dan dimana pada era digital saat ini, kebutuhan untuk mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi dalam pengelolaan pemerintahan menjadi semakin mendesak.

Pemerintah Indonesia telah meluncurkan berbagai inisiatif untuk mendukung upayanya dalam melakukan transformasi digital, diantaranya dengan menerapkan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) Government yang mencakup layanan administrasi, perizinan, dan pelaporan secara online dan terus berkembang kepada layanan lainnya. Selain itu juga Pemerintah Indonesia telah melakukan pengembangan infrastruktur digital, seperti jaringan broadband dan pusat data nasional dengan diperkuat melalui berbagai kebijakan strategis. Atas berbagai peluang tersebut, Kepemimpinan memainkan peran krusial dalam keberhasilan transformasi digital. Faktor-faktor kunci yang mempengaruhi diantaranya visi dan komitmen, kemampuan Manajerial serta

kemampuan dalam melakukan kolaborasi dengan berbagai macam pemangku kepentingan.

Sementara itu, dalam upaya transformasi digital Pemerintah juga menghadapi berbagai tantangan seperti resistensi terhadap perubahan dari dalam birokrasi, keamanan data dan privasi serta tidak meratanya infrastruktur digital di seluruh wilayah di Indonesia. Oleh sebab itu beberapa solusi yang terus ditawarkan oleh para ahli diantaranya perlunya penerapan strategi komunikasi yang efektif untuk mengatasi resistensi. Penguatan kebijakan keamanan siber dan perlindungan data dan perlunya penguatan dan peningkatan investasi dalam pengembangan infrastruktur TI di daerah khususnya daerah-daerah tertinggal yang ada di Indonesia. Sehingga transformasi digital sektor publik di Indonesia dapat berjalan sebagaimana harapan semua pihak, dan hal ini merupakan langkah penting menuju pemerintahan yang lebih modern dan responsive serta didukung kepemimpinan yang efektif adalah kunci untuk mengarahkan perubahan ini, memastikan implementasi teknologi yang sukses, dan mengatasi berbagai tantangan yang ada. Dengan dukungan kepemimpinan yang kuat dan strategi yang terencana, transformasi digital dapat menciptakan layanan publik yang terbaik, transparan serta akuntabel.

Yang saya hormati Bapak/Ibu/Saudara
*Ketua dan Sekretaris serta Para Anggota Senat
Universitas Mulawarman
Rektor Universitas Mulawarman
Para Wakil Rektor Universitas Mulawarman
Para Dekan dan para Wakil Dekan di lingkungan
Universitas Mulawarman
Pejabat Struktural di lingkungan Universitas
Mulawarman
Para Dosen dan Mahasiswa Universitas Mulawarman
Para Sejawat Akademika yang hadir
Para Undangan dan hadirin semuanya*

Assalammu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,
Selamat Pagi dan Salam Sejahtera untuk kita semua.

Sebagai umat beragama yang meyakini akan kemurahan dan kebesaran-Nya, marilah bersama-sama memanjatkan puji syukur kehadiran-Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia dan berkah dalam kehidupan kita, sehingga kita dapat dipertemukan di tempat ini dalam suasana yang sungguh membahagiakan.

Para hadirin yang berbahagia, dalam kesempatan ini iijinkan saya untuk menyampaikan Orasi Ilmiah sebagai Guru Besar Tetap dalam Ilmu Organisasi dan Manajemen pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Mulawarman yang berjudul :

**“CREATING DIGITAL TRANSFORMATION:
Strategi dan Langkah Transformasi Digital Sektor
Publik di Indonesia”**

Judul ini saya pilih atas kondisi transformasi digital yang terjadi diberbagai sektor dan khususnya pada sektor publik dengan perbagai peluang dan juga tantangan yang dihadapi secara bersamaan.

A. Pendahuluan

Digital transformation merupakan sebuah langkah perubahan yang concern terhadap penggunaan teknologi, oleh Nadkarni & Prügl (2021) transformasi digital diartikan sebagai willingness of government untuk memanfaatkan teknologi. Dalam pandangan yang sama Kraus et al., (2021) menilai bahwa technology as key driver, pemanfaatan teknologi dapat mendorong transformasi organisasi untuk lebih terbuka.

Selanjutnya, menurut Westerman, Professor Massachusetts Institute of Technology (MIT) menggarisbawahi bahwa untuk memulai transformasi digital, aspek leader harus memiliki visi bagaimana transformasi itu dimulai (Westerman et al., 2011). Prinsip ini oleh Westerman disampaikan dengan melihat bagaimana industry memanfaatkan teknologi digital dan tumbuh menjadi matang melalui teknologi yang menciptakan provit (George Westerman, 2012). Menurutnya tranformasi digital dibutuhkan untuk menciptakan pengalaman yang baik bagi masyarakat terhadap produk yang diciptakan oleh organisasi (Westerman, 2016).

Bapak & Ibu dan hadirin semuanya,

Perlu diketahui bahwa ide transformasi digital telah dipromosikan dalam beberapa tahun terakhir dengan konsep dan pendekatan yang variatif. Shaughnessy (2018) mengartikan bahwa transformasi digital sebagai technical change dan cultural change. Menurutnya perusahaan mendorong peningkatan skala baru sebagai solusi terhadap kebutuhan masyarakat (costumer) dengan menciptakan inovasi membangun brand untuk meningkatkan interaksi terhadap costumer, di waktu yang bersamaan perusahaan merubah budaya kerja mereka melalui technology-driven. Dalam pandangan yang sama transformasi digital menurut Matt et al.,

(2015) sebagai *change values* dan *structural change*, perubahan nilai sebagai strategi operasional mendorong produk yang dihasilkan menjadi baik, sedangkan *structural change* sebagai perubahan pada tata kelola dan sumber daya manusia.

Untuk menjangkau transformasi digital menurut Wald et al., (2019) memandang bahwa organisasi publik perlu memetakan langkah untuk sampai kesana, oleh karena itu dia membagi lima langkah digital strategy.

1. Melakukan *assessment* terhadap dampak strategi digital, tujuannya untuk mengetahui seberapa besar masyarakat (*costumer*) menciptakan rantai nilai.
2. Mendesain digital ambition atau apa yang ingin dicapai.
3. Memasang target besar terhadap visi yang ingin dicapai.
4. Membangun strategi dan kekuatan baru, bagaimana budaya dapat dirubah.
5. Mengelola aktifitas transformasi melalui adaptasi terhadap transformasi tersebut.

Disisi lainnya, Korachi & Bounabat (2020) secara kompleks telah melakukan pembagian digital strategy, *phases digital strategy* yang diajukan dengan terbagi menjadi digital strategy management dan IT management. Dengan memahami hal tersebut maka transformasi digital menjadi keniscayaan yang tidak bisa dihindari, hal ini berkaitan dengan perubahan kebutuhan masyarakat, pasar dan keamanan (Morakanyane et al., 2020). Perubahan yang didorong teknologi semakin memperluas peluang negara-negara di dunia untuk menyatukan kemajuan dengan tujuan menciptakan lingkungan yang lebih berpusat pada manusia dan masa depan yang inklusif (Abdulrahim & Mabrouk, 2020). Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi, organisasi (privat maupun publik) mampu

meningkatkan performa tata kelolanya dalam hal memberikan kemudahan akses, fleksibilitas, dan efisiensi.

Seperti yang telah kita ketahui bersama, saat ini Pemerintah di seluruh dunia sedang melakukan transisi menuju transformasi digital sebagai motif strategis untuk meningkatkan kinerja layanan, meningkatkan pengalaman masyarakat, menyederhanakan layanan, menunjang aktivitas dan operasi, serta mengembangkan model bisnis baru. Selain itu, dengan penerapan teknologi digital di institusi pemerintah akan terus mengubah ekspektasi masyarakat (Mergel et al., 2019).

Secara khusus transformasi digital pada sektor publik diartikulasikan dalam istilah e-Government dimana konsep ini merupakan penggabungan terbaru dari transformasi digital pemerintahan (Amayah, 2013). E-Government merupakan transformasi aplikasi digital yang memfasilitasi layanan dan produk negara untuk industri dan warga sipil melalui penerapan teknologi informasi, dan harapan tersebut mencakup layanan digital real-time yang berkualitas tinggi.

Selain itu, tujuan transformasi digital di sektor publik berfokus dalam menciptakan model hubungan baru antar pemerintah dengan para pemangku kepentingan, membentuk kerangka kerja baru dalam pemberian layanan, dan menghasilkan cara-cara inovatif dalam bekerjasama dengan pemangku kepentingan.

Berangkat dari kondisi tersebut, Pemerintah saat ini didorong untuk mampu menyikapi hal tersebut dengan lebih baik, lebih agile, dan lebih adaptif. Hal ini karena penerapan transformasi digital pemerintahan yang baik akan mampu memberikan dorongan bagi Pemerintah dalam mencapai tujuan-tujuan secara lebih efektif dan berdaya saing. Upaya ini sejalan dengan pendapat Jonathan et al., (2021) yang menyatakan bahwa tuntutan politisi, dunia usaha, dan

masyarakat sipil cenderung menjadi sangat penting menentukan efisiensi pemerintah, dimana perubahan teknologi banyak dialami oleh individu-individu dalam kehidupan mereka, pekerjaan, dan lingkungan sosial yang ada.

B. Nilai Tambah Organisasi dan Elemen Transformasi Digital

Menurut Morakanyane et al., (2017), transformasi digital mengacu pada pemanfaatan kemampuan bisnis dan teknologi digital demi meningkatkan pengalaman pelanggan, proses operasional, dan model bisnis yang menciptakan nilai pelanggan. Pada era ini, organisasi mengadopsi teknologi baru untuk mencapai perkembangan yang pesat, yang pada gilirannya mengubah teknologi mereka untuk persaingan bisnis secara positif, dimana organisasi-organisasi tersebut menciptakan cara-cara operasi baru (Loebbecke & Picot, 2015).

Apalagi menurut Fitzgerald (2013) semua organisasi dan seluruh industri terkena dampak transformasi digital, dimana efek seperti itu mendorong organisasi untuk mengadopsi transformasi digital agar tetap kompetitif di pasar atau pada segment-segment terkhusus mereka, dan pada akhirnya transformasi digital meningkatkan rantai nilai (value chain), hubungan pemangku kepentingan, dan penyampaian layanan yang lebih efisien (Ebert & Duarte, 2018).

Selain itu, transformasi digital memberikan keunggulan bagi organisasi dengan meningkatkan kemudahan dalam pemantauan, pengendalian, dan melaksanakan strategi, sekaligus mengurangi hambatan konektivitas dan beban atas tanggung jawab yang diemban. Dimana kemudian menurut Fletcher & Griffiths (2020) transformasi digital dianggap sebagai backbone untuk keberlanjutan, keberlangsungan hidup, dan keunggulan kompetitif bisnis melalui efisiensi, inovasi, dan integrasi.

Istilah transformasi digital yang banyak digunakan pada organisasi memaksa setiap organisasi untuk mengadopsi teknologi baru yang terus berkembang sehingga tetap terdiferensiasi untuk meningkatkan daya saing dalam memenangkan kompetisi.

Oleh karenanya, beberapa hal yang menjadi elemen transformasi digital yaitu:

1. Keberadaan teknologi itu sendiri, dimana teknologi merupakan salah satu elemen/komponen utama yang diperlukan untuk keberhasilan transformasi digital, mulai dari Internet of Things, big data, kecerdasan buatan (AI), hingga blockchain, dimana kemajuan teknologi sedang booming saat ini akan memberikan peluang transformasional bagi organisasi yang mengadopsinya.
2. Keberadaan data: Saat ini organisasi masih kesulitan dengan pengelolaan kualitas data yang cenderung buruk, sementara itu transformasi digital memerlukan kualitas data baik untuk mengelolanya menjadi informasi bagi pengambil keputusan. Oleh karenanya organisasi memerlukan teknologi serta talenta yang baik dalam mengelola data yang baik.
3. Menciptakan Nilai: Rantai nilai dapat membawa perubahan positif dengan melakukan transformasi digital, hal ini sebagaimana menurut Berman (2012) yang menyatakan bahwa kegiatan seperti pendanaan bersama, distribusi bersama, pemasaran bersama, produksi bersama, kreasi bersama, dan desain bersama sangat penting untuk ditingkatkan dengan penggabungan transformasi digital. Hal ini karena mampu meningkatkan konektivitas dan keandalan antar departemen tersebut, yang kemudian akan mampu menghasilkan kinerja yang lebih tinggi (Nograšek & Vintar, 2014). Oleh sebab itu melalui integrasi, transformasi digital akan dapat mengarah pada efisiensi dalam operasionalisasi organisasi melalui

- interkonektivitas yang lebih tinggi yang menambah nilai bagi organisasi.
4. Meningkatkan Hubungan dan kualitas pelayanan: transformasi digital dianggap sebagai bentuk dari revolusi teknologi yang meningkatkan ekspektasi masyarakat serta akan dapat mempertahankan bahkan meningkatkan kepuasan masyarakat. Menurut Berman (2012) transformasi digital menyediakan cara-cara baru dalam penyampaian layanan, interaksi pelanggan, dan mode pengiriman, dia mendukung hubungan antara konsumen, produsen eksternal, dan pemasok. Hal ini mendorong organisasi untuk mengadopsi transformasi digital demi efisiensi. Sehingga bisa dikatakan transformasi digital pada dasarnya adalah meningkatkan rantai nilai untuk mencapai tujuan dari organisasi. Selain itu, melalui transformasi digital akan membantu menemukan cara untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, mengelola hirarki organisasi dan lintas silo, dan memastikan koneksi aktivitas kerja yang lebih lancar.
 5. Kemampuan perubahan organisasi dan budaya kerja: Hal ini mencakup kerja tim, kepemimpinan, kecerdasan emosional, dan elemen lain yang diperlukan untuk perubahan organisasi.

C. Eksistensi Transformasi Pemerintahan Digital

Seperti yang telah disampaikan diawal, kita sudah memahami bersama bahwa teknologi merupakan elemen penting dari infrastruktur publik, hal ini juga akan mendukung penciptaan nilai dalam masyarakat, swasta, dan sektor publik melalui inovasi yang berkelanjutan. Selain itu, teknologi diadopsi untuk mengatasi tantangan ekonomi dan ancaman terhadap lingkungan, dan penyakit menular (Nielsen, 2016).

Menurut Weerakkody et al., (2021), Pemerintah perlu menghentikan proses tradisional untuk membawa transformasi dalam operasional dengan bentuk digital, hal ini mencakup rekayasa ulang proses dan struktur yang dikenal dengan Business Process Engineering. Hal utama menggabungkan pemerintahan elektronik adalah untuk meningkatkan dan memfasilitasi layanan pemerintah dengan penggunaannya bidang teknologi komunikasi dan informasi. Hal ini berarti pemerintahan tradisional diubah menjadi e-government untuk mengintegrasikan administrasi dan meningkatkan konektivitas diantara para pembuat kebijakan (İskender & Özkan, 2015). Walaupun terlihat sangat sederhana, namun pada tahap instalasi dan implementasinya cenderung sangat kompleks. Dimana menurut Ma & Zheng (2018) kompleksitasnya saling terkait terhadap ketersediaan berbagai faktor, termasuk ekonomi, hukum, politik, organisasi, sosial, dan teknis. Oleh karena itu, Keberhasilan transformasi menjadi subyektif terhadap seberapa efisien transformasi itu dilakukan.

Pemanfaatan teknologi secara menyeluruh mempunyai kemampuan untuk menawarkan beberapa manfaat sosial dan ekonomi. Transformasi digital memungkinkan inklusi yang memungkinkan organisasi kecil dan besar menjual produk dan layanan mereka secara online sambil bersaing dalam skala global.

Demikian pula, melalui e-Government akan memfasilitasi layanan dan produk negara untuk warga sipil melalui penerapan teknologi informasi dan alat elektronik (Pedersen, 2018). Apalagi digitalisasi berkontribusi pada peningkatan efisiensi, dimana teknologi digital memungkinkan organisasi (privat & publik) untuk melakukan hal-hal yang bersifat digital, penggunaan sumber daya yang lebih efisien, tenaga kerja yang lebih baik sambil memanfaatkan kecerdasan, kecepatan, dan keandalan alat digital. Menurut menurut Titi Amayah (2013) transformasi

digital mengacu pada perubahan organisasi yang menggunakan model bisnis baru dan teknologi digital baru meningkatkan pengalaman konsumen dan kinerja organisasi. Begitu juga dengan digitalisasi layanan publik menjadi sangat penting karena membantu pertumbuhan ekonomi, mendorong kegiatan ekonomi, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan secara positif mempengaruhi pertumbuhan bisnis.

Dalam satu dekade terakhir, menurut Alvarenga et al., (2020). transformasi digital menjadi tren di negara maju dan berkembang. Namun yang paling penting, terdapat peningkatan masalah personel yang tidak terampil di organisasi pemerintah dan kurangnya pengetahuan staf. Permasalahan tersebut dapat dipecahkan karena penerapan transformasi digital mengarah pada solusi inovatif baik di bidang politik, sosial, dan ekonomi dimana proses pengambilan keputusan yang kuat diikuti (Weerakkody et al., 2016). Westerman (2016) dalam karyanya *“Why Digital Transformation Needs a Heart”* menyatakan bahwa (sejak artikel ini ditulis) *dalam lima tahun ke depan, bagaimana teknologi akan merubah praktik manajemen dengan cara yang belum kita saksikan. (Within the next five years, how will technology change the practice of management in a way we have not yet witnessed).*

Menurutnya transformasi tersebut memaksa leader untuk berfikir keras memenuhi kebutuhan masyarakat, tetapi atas strategi digital yang diambil, maka organisasi dapat menjawab kebutuhan yang memaksa dari customer dengan menghasilkan produk layanan yang berkualitas. Westerman (2012) menilai dengan memanfaatkan teknologi maka dapat meningkatkan produktivitas manager, mengefisienkan pelayanan, meningkatkan jumlah produk dan mengelola data informasi secara baik. Westerman (2012) menilainya dari cara Amazon dan digital company meningkatkan jumlah produk melalui

penggunaan dan pemanfaatan teknologi, oleh karena itu dia menyebutnya sebagai digital advantage (manfaat digital).

Menurut Bannister & Connolly (2014), dalam praktiknya transformasi digital pemerintahan dapat diwujudkan dengan penerapan nilai-nilai seperti; transparansi, akuntabilitas, keadilan, perlindungan terhadap hak privasi, media demokrasi, kesamaan akses informasi, layanan dan perlakuan yang sama. Oleh Janowski (2015) transformasi digital dalam pemerintahan bertujuan untuk meningkatkan kualitas pada proses internal pemerintahan (public services) melalui sistem aplikasi dan teknologi. Menurutnya tranformasi digital dalam pemerintahan dapat dibagi menjadi:

1. Digitization Technology in Government, sebagai modernisasi dengan menciptakan akses terhadap informasi, mengembangkan dan menganalisa sistem informasi berbasis website, membangun infrastruktur teknologi pemerintah.
2. Transformation Electronic Government, yang bertujuan untuk meningkatkan proses di internal government dan melalui penggunaan aplikasi oleh pemerintah melalui perubahan struktur organisasi, shearing informasi dan kolaborasi, desain program melalui project melalui institusi politik, dan mendesain project berdasarkan rencana pengembangan oleh pemerintah.
3. Engagement Electronic Governance, yang dimulai dengan mendorong penggunaan teknologi berbasis digital bagi masyarakat, meningkatkan partisipasi masyarakat. Mendesain tata kelolah pemerintahan yang transparan, akuntabel melalui regulasi yang tepat dan kepercayaan serta perubahan budaya,
4. Contextualization: Policy-Driven Electronic Governance. Pada tahap ini merupakan kontekstualisasi transformasi digital untuk menjawab seluruh kebutuhan melalui penerapan pada masing-masing institusi pemerintahan seperti;

akses informasi, layanan publik, publik hearing, peningkatan pertumbuhan ekonomi, dan mencegah tindakan korupsi.

D. Tantangan Transformasi Pemerintahan Digital

Setidaknya ada dua faktor yang berkontribusi terhadap cepatnya perubahan dalam digitalisasi: ketersediaan Internet dan perkembangan digital lainnya seperti kecerdasan buatan (De Mauro et al., 2016; Dekhtiar et al., 2018; Mihai & CREȚU, 2019). Namun secara umum tantangan transformasi pemerintahan digital dikategorikan menjadi dua yaitu tantangan internal dan eksternal. Menurut Lindgren & van Veenstra (2018) tantangan internal mengacu pada kesulitan yang muncul di dalam diri organisasi sektor publik, sedangkan tantangan eksternal adalah di luar organisasi yang bukan merupakan organ langsung pemerintah tetapi mempunyai pengaruh eksternal di atasnya.

Permasalahan awal yang dihadapi organisasi pemerintah dalam transformasi digital adalah merumuskan strategi transformasi digital yang tepat atas kebutuhan digital/TI mereka. Selain itu juga, struktur organisasi dan budayanya juga dianggap sebagai tantangan signifikan yang mendorong proses transformasi digitalisasi dalam organisasi. Sektor publik adalah organisasi paling rentan yang sering menghadapi tantangan ini (Pedersen, 2018). Apalagi menurut Jonathan et al., (2021) para pegawai lebih bahagia dan puas dengan budaya analog yang ada mereka gunakan dalam organisasi mereka, sehingga dalam rangka mewujudkan transformasi digital di sektor publik, budaya organisasi menjadi hal yang perlu dipertimbangkan akan resistennya.

Kemudian tantangan lain yang mungkin akan muncul yaitu mengenai keamanan informasi yang merupakan salah satu tantangan yang bersifat radikal.

Tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan teknologi digital telah memungkinkan data mudah untuk diakses, dibagikan, dan disimpan secara efisien. Namun, perkembangan ini juga menimbulkan risiko keamanan data yang semakin kompleks dan beragam (Bashar et al., 2022). Menurut Mamonov & Benbunan-Fich (2018) layanan digital tidak akan pernah bisa dikategorikan sebagai layanan kepada publik jika informasi sensitif di dalamnya tidak aman. Oleh sebab itu ketika segala sesuatu dibawa ke platform digital, tingkat ancaman keamanan informasi pun semakin meningkat. Sehingga, keamanan data harus diperhatikan dengan serius dan diintegrasikan dalam semua aspek transformasi digital (Maulani et al., 2023; Manurung & Wijoyo, 2021).

Menurut Ramadhan & Putri (2018) konsep keamanan data meliputi tiga aspek utama: kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan data. Kerahasiaan data berkaitan dengan privasi dan kerahasiaan data dari pihak yang tidak berwenang. Informasi yang dikategorikan sebagai rahasia antara lain data pribadi, data kesehatan, data keuangan, data rahasia perusahaan, dan data pemerintah. Pengungkapan informasi rahasia dapat berdampak buruk pada kepentingan individu maupun organisasi. Oleh karena itu, upaya untuk menjaga kerahasiaan data sangat penting dalam transformasi digital (Panggabean, 2021). Selanjutnya integritas data adalah kualitas data yang dijaga agar tetap benar, utuh, dan valid. Menurut Utomo (2021) integritas data meliputi keabsahan data, konsistensi data, dan keutuhan data. Kehilangan integritas data dapat mengakibatkan data yang tidak akurat, tidak sesuai dengan kenyataan, dan menghasilkan keputusan yang salah. Berikutnya mengenai ketersediaan data juga menjadi sangat penting dalam era digital yang semakin terkoneksi dan memerlukan data yang terus diperbarui. Ketersediaan data yang rendah dapat menghambat proses bisnis, mengganggu pengambilan keputusan, dan mengurangi

kinerja organisasi. Oleh karena itu, upaya untuk menjaga ketersediaan data harus diperhatikan dalam transformasi digital.

Selain aspek yang telah diuraikan tersebut, menurut Liu et al., (2018) konsep keamanan data yang perlu diperhatikan yaitu aspek keandalan dan kecepatan data. Keandalan data berkaitan dengan akurasi dan konsistensi data yang digunakan dalam proses bisnis. Kecepatan data berkaitan dengan kemampuan untuk mengakses data secara cepat dan tepat waktu. Sehingga dalam transformasi digital, keandalan dan kecepatan data menjadi sangat penting untuk memastikan pengambilan keputusan yang tepat dan waktu yang efisien.

Kemudian dalam kaitannya dengan tantangan eksternal, terdapat dua tantangan utama yang mendorong munculnya tantangan tersebut, pertama adalah kurangnya keahlian, dan hubungan dengan pemangku kepentingan. Menurut Gil-Garcia & Dawes (2022) ketersediaan tenaga ahli yang terampil dan terlatih dan memiliki pemahaman yang kuat terhadap teknologi digital dianggap sebagai persyaratan utama untuk melakukan transformasi digital pada sektor apa pun, baik sektor swasta maupun publik. Walaupun menurut Jonathan et al., (2021) bahwa individu yang terampil dapat dengan mudah ditemukan, namun permasalahan utamanya terletak pada diri mereka sendiri karena kurangnya orang yang memiliki pengalaman kuat dalam bentuk digitalisasi terkini dan melatih staf terkait dengan hal tersebut.

Kemudian di sisi lain, menurut Nambisan et al., (2019) hubungan pemangku kepentingan juga merupakan hal yang menantang bagi sektor publik untuk melakukan transformasi digital. Meskipun tujuan utama transformasi digital pada sektor publik adalah untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, namun hal ini bersifat ganda. Melibatkan pemangku kepentingan yang dapat membantu dalam berbagai dimensi pengambilan

keputusan adalah salah satu tujuan penting (Jonathan et al., 2021). Oleh sebab itu, pengelolaan hubungan dengan para pemangku kepentingan merupakan tantangan potensial untuk organisasi sektor publik.

E. Kesimpulan

Menurut Kelly (2018) dengan kemajuan yang terjadi saat ini, strategi kepemimpinan digitalisasi telah berkembang menjadi strategi yang mengutamakan pemahaman kepemimpinan masa depan. Hal ini dimaknai bahwa seorang pemimpin dipandang sebagai orang yang harus mempertimbangkan tidak hanya pangkat, kekuasaan, dan wewenangnya namun juga kemampuannya untuk menghasilkan ide-ide baru.

Transformasi digital menuntut agar leader berfikir cepat dan rasional serta berorientasi pada kerjasama, cross-hierarchy dan kooperatif. Selain itu, menurut Raharja et al., (2019) kepemimpinan digital mengutamakan inovasi, dimana inisiatif berfungsi sebagai sarana efektif untuk meningkatkan kolaborasi, karena melalui kolaborasi terbuka dan jaringan kolaboratif, inovasi, ide, dan pengambilan keputusan yang tepat dapat dikembangkan. Begitu juga dengan digitalisasi, pemimpin sektor publik akan dievaluasi kemampuannya untuk berpikir kreatif ketika dihadapkan pada kesulitan yang tidak terduga dan inovasi yang mereka usulkan untuk memenuhi tuntutan publik (Bozeman & Moulton, 2011; Cortellazzo et al., 2019; Moulton, 2009).

Di era digital saat ini, faktor-faktor yang harus dipertimbangkan oleh seorang pemimpin adalah bagaimana mereka berinovasi untuk memenuhi tuntutan publik, bagaimana mereka terhubung dengan masyarakat di era digital, dan kemudahan yang mereka berikan dalam menyelesaikan permasalahan publik (Bode, 2019). Sehingga Keberhasilan seorang pemimpin dalam digitalisasi ditentukan oleh

kemampuannya memanfaatkan teknologi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang sangat dinamis. Sehingga, tantangan pemimpin publik saat ini adalah bagaimana membingkai permasalahan dan juga menyelesaikannya (Andrews, 2019).

Demikian pokok-pokok pikiran yang dapat saya sampaikan mengenai CREATING DIGITAL TRANSFORMATION: Strategi dan Langkah Transformasi Digital Sektor Publik di Indonesia, semoga dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan bagi hadirin sekalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahim, H., & Mabrouk, F. (2020). COVID-19 and the digital transformation of Saudi higher education. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 291–306.
- Alvarenga, A., Matos, F., Godina, R., & CO Matias, J. (2020). Digital transformation and knowledge management in the public sector. *Sustainability*, 12(14), 5824.
- Amayah, A. T. (2013). Determinants of knowledge sharing in a public sector organization. *Journal of Knowledge Management*, 17(3), 454–471.
- Andrews, L. (2019). Public administration, public leadership and the construction of public value in the age of the algorithm and ‘big data.’ *Public Administration*, 97(2), 296–310.
- Bannister, F., & Connolly, R. (2014). ICT, public values and transformative government: A framework and programme for research. *Government Information Quarterly*, 31(1), 119–128.
<https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.06.002>
- Bashar, H. S., Purnamasari, H., & Priyanti, E. (2022). Analisis Penerapan Blockchain Di Indonesia, Menuju Revolusi Pelayanan Publik Dan Kearsipan. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 9(8), 3023–3029.
- Berman, S. J. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *Strategy & Leadership*, 40(2), 16–24.
- Bode, I. (2019). Publicness in times of market accountability: Lessons from a changing hospital industry in Germany. *Public Policy and Administration*, 34(1), 3–21.
- Bozeman, B., & Moulton, S. (2011). Integrative publicness: A framework for public management strategy and performance. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 21(suppl_3), i363–i380.

- Cortellazzo, L., Bruni, E., & Zampieri, R. (2019). The role of leadership in a digitalized world: A review. *Frontiers in Psychology*, 10, 1938.
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of Big Data based on its essential features. *Library Review*, 65(3), 122–135.
- Dekhthiar, J., Durupt, A., Bricogne, M., Eynard, B., Rowson, H., & Kiritsis, D. (2018). Deep learning for big data applications in CAD and PLM—Research review, opportunities and case study. *Computers in Industry*, 100, 227–243.
- Ebert, C., & Duarte, C. H. C. (2018). Digital transformation. *IEEE Softw.*, 35(4), 16–21.
- Fitzgerald, M. (2013). How Starbucks has gone digital. *MIT Sloan Management Review*, 54(4), 1.
- Fletcher, G., & Griffiths, M. (2020). Digital transformation during a lockdown. *International Journal of Information Management*, 55, 102185.
- George Westerman, A. M. (2012). The digital advantage: How real is it? *Hearing Journal*, 54(3), 4. <https://doi.org/10.1097/01.HJ.0000293820.91405.31>
- Gil-Garcia, J. R., & Dawes, S. S. (2022). *Digital Government and Public Management*. Routledge.
- İskender, G., & Özkan, S. (2015). Analysis of success factors in e-government transformation in Turkey: are these factors really the causes of success? *Information Development*, 31(4), 323–332.
- Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32(3), 221–236. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>
- Jonathan, G. M., Hailemariam, K. S., Gebremeskel, B. K., & Yalew, S. D. (2021). Public sector digital transformation: challenges for information technology leaders. 2021 IEEE 12th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), 1027–1033.

- Kelly, R. (2018). *Constructing leadership 4.0: Swarm leadership and the fourth industrial revolution*. Springer.
- Korachi, Z., & Bounabat, B. (2020). General approach for formulating a digital transformation strategy. *Journal of Computer Science*, 16(4), 493–507. <https://doi.org/10.3844/JCSSP.2020.493.507>
- Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N., & Roig-Tierno, N. (2021). *Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research*. SAGE Open, 11(3). <https://doi.org/10.1177/21582440211047576>
- Lindgren, I., & van Veenstra, A. F. (2018). Digital government transformation: a case illustrating public e-service development as part of public sector transformation. *Proceedings of the 19th Annual International Conference on Digital Government Research: Governance in the Data Age*, 1–6.
- Liu, C. H., Lin, Q., & Wen, S. (2018). Blockchain-enabled data collection and sharing for industrial IoT with deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6), 3516–3526.
- Loebbecke, C., & Picot, A. (2015). Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 24(3), 149–157.
- Ma, L., & Zheng, Y. (2018). Does e-government performance actually boost citizen use? Evidence from European countries. *Public Management Review*, 20(10), 1513–1532.
- Mamonov, S., & Benbunan-Fich, R. (2018). The impact of information security threat awareness on privacy-protective behaviors. *Computers in Human Behavior*, 83, 32–44.

- Manurung, R., & Wijoyo, H. (2021). Sistem Informasi Akuntansi Cryptocurrency Bitcoin. Insan Cendekia Mandiri, Indonesia.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business and Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Maulani, I. E., Herdianto, T., Syawaludin, D. F., & Laksana, M. O. (2023). Penerapan Teknologi Blockchain Pada Sistem Keamanan Informasi. *Jurnal Sosial Dan Teknologi*, 3(2), 99–102.
- Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385.
- Mihai, R.-L., & CREȚU, A. (2019). Leadership in the Digital Era. *Valahian Journal of Economic Studies*, 10(1).
- Morakanyane, R., Grace, A. A., & O'reilly, P. (2017). Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature.
- Morakanyane, R., O'Reilly, P., McAvoy, J., & Grace, A. (2020). Determining digital transformation success factors.
- Moulton, S. (2009). Putting together the publicness puzzle: A framework for realized publicness. *Public Administration Review*, 69(5), 889–900.
- Nadkarni, S., & Prügl, R. (2021). Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research. In *Management Review Quarterly* (Vol. 71, Issue 2). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11301-020-00185-7>
- Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8), 103773.
- Nielsen, M. M. (2016). The potential and evidence of ict-based cost and burden reduction in public

- administration and public service delivery-workshop report. WSIS-World Summit on the Information Society, Geneva.
- Nograšek, J., & Vintar, M. (2014). E-government and organisational transformation of government: Black box revisited? *Government Information Quarterly*, 31(1), 108–118.
- Panggabean, A. N. (2021). Memahami dan mengelola transformasi digital.
- Pedersen, K. (2018). E-government transformations: challenges and strategies. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 12(1), 84–109.
- Raharja, W. T., Suryanto, J. I., Suaedi, F., & Reindrawati, D. Y. (2019). Local Public Leadership Development through Social Learning to Face the Fourth Industrial Revolution. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 54(6).
- Ramadhan, H. A., & Putri, D. A. (2018). Big Data, Kecerdasan Buatan, Blockchain, dan Teknologi Finansial di Indonesia. *Direktorat Jenderal Apl. Inform. Kementeri. Komun. Dan Inform.*, 1–66.
- Shaughnessy, H. (2018). Creating digital transformation: Strategies and steps. *Strategy and Leadership*, 46(2), 19–25. <https://doi.org/10.1108/SL-12-2017-0126>
- Utomo, T. P. (2021). Implementasi Teknologi Blockchain Di Perpustakaan: Peluang, Tantangan Dan Hambatan. *Buletin Perpustakaan Universitas Islam Indonesia*, 4(2), 173–200.
- Wald, D., Romain de, L., & Charanya, T. (2019). *The Five Rules of Digital Strategy*. Boston Consulting Group, 1.
- Weerakkody, V., Janssen, M., & El-Haddadeh, R. (2021). The resurgence of business process re-engineering in public sector transformation efforts: exploring the systemic challenges and unintended consequences. *Information Systems and E-Business Management*, 1–22.

- Weerakkody, V., Omar, A., El-Haddadeh, R., & Al-Busaidy, M. (2016). Digitally-enabled service transformation in the public sector: The lure of institutional pressure and strategic response towards change. *Government Information Quarterly*, 33(4), 658–668.
- Westerman, G. (2016). Why Digital Transformation Needs a Heart Why Digital Transformation Needs a Heart. 58(1).
- Westerman, G., Calm ejane, C., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2011). Digital Transformation: A roadmap for billion-dollar organizations. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting, 1, 1–68.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selanjutnya, dalam kesempatan ini, ijinakan saya menyampaikan ucapan terima kasih yang pertama saya sampaikan kepada Bapak Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A. sebagai Menteri Pendidikan Nasional, atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menerima tanggung jawab sebagai Guru Besar dalam Ilmu Organisasi dan Manajemen sejak 1 September 2023.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur., M.Si., IPU., ASEAN Eng dan Ketua Senat Universitas Mulawarman dan seluruh anggota Senat Universitas Mulawarman yang telah memberikan kesempatan kepada saya dengan memproses dan memberikan persetujuan pengusulan saya sebagai Guru Besar.

Kepada Ibu Dr. Finnah Furqoniah, M.Si sebagai Dekan Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Mulawarman serta para Wakil Dekan, terima kasih untuk segala dukungannya selama proses pengajuan usulan saya sebagai Guru Besar, sampai terbitnya SK pengangkatan saya sebagai Guru Besar.

Terima kasih dan hormat saya sampaikan kepada Bapak (Alm) Prof. Drs. H. Arifin Leo, Prof. Dr. Suharno, SE., MM, Prof. Dr. Adri Patton, M.Si, Prof. Dr. Hj. Aji Ratna Kusuma, M.Si, dan Prof. Dr. Achmad Nurmandi, sebagai guru-guru saya yang telah memberikan kepercayaan dalam diri saya sebagai muridnya untuk dapat meraih jabatan fungsional tertinggi sebagai Guru Besar.

Penghargaan dan terima kasih saya sampaikan dengan tulus kepada Prof. Dr. M. Bahri Arifin, M.Hum, para Guru Besar di lingkungan Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Mulawarman, Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si., Prof. Dr. H. Adam Idris, M.Si., Prof. Dr. Haryanto, MS., Prof. Dr. Hartutiningsih, MS., Prof. Dr. H. Muhammad Noor, M.Si, para Dosen senior dan

semua rekan-rekan Dosen, Tim kepegawaian Unmul Pak Agus, SE, M.Si, tim Kepegawaian Fisip, Wing Back saya Sdr. Paisal Akbar, S.IP., M.IP, Cand (DR) Sdr. M. Jafar Loilatu, S.IP., M.IP atas support dan kolaborasi research-nya yang luar biasa.

Rasa terima kasih yang tidak terhingga saya sampaikan kepada Ayah, Ibu, Ibu Mertua serta istri tercinta, anak-anakku dan seluruh keluarga besar saya atas segala doa, pengorbanan, kesabaran, pengertian, dan dorongan semangat untuk mencapai jenjang jabatan fungsional akademik Guru Besar ini.

Hadirin Sekalian yang saya muliakan, perkenalkan juga saya menyampaikan pesan untuk kolega saya para Dosen muda, bahwa suatu hal yang perlu direnungkan adalah memanfaatkan waktu sebaik mungkin untuk terus berkarya, segera raih jenjang pendidikan tertinggi agar semakin bernilai. Perlu diingat bahwa kewajiban dan sekaligus tantangan kita semua sebagai seorang Dosen adalah mencapai jenjang karier tertinggi akademik untuk menjadi seorang Guru Besar, dan saya menyakini bahwa Bapak/Ibu/Saudara semua mempunyai kesempatan yang sama seperti saya untuk meraihnya. Walaupun hanya dengan bermodal semangat, bahwa untuk harus berlayar kita tidak perlu menunggu bahtera selesai dibangun dengan sempurna, namun dengan bermodal perahu layar kita dapat memulai mengarungi samudera untuk menuju cita-cita dan impian kita.

Untuk para Mahasiswaku, kalian yang masih muda mempunyai banyak kesempatan dan kemungkinan yang lebih besar dari dosen-dosen kalian, oleh karena itu teruslah mengembangkan diri, jangan berhenti hanya karena lelah mendera, terus berjuang dan fokus untuk meraih impianmu, tangguhlah menghadapi masa yang terus berubah.

Pada akhirnya kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, saya mohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada hal yang tidak berkenan dan terima kasih yang setulusnya atas

semua yang telah saya terima selama ini dan insyaAllah Tuhan yang akan membalasnya.

Wabillahi tawfiq wal hidayah, wa ridho wal inayah, wal afwu minkum. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

CURRICULUM VITAE

Nama Lengkap	: Bambang Irawan
NIP	: 1976021620050101002
NIDN	: 0016027603
Pangkat/Golongan	: Pembina Tingkat I / IV b
Jabatan Fungsional	: Guru Besar
Tempat/tanggal lahir	: Tanjung Santan / 16 Pebruari 1976
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Status Perkawinan	: Kawin
Agama	: Islam
Google Cendikia	: 8_cOCIIAAAAJ&hl=en
Sinta ID	: 6708251
ID Scopus	: 57518367800
Perguruan Tinggi	: Universitas Mulawarman
Program Studi	: Magister Administrasi Publik
Alamat Rumah	: Jalan DI. Panjaitan Perum Citriland City, Cluster The Orchard Blok C3 No. 8a Samarinda
Telp/Fax	: -
Alamat e-mail	: bambang.irawan@fisip.unmul.ac.id
Alamat Kantor	: Jalan Muara Muntai Kampus Gn. Kelua Unmul
No. HP	: 0811556776

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) Administrasi Negara, Universitas Mulawarman. 1999
2. Magister (S2) Administrasi Pembangunan, Universitas Brawijaya. 2003
3. Doktor (S3) Administrasi Publik, Universitas Brawijaya. 2013

RIWAYAT PEKERJAAN

2005-sekarang. Staf Pengajar Fisip Universitas Mulawarman

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

1. 2005-2006. Staf Pengajar
2. 2006-2008. Asisten Ahli (AA)
3. 2008-2020. Lektor (L)
4. 2020-2023. Lektor Kepala (LK)
5. 2023. Guru Besar (GB)

RIWAYAT JABATAN ADMINISTRASI DAN STRUKTURAL

1. 1993-2003. Sekretaris Purek III UNMUL
2. 2003-2005. Kabag. TU Program MM UNMUL
3. 2007-2012. PUMK Program MIAN UNMUL
4. 2015-2016. Sekretaris UPT Direktorat Bisnis UNMUL
5. 2016-2018. Pimpinan Redaksi Jurnal Paradigma MIAN UNMUL
6. 2018-2021. Ketua Laboratorium Kebijakan Publik MAP FISIP UNMUL
7. 2018-2023. Anggota Senat FISIP UNMUL
8. 2024-2028. Koordinator Program Magister Administrasi Publik FISIP UNMUL
9. 2024-2028. Ketua Senat FISIP UNMUL

RIWAYAT TIM SELEKSI

1. 2010. Anggota Tim Pansel Seleksi Calon PNS Samarinda
2. 2017-2023. Anggota Tim Pansel Seleksi Jabatan Pratama
3. 2018. Sekretaris Tim Pakar Pilgub Kaltim
4. 2018. Anggota Tim Pakar Pemilihan Calon Bupati
5. 2018. Anggota Tim Pakar Pemilihan Calon Walikota
6. 2018 – 2020. Anggota Pansel Pejabat Tinggi Pratama

7. 2020. Panelis/Perumus Soal Debat Publik Pilkada Kabupaten Kutai Barat
8. 2020. Panelis/Perumus Soal Debat Publik Pilkada Kabupaten Mahakam Ulu
9. 2023. Tim Aksesori CASN

PENELITIAN, BUKU & PUBLIKASI

https://scholar.google.com/citations?user=8_cOCIIAAAJ&hl=en

1. 2017. DOB Apau Kayan: Upaya Menghadirkan Negara di Kawasan Perbatasan (Aji Ratna Kusuma, Bambang Irawan)
2. 2017. Investasi di Kalimantan Timur: Potret dan Proyeksi (Bambang Irawan, Muhammad Nizar Hidayat, Muhammad Risal)
3. 2017. Pelayanan Kependudukan di Kota Samarinda Melalui E-Government (Bambang Irawan)
4. 2021. E-Government: Konsep, Esensi dan Studi Kasus (Bambang Irawan)
5. 2021. Monograf: Analisa Penyebaran Virus Covid-19 di Kalimantan Timur, Indonesia Menggunakan Uji Korelasi dan Permodelan Berbasis GIS (Bambang Irawan)
6. 2023. Manajemen Publik (Bambang Irawan)

HAKI

1. 2018. Pelayanan Kependudukan di Kota Samarinda Melalui E-Government
2. 2019. Investasi di Kalimantan Timur: Potret dan Proyeksi
3. 2021. Video Tutorial Pelayanan Publik DPMPSTP Kota Samarinda

KEANGGOTAAN DALAM ASOSIASI PROFESI

1. 2009-2019. Asosiasi Ilmu Administrasi Negara/Publik Indonesia (IAPA)
2. 2020-Sekarang. Pengurus DPP IAPA Pusat

PELATIHAN TERAKHIR (TAHUN TERAKHIR)

2021. Pelatihan Literasi Digital: Tularnalar

PENGALAMAN PENGELOLAAN JURNAL

1. 2019-2021. Jurnal Paradigma (Editor in Chief)
2. 2020-Sekarang. Jurnal Government & Politic Issue (Editor Board) Non SINTA

PENGALAMAN REVIEWER JURNAL NASIONAL DAN INTERNASIONAL

1. 2019-Sekarang. Jurnal Borneo Administrator (SINTA 2)
2. 2022-Sekarang. International Journal Information Science and Managemen (IJISM) (SCOPUS Q3)
3. 2022-Sekarang. Cogent Social Sciences (SCOPUS Q2)
4. 2024. JeDEM (SCOPUS Q2)



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Ir. Hamdani, S.T., M.Cs., IPM.

PERAN SISTEM CERDAS DALAM PENGAMBILAN
KEPUTUSAN

27 September 2024
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Ir. Hamdani, S.T., M.Cs., IPM.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR ii

DAFTAR ISI..... iii

KATA PENGANTAR..... 1

SINOPSIS..... 1

A. Apa itu Sistem Cerdas?..... 2

B. Konsep Kecerdasan Buatan 3

C. Kecerdasan Buatan Modern..... 4

D. Implementasi AI dalam bidang
Pertanian/Perkebunan 5

E. Deteksi Penyakit Daun dan Tandan Sawit 8

F. Peran Kecerdasan Buatan dalam Pengambilan
Keputusan 10

DAFTAR PUSTAKA..... 13

UCAPAN TERIMA KASIH 15

CURRICULUM VITAE..... 20

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat diselesaikan.

Orasi Ilmiah ini berjudul: **“PERAN SISTEM CERDAS DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN”** yang telah menjadi fokus penelitian selama beberapa tahun terakhir. Saya yakin bahwa topik ini memiliki relevansi yang besar pada lingkungan sekitar.

Saya menyadari salah satu tugas utama saya yaitu bertanggung jawab untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman saya dengan rekan-rekan sejawat dan mahasiswa khususnya di lingkungan Universitas Mulawarman. Orasi ilmiah ini adalah salah satu wadah untuk berkomitmen memberikan yang terbaik dalam upaya memajukan ilmu pengetahuan.

Akhir kata, Saya berharap orasi ilmiah ini dapat memberikan kontribusi berupa wawasan, inspirasi, dan mendorong berpikir kritis. Semoga tulisan ini dapat mendorong pengembangan pengetahuan yang lebih dalam bagi masyarakat.

Samarinda, 27 September 2024

HAMDANI

SINOPSIS

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya; Ijinkan saya menyampaikan orasi ilmiah saya berjudul: “PERAN SISTEM CERDAS DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN”.

Sistem cerdas adalah sistem yang menggunakan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence atau AI) untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Sistem ini dirancang untuk memproses informasi, belajar dari data, membuat prediksi, dan mengambil keputusan secara otonom atau semi-otonom. Sistem cerdas memanfaatkan berbagai teknologi seperti pembelajaran mesin (machine learning), pemrosesan bahasa alami (natural language processing), penglihatan komputer (computer vision), serta Internet of Things (IoT) untuk mengumpulkan dan menganalisis data.

Sistem Cerdas merupakan bidang turunan dalam Kecerdasan Buatan pada Ilmu Komputer yang berupaya meniru kecerdasan manusia yang dapat berpikir, belajar, dan bertindak seperti pada umumnya manusia. Bidang ilmu ini dikembangkan dengan menerapkan keahlian teknis seperti ilmu data, matematika, dan ilmu komputasi, sehingga menghasilkan metode komputer yang cepat dan cerdas dengan pembelajaran mesin.

Perkembangan dari kecerdasan buatan mengalami peningkatan yang pesat sampai saat ini, seperti diberbagai bidang, khususnya bidang pertanian. Pada bidang pertanian, kecerdasan buatan dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi penyakit daun, deteksi ukuran buah, deteksi warna buah bahkan

kematangan buah atau kebusukan (Bargoti & Underwood, 2017). Di sisi lain, Sistem Cerdas dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dalam kesesuaian lahan. Berdasarkan beberapa penelitian ilmiah terkait kesesuaian lahan pertanian sawit, deteksi kematangan buah sawit, deteksi penyakit daun sawit dan batang sawit yang merupakan kontribusi bagi ilmu sistem cerdas yang dapat membantu atau mendukung petani atau stakeholder dalam bidang perkebunan sawit (Hamdani et al. 2021).

Para hadirin yang saya hormati

A. Apa itu Sistem Cerdas?

Sistem cerdas adalah sistem yang menggunakan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence atau AI) untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Sistem ini dirancang untuk memproses informasi, belajar dari data, membuat prediksi, dan mengambil keputusan secara otonom atau semi-otonom. Sistem cerdas memanfaatkan berbagai teknologi seperti pembelajaran mesin (machine learning), pemrosesan bahasa alami (natural language processing), penglihatan komputer (computer vision), serta Internet of Things (IoT) untuk mengumpulkan dan menganalisis data.

Di mana, peran kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI) dalam bidang ilmu komputer berupaya membuat komputer meniru seperti kecerdasan manusia yang dapat berpikir, belajar, dan bertindak seperti manusia. Kecerdasan yang dimaksud dibedakan dalam empat kategori yaitu: *thinking humanly*, *acting humanly*, *thinking rationally*, dan *acting rationally* (Russel & Norvig, 1995).

Beberapa tahun terakhir, peran kecerdasan buatan mengalami peningkatan yang signifikan berdasarkan jumlah data maupun jenis data yang

digunakan. Dalam AI, jenis data yang digunakan pada kecerdasan buatan dapat berupa teks, suara, gambar/citra, bahkan video. Saat ini, kecerdasan buatan telah berperan dan berkembang di berbagai bidang, salah satunya pada bidang pertanian. Pada bidang pertanian, kecerdasan buatan telah dikembangkan untuk melakukan deteksi salah satu penyakit daun. Misalkan pada daun sawit (Aji et al. 2013; Hamdani et al. 2021), penyakit batang sawit (Septiarini et al. 2023), bahkan kematangan buah sawit (Septiarini et al. 2019).

B. Konsep Kecerdasan Buatan

Hadirin yang kami hormati

Banyak definisi yang menjabarkan makna dari kata Artificial intelligence (AI), salah satunya menyebutkan, Kecerdasan buatan adalah bagian cabang dari ilmu komputer yang memiliki kemampuan untuk mensimulasikan perilaku cerdas manusia pada komputer. Gambar 1 menunjukkan beberapa definisi dari kecerdasan buatan. Menurut Russell dan Norvig (2010), definisi AI memiliki makna yang sangat luas sebagai *thinking humanly* dan *acting humanly*, karena sampai saat ini kemampuan manusia dalam berfikir di luar rasio yang bersifat refleks dan intuitif belum dapat ditiru oleh komputer atau mesin. Sedangkan definisi AI sebagai *thinking rationally* lebih sempit maknanya jika dibandingkan dengan *acting rationally* (Russel & Norvig, 1995). Oleh karena itu, saat ini definisi AI yang paling tepat adalah *acting rationally*, komputer mampu melakukan penalaran secara logis dan juga melakukan aksi secara rasional berdasarkan dari proses penalaran tersebut (Russel & Norvig, 2010).

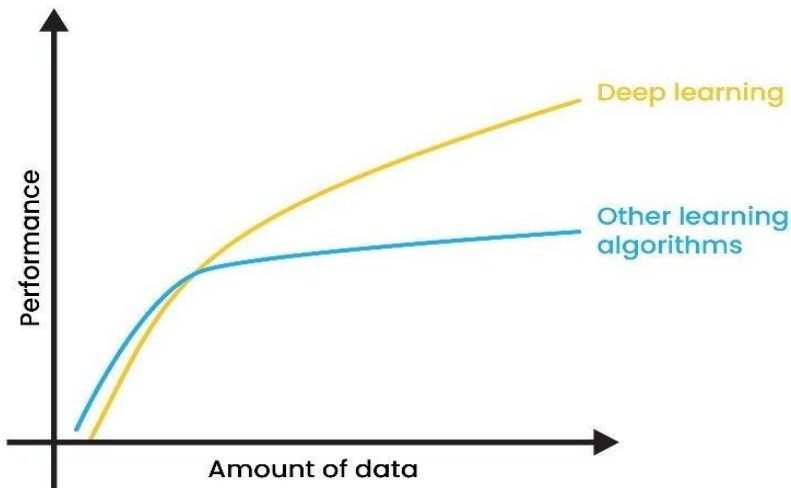
Thinking Humanly Cognitive modeling approach	Thinking Rationally The laws of thought, logic
Acting Humanly Perform functions that require intelligence when performed by people	Acting Rationally The rational agent approach, that acts to achieve the best outcome

Gambar 1. Definisi umum tentang AI

C. Kecerdasan Buatan Modern

Para hadirin yang kami hormati

Sejak awal perkembangannya, AI telah mengalami transformasi yang signifikan. Evaluasi AI tidak hanya mencakup kemampuan pengenalan pola pada data, tetapi juga fokus pada kemampuan sistem dalam melakukan penalaran logis dan pembelajaran adaptif. Ada beberapa kondisi yang mendorong AI mengalami kebangkitan pada beberapa dekade akhir ini, antara lain: kecepatan dari processor komputer, kapasitas memori yang meningkat, dan peningkatan beberapa algoritma untuk pemrosesan data, seperti halnya proses pembelajaran atau biasa disebut dengan training pada machine learning menggunakan dataset dalam jumlah yang sangat besar. Adopsi pada machine learning secara luas menunjukkan bahwa backbone dari AI telah terbentuk. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi peningkatan kinerja yang berbanding lurus dengan jumlah data.



Gambar 2. Kinerja deep learning terhadap AI berdasarkan jumlah penggunaan data

D. Implementasi AI dalam bidang Pertanian/Perkebunan

Kurang lebih 5 tahun terakhir, riset yang kami lakukan berfokus pada pengembangan dan berkontribusi dalam pengembangan kecerdasan buatan, pada isu yaitu smart agriculture. Pada pidato pengukuhan kali ini, berfokus menyampaikan perkembangan AI pada bidang smart agriculture. AI berkembang pesat pada bidang agriculture. Karena pada bidang tersebut peran AI masih sangat dibutuhkan terutama dalam pengambilan keputusan berbasis evidence. Perlu disampaikan bahwa kehadiran AI dalam agriculture bukan berarti AI akan menggantikan peran petani dan ahli pertanian lainnya. Justru dengan hadirnya AI, dapat membantu para stakeholder dalam memberikan analisis dalam pengambilan keputusan. Transformasi digital dengan AI telah banyak membantu dalam peningkatan kualitas layanan pertanian (Aji et al. 3013).

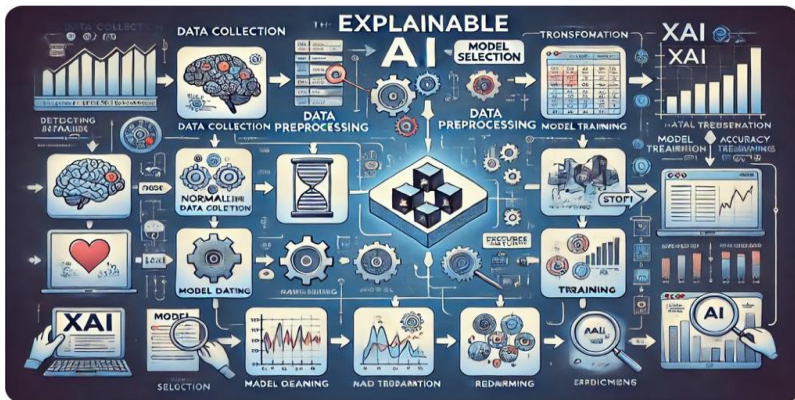
Kami merasakan betul bahwa pada bidang agriculture juga terus melakukan transformasi digital

dalam peningkatan kualitas produksi pertanian masa datang. Citra hasil proses digitalisasi tentu akan berpengaruh juga dengan kualitas gambar dan keakuratan performa model sistem cerdas yang sedang dikembangkan. Saat ini, beberapa stakeholder dalam bidang pertanian sudah banyak yang memiliki teknologi pencitraan digital dalam penangan lahan pertanian atau tanamannya. Hal tersebut tentu menjadikan layanan digital secara cerdas pada bidang smart agriculture mengalami peningkatan baik secara kualitas maupun kuantitas. Sebuah sistem cerdas pada bidang pertanian atau aplikasi dikatakan smart agriculture, jika memiliki salah satu kemampuan berikut: planning, searching, reasoning dan learning. AI bukanlah sebuah teknologi tunggal, melainkan serangkaian proses dan perilaku cerdas yang dihasilkan oleh model dan algoritma komputasi. Kemampuan yang paling banyak dikembangkan pada bidang smart agriculture dalam penelitian AI kami adalah reasoning dan learning. Reasoning adalah kemampuan komputer dalam melakukan penalaran seperti yang dilakukan manusia berdasarkan pengetahuan dan pengalaman. Salah satu contoh aplikasi yang memiliki kemampuan tersebut adalah Smart Agriculture Decision Support System (SADSS) yang terus kami kembangkan.

SADSS mampu memberikan rekomendasi atau saran spesifik atas data dan fakta ganda data teks dan gambar. SADSS terdiri dari: basis pengetahuan, inference engine serta mekanisme komunikasi. Peran dari inference engine adalah mengelaborasi kasus-kasus yang dihadapi berdasarkan pengetahuan yang telah direperesntasikan pada sistem AI untuk menghasilkan sebuah kesimpulan. Ada beberapa faktor pendorong yang menyebabkan AI berkembang sangat pesat saat ini, diantaranya model dan algoritma komputasi yang disempurnakan, ditambah dengan kemampuankomputer yang kuat serta ketersediaan data yang sangat besar terutama dalam Machine

Learning (ML), Natural Language Processing (NLP), teknologi suara AI, asisten AI, dan robotika. Beberapa solusi baru yang canggih telah dikembangkan untuk memecahkan masalah dunia nyata yang kompleks dalam pemahaman gambar, pengenalan suara, analisis data besar, dan perawatan.

Proses pembelajaran pada machine learning bertujuan untuk mendapatkan model pada domain data tertentu. Output yang dihasilkan tidak dapat dijelaskan, Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) menciptakan istilah "Explainable AI" (XAI). XAI mampu memberikan penjelasan mengenai metode, prosedur, dan output dari proses yang harus dimengerti oleh pengguna. Beberapa teknik XAI yang berperan untuk menjelaskan output yang dihasilkan pada antarmuka dengan pengguna yang ditunjukkan proses AI dapat dijelaskan XAI seperti Gambar 3.



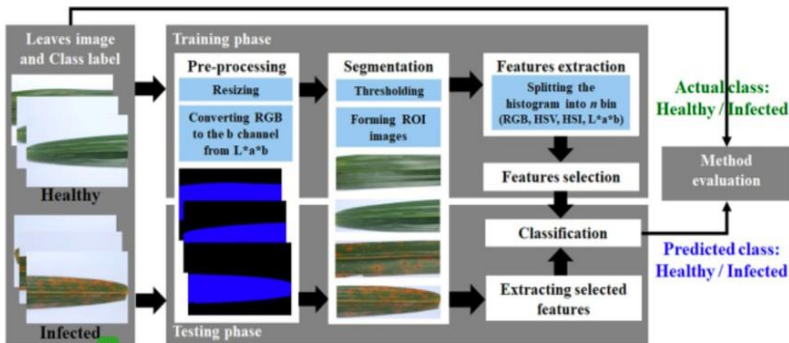
Gambar 3. Proses dalam Explainable AI (XAI)

Gambar 3 menggambarkan proses Explainable AI (XAI). Gambar ini memperlihatkan tahapan dari pengumpulan data, pemrosesan data, pemilihan model, pelatihan model, hingga penjelasan bagaimana AI membuat keputusan. Setiap langkah terhubung seperti alur diagram proses yang menggambarkan aliran kerja XAI.

E. Deteksi Penyakit Daun dan Tandan Sawit

Hadirin yang kami hormati

Deteksi penyakit daun sawit sangat diperlukan berbasis komputasi. Dalam hal ini, penyakit tanaman kelapa sawit biasanya muncul pada daun, yang menyebabkan penurunan kualitas tanaman. Penelitian pada deteksi ini menggunakan beberapa model deteksi otomatis penyakit daun kelapa sawit telah dikembangkan, tetapi umumnya memberikan akurasi yang rendah karena fitur yang diekstraksi tidak cukup diskriminatif. Penelitian kami, mengusulkan metode deteksi baru penyakit daun kelapa sawit untuk membedakan dua kelas daun: sehat dan terinfeksi. Model deteksi ini berdasarkan seperti dalam Gambar 4.

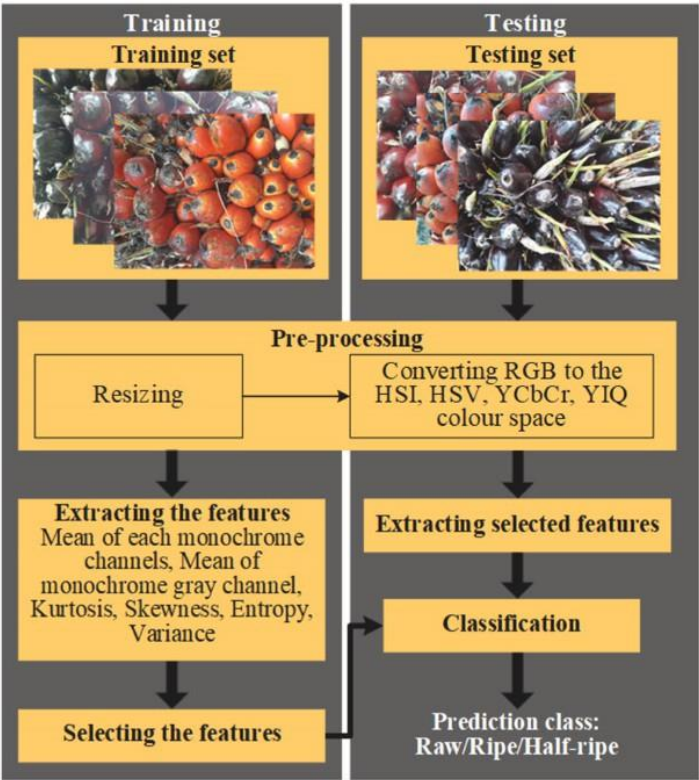


Gambar 4. Model deteksi yang digunakan untuk penyakit daun sawit (Hamdani et al. 2021)

Penelitian lainnya, kami melakukan deteksi kualitas tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang ditentukan dari tingkat kematangan. Kemudian diklasifikasikan secara visual berdasarkan warna kulit buah. Klasifikasi tingkat kematangan TBS dapat dilakukan secara otomatis menggunakan machine vision. Klasifikasi menjadi menantang ketika machine vision diterapkan pada gambar TBS setengah matang, yang umumnya memiliki warna yang tidak merata, dan

pada gambar TBS di mana noise yang muncul menutupi sebagian buah. Dalam karya ini, sebuah metode diusulkan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan TBS menjadi tiga kelas: mentah, matang, dan setengah matang.

Proses ekstraksi fitur diterapkan berdasarkan warna dan tekstur diikuti oleh pemilihan fitur menggunakan principal component analysis (PCA) untuk memilih fitur yang paling substansial. Selanjutnya, artificial neural network (ANN) dengan algoritma back-propagation diterapkan dalam proses klasifikasi untuk mendapatkan kelas prediksi.



Gambar 5. Metode klasifikasi kematangan buah sawit (Septiarini et al. 2019)

F. Peran Kecerdasan Buatan dalam Pengambilan Keputusan

Peran Kecerdasan Buatan dalam Pengambilan Keputusan juga sangat penting dan semakin berkembang dalam berbagai bidang. Berikut adalah beberapa perannya yang signifikan:

1. Analisis Data yang Lebih Cepat dan Akurat: AI mampu menganalisis data dalam jumlah besar dengan sangat cepat dan efisien. Ini membantu pengambil keputusan memahami pola, tren, dan wawasan yang mungkin sulit ditemukan secara manual.
2. Peningkatan Prediksi dan Proyeksi: Dengan menggunakan teknik pembelajaran mesin (machine learning), AI dapat membuat prediksi yang akurat berdasarkan data historis. Ini sangat berguna dalam perencanaan bisnis, keuangan, pemasaran, serta prediksi tren pasar.
3. Automasi Proses Pengambilan Keputusan: AI memungkinkan otomatisasi keputusan rutin atau berbasis aturan. Contoh yang umum adalah dalam sistem penilaian kredit atau evaluasi risiko investasi di mana AI dapat membuat keputusan secara mandiri berdasarkan parameter yang telah ditentukan (Hamdani et al. 2017).
4. Pengurangan Bias dalam Pengambilan Keputusan: AI, ketika dirancang dengan benar, dapat membantu mengurangi bias yang sering terjadi dalam pengambilan keputusan manusia. Algoritma dapat memproses data secara obyektif dan berdasarkan fakta, meskipun bias juga dapat muncul jika data yang digunakan tidak netral.
5. Mendukung Pengambilan Keputusan Kompleks: Dalam situasi yang melibatkan banyak variabel dan faktor yang kompleks, AI dapat membantu menyederhanakan dan memproses informasi, memberikan rekomendasi yang dapat membantu manusia membuat keputusan yang lebih baik.

6. Pengambilan Keputusan Real-Time: AI mampu memberikan rekomendasi dan hasil analisis dalam waktu nyata (real-time), yang sangat penting dalam industri seperti perdagangan saham, logistik, dan manajemen rantai pasok, di mana keputusan harus diambil dengan cepat berdasarkan kondisi saat itu.
7. Pembelajaran dan Penyesuaian:
 - AI dapat terus belajar dari hasil keputusan sebelumnya dan memperbaiki model pengambilan keputusan di masa depan, membuatnya semakin efektif seiring waktu.
 - Dengan bantuan AI, pengambilan keputusan menjadi lebih berbasis data, efisien, dan obyektif, sehingga meningkatkan kualitas hasil dan mengurangi risiko kesalahan manusia.



Gambar 6. Peran AI dalam Pengambilan Keputusan

Gambar 6 menunjukkan peran AI dalam pengambilan keputusan, dengan kolaborasi antara manusia yang menggunakan kreativitas dan intuisi, serta AI yang memproses data dan melakukan analisis otomatis. Ini menggambarkan bagaimana AI dan manusia bekerja bersama dalam menghasilkan keputusan yang lebih baik dan efisien.

Akhir kata, walaupun peran AI terbilang cerdas dan dapat menggantikan peran manusia, namun manusia-lah yang lebih unggul. Manusia lebih hebat daripada Kecerdasan Buatan (AI) dalam beberapa aspek penting yang membedakan kreativitas, emosi, dan intuisi manusia dari pemrosesan data dan algoritma yang dimiliki oleh AI.

Para hadirin yang saya hormati dan saya cintai, Kesimpulan pidato ini, meskipun AI sangat unggul dalam pemrosesan data dan menyelesaikan tugas-tugas yang spesifik dan terstruktur, manusia memiliki kelebihan dalam hal kreativitas, empati, intuisi, dan kesadaran moral. Ini menjadikan manusia lebih unggul dalam berbagai aspek kehidupan yang melibatkan pengambilan keputusan yang kompleks dan interaksi antar manusia. Karena, AI merupakan ciptaan manusia, sementara AI belum dapat menciptakan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A.F., Munajat, Q., Pratama, A.P., Kalamullah, H., Aprinaldi Setiyawan, J., Arymurthy, A.M., 2013. Detection of Palm Oil Leaf Disease with Image Processing and Neural Network Classification on Mobile Device. *Int. J. Comput. Theory Eng.* 5, 528–532.
<https://doi.org/10.7763/ijcte.2013.v5.743>.
- Bargoti, S., Underwood, J.P., 2017. Image segmentation for fruit detection and yield estimation in apple orchards. *J. Field Robot.* 34 (6), 1039–1060. <https://doi.org/10.1002/rob.21699>
- Deng, X., Liu, Q., Deng, Y., Mahadevan, S., 2016. An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem. *Information Sci.* 340–341, 250–261.
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.01.033>.
- Fadilah, N., Mohamad-Saleh, J., Halim, Z.A., Ibrahim, H., Ali, S.S.S., 2012. Intelligent color vision system for ripeness classification of oil palm fresh fruit bunch. *Sensor* 12, 14179–14195.
<https://doi.org/10.3390/s121014179>
- Gongal, A., Amatya, S., Karkee, M., Zhang, Q., Lewis, K., 2015. Sensors and systems for fruit detection and localization : a review. *Comput. Electron. Agric.* 116, 8–19.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.05.021>.
- Hamdani, H., Wardoyo, R., & Mustofa, K., (2017) A Method of Weight Update in Group Decision-Making to Accommodate the Interests of All the Decision Makers. *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)* Vol. 9 No. 8.

- Hamdani, H., Septiarini, A., Sunyoto, A., Suyanto, S., & Utaminingrum, F. (2021). Detection of oil palm leaf disease based on color histogram and supervised classifier. *Optik*, 245, 167753. <https://10.1016/j.ijleo.2021.16775>
- Septiarini, A., Hamdani H., Syaifudin,E.A., Setyaningsih, E., Nurcahyono,D., Hadiwijaya, N,A. (2023). Machine Vision Approach Using Multi Features for Detection of Oil Palm Stem Disease. 1st International Conference on Advanced Engineering and Technologies (ICONNIC) 2023.
- Septiarini, A., Hamdani, H., Hatta, H.R., Anwar, K., 2020. Automatic image segmentation of oil palm fruits by applying the contour- based approach. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 261, 108939 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108939>.
- Septiarini, A., Hamdani, H., Hatta, H.R., Kasim, A.A., 2019. Image-based processing for ripeness classification of oil palm fruit. In: *Proceeding - 2019 5th Int. Conf. Sci. Inf. Technol. Embrac. Ind. 4.0 Towar. Innov. Cyber Phys. Syst. ICSITech 2019*,
- Russel, S.J. dan Norvig, P., 1995. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall International, Inc.
- Russel, S.J. dan Norvig, P., 2010. *Artificial Intelligence, a modern approach*, 3rd Ed. Prentice Hall International, Inc.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, pertama-tama saya ingin memanjatkan puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga saya mendapatkan kemudahan dan kelancaran dalam proses pencapaian amanah karir akademik Guru Besar ini.

Perkenankan saya untuk menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Ayah saya Almarhum **H. Sulaiman Yahya** dan Ibu saya Almarhumah **Hj. Asnah** berkat didikan dan doa beliaulah saya mencapai amanah akademik tertinggi Guru Besar. Tanpa jerih payah dan perjuangan dalam membesarkan saya serta iringan doa yang diberikan semua ini tidak akan pernah saya capai, Istri saya tercinta dan tersayang **Prof. Dr. Anindita Septiarini, S.T., M.Cs.** Beliau memiliki banyak peran dan magnet positif di dalam hidup saya sebagai teman kuliah, teman riset dan teman kerja sejak saya menempuh studi lanjut Magister dan Doktor. Serta ketiga anak-anak saya yang lucu-lucu, cantik dan ganteng, yang selalu menjadi penyemangat hidup saya. **Khalisa Lubnaifa Hanasya, Kamilia Numa Syaifa dan Kamal Nagata Alfarros, I Love You Full.**

Terima kasih juga kepada kedua mertua saya, Bapak **Brigjen Pol (Purn) Drs. H. Surya Iskandar, S.H., M.M.,** dan Ibu **Hj. Sahipah** yang penuh pengertian, selalu mencurahkan kasih sayang, doa dan dukungan selama saya menyelesaikan studi Doktoral di Universitas Gadjah Mada. Semoga beliau keduanya diberikan kesehatan dan umur yang barokah. Beliau adalah teladan dan panutan bagi saya selalu memberikan contoh menjalani hidup dengan penuh kedisiplinan. Semua pencapaian karir akademik ini khusus saya persembahkan untuk kedua orang tua saya kandung maupun kedua mertua saya.

Kakak-kakak saya Hj. Ruslina, S.H, & suami Ir. H. Abdul Hamid, Saimah & suami Ir. Alfiansyah, Iwan Mobly, S.Pd., Minarni & suami Ir. H. Hariyanto, Adik-adik saya Hj. Hendri Susanti, S.E. & Alm. Ir. H. Abdul Rahim, Yuliana Andri Novita Sari & Suami Dwi Yuliawan, S.E., Noor Muhammad Febriansyah, S.E., & Istri Yanti Abrar, S.E., Ade Agus Hermawan. Kakak Ipar-ipar saya H. Muhammad Abdul Aziz Santoso, S.H & Hj. Dina Pratiwi Iskandar, S.P., Kolonel Chk. Hendy Wahyudi Iskandar, S.H., M.H. & dr. Yunita Aryani, M.Si, M.H.

Terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Mas Menteri **Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A.** atas amanah jabatan fungsional Guru Besar dalam bidang ilmu Sistem Cerdas mulai 1 Oktober 2023, Nomor SK: 59333/M/07/2023.

Kepada Rektor Universitas Mulawarman **Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN Eng.** dan para Wakil Rektor Universitas Mulawarman; tim Penilai Angka Kredit (PAK) Universitas Mulawarman dan tim PAK Dikti serta rekan-rekan Tendik di bagian Kepegawaian Universitas Mulawarman terima kasih atas dukungan dan bantuan selama proses kenaikan jabatan fungsional saya. Terima kasih serta apresiasi saya kepada pimpinan beserta jajaran Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mulawarman atas segala pelayanan yang telah diberikan sehingga proses penelitian berjalan lancar. Penghargaan yang sama saya sampaikan kepada para pimpinan Fakultas, Dekan Teknik dan para Wakil Dekan serta para tenaga kependidikan di Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Ucapan yang sama juga saya tujukan kepada seluruh rekan-rekan dosen dan tenaga kependidikan di program studi Informatika dan seluruh dosen Fakultas Teknik atas bantuan dan kerjasamanya. Tak lupa penghargaan saya ucapkan kepada para dosen yang terlibat dalam

tim penelitian, pengabdian kepada masyarakat, dan publikasi. Kepada para mahasiswa dan alumni yang telah terlibat dan membantu dalam kegiatan-kegiatan saya, terima kasih atas kerjasamanya.

Tidak lupa saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas dukungannya kepada Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si Rektor Universitas Mulawarman periode 2014-2018 dan 2018-2022. Prof. Dr. Ir. Mochamad Wahyudi, M.Kom, M.M., M.Pd., IPU., ASEAN Eng. Rektor Universitas Bina Sarana Informatika (BSI), Prof. Dr. Suyanto Rektor Universitas Amikom Yogyakarta, Prof. Dr. Ir. Richardus Eko Indrajit, M.Sc., M.B.A., M.Phil., M.A. Rektor Universitas Pradita, Prof. Dr. Ir. Marsudi Wahyu Kisworo, IPU Rektor Universitas Pancasila, Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D Rektor Universitas Islam Indonesia, Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom Akprind University, Muchammad Naseer, S.Kom., M.T. Rektor Universitas Teknologi Bandung (UTB), Dr. H. Farid Wadjdy, M.Pd. Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur, Prof. Dra. Sri Hartati, M.Sc., Ph.D Ketua Umum IndoCEISS dan juga Direktur Eksekutif LAM INFOKOM, Prof. Dr. rer.nat. Achmad Benny Mutiara Ketua Umum APTIKOM dan Prof. Dr. Zainal A. Hasibuan (sesepuh kami di APTIKOM), Dr. Djoko Sutarno Bina Nusantara University (Ketua Umum Coris), Letkol. Chk. Trisno Sekolah Tinggi Hukum Militer (STHM), Prof. Dr.-Ing. MHD. Reza M.I. Pulungan, S.Si., M.Sc. dan Dr. Sri Mulyana, M.Kom di Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Hendery dan Prof. Dr. Untung Raharja, M.Kom., M.M di Universitas Raharja, Bapak Dr.-Ing. H. Ilham Akbar Habibie, M.B.A Ketua Pelaksana Harian Dewan Teknologi Informasi dan Komunikasi Nasional (WANTIKNAS), Prof. Mohammed Ali Berawi, M.Eng.Sc., Ph.D., Deputy Bidang Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam, Tonny Agus Setiono, S.Si.T., M.T. Direktur Pengembangan Ekosistem Digital IKN, Prof. Dr. Aman Sentosa Panggabean, M.Si, Dr. Herry Ramadhani, S.E., M.M., Dr. Gerry Firmansyah, S.T., M.Kom Universitas

Esa Unggul, Dr. Lasmedi Afuan, S.T., M.Cs., dan Dr. Nurul Hidayat, M.Kom di Universitas Jenderal Soedirman.

Kepada Kyai-kyai saya yang memberikan banyak amalan dan doa kepada saya untuk kelancaran proses penilaian Guru Besar Prof. Drs. KH. Yudian Wahyudi, MA., Ph.D Kepala Badan Pembinaan Ideologi Pancasila (BPIP) terima kasih yai atas kiriman doa untuk saya. Guru-guru spiritual saya Guru HM. Afwan, Guru HM. Solhin, KH Muhammad Zhofaruddin (Guru Udin) dan KH.Jamaluddin (Guru Jamal), Ustadz H. Muhammad Fathurahman (Ustadz Pink), KH. Fauzi A Bahtar Ketua PWNU Kaltim, KH. Sularno, Gus Indra Semi. Serta guru Sekolah saya yang baik hati Ibu Dra. Hj. Watini, M.Pd, yang senantiasa sabar mendidik saya ketika di SMA 8 Samarinda.

Ungkapan terima kasih tentunya tidak akan cukup, untuk guru- guru saya cintai dan rekan-rakan saya seperjuangan di TK Nuri Samarinda, SD Negeri 057 Samarinda angkatan 1991, SMP Kesatuan 1 Samarinda angkatan 1994, dan SMA Negeri 8 Samarinda angkatan 1997, serta guru- guru saya di program studi Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta dan Universitas Ahmad Dahlan serta Guru-guru saya di program studi ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada terima kasih atas ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada saya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Terima kasih juga sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi- tingginya tidak akan cukup saya berikan kepada pembimbing tugas akhir saya Bapak **Sudarmawan, S.T., M.T** sewaktu Diploma di Amikom Yogyakarta (saat ini Universitas Amikom Yogyakarta), Ibu **Sri Winiarti, S.T., M.Cs.** pembimbing skripsi Sarjana saya di Universitas Ahmad Dahlan. **Prof. Dra. Sri Hartati M.Sc., Ph.D.** pembimbing thesis Magister saya dengan penuh kesabaran serta ilmu yang kini saya dapatkan pada bidang ilmu sistem pendukung keputusan. Serta pembimbing Disertasi (Promtor) saya

Almarhum Prof. Drs. Retantyo Wardoro, M.Sc., Ph.D. yang saya cintai dan baik hati, terima kasih bapak Ahli Fuzzy dan Komputasi. Beliau banyak mengajarkan saya tentang kesabaran mencari ilmu, semoga Allah Subhanahu wa ta'ala memberikan tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin Ya Rabbal Alamin. Doa juga saya panjatkan kepada pembimbing Disertasi (sebagai Ko-Promotor) **Dr. tech. Khabib Mustofa, M.Kom.** semoga Allah Subhanahu wa ta'ala senantiasa memberikan kesehatan, umur yang barokah dan sukses Dunia dan Akhirat. Karena dedikasi para beliaulah pencapaian karir akademik tertinggi saya sampai ke Guru Besar. Seperti pepatah **“Padi yang dipanen hari ini, tidak ditanam kemarin sore”**. Saya merasa beruntung dan bangga mendapatkan didikan dari para guru-guru saya, membuat saya selalu bersemangat dan termotivasi untuk terus berkarya guna mendukung pencapaian karir akademik tertinggi.

Demikian ungkapan terima kasih saya dan mohon maaf apabila ada salah penyebutan dan tulisan pada nama dan gelar. Akhir kata, Saya berharap orasi ilmiah ini dapat memberikan manfaat, inspirasi, dan motivasi serta dapat mendorong pengembangan pengetahuan bagi masyarakat Indonesia. Nusantara Baru, Indonesia Maju.

*Wallahul Muwaffiq Ila Aqwamit Tharieq
Wassalamualaikum Wr. Wb.*

CURRICULUM VITAE

Nama lengkap : Hamdani
NIP : 197906062005011006
NIDN : 0006067905
Tempat, Tanggal
Lahir : Muara Bengkal, 06 Juni 1979
Alamat : Perumahan Bumi Sempaja City
Samarinda
Agama : Islam
Email : hamdani@unmul.ac.id
Website : <http://odahetam.weebly.com>
Fakultas/Prodi : Teknik/Informatika
Pangkat, Gol. : Pembina, IV/a
TMT Golongan : 1 April 2019
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 Oktober 2023 ID
SINTA : 258116
ID SCOPUS : 57203791510

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 1984-1985: TK Nuri Samarinda
2. 1985-1991: SD Negeri 057, Samarinda
3. 1991-1994: SMP Kesatuan 1, Samarinda
4. 1994-1997: SMA Negeri 8, Samarinda
5. 1997-2000: Diploma (D3) Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta
6. 2000-2002: Sarjana Teknik (S1) Informatika, Universitas Ahmad Dahlan.
7. 2007-2009: Magister (S2) Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
8. 2013-2018: Doktor (S3) Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
9. 2020: Profesi Insyur, Universitas Mulawarman

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

Nama Jabatan	NO. SK	TMT
Asisten Ahli	149/J17/KP/2006	01 Oktober 2006
Lektor	023/H17/KP/2010	01 April 2010
Lektor Kepala	3952/A4.3/KP/2014	01 Januari 2014
Guru Besar	59333/M/07/2023	01 Oktober 2023

RIWAYAT PEKERJAAN

1. 1999 – 2002: Citranet Yogyakarta
2. 2002 – 2003: PT. Asa Karya Group
3. 2003 – 2013: Dosen luar biasa STMIK Widya Cipta Dharma, Samarinda
4. 2003 – Sekarang: Dosen Program Studi Ilmu Komputer / Informatika, Universitas Mulawarman
5. 2009-2011: Kepala Laboratorium Perangkat Keras FMIPA, Universitas Mulawarman
6. 2004 – 2006: Dosen luar biasa STMIK SPB, Samarinda (sekarang Universitas Mulia)
7. 2008 – 2009: Dosen luar biasa Universitas Respati Yogyakarta
8. 2011-2013: Ketua Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Mulawarman
9. 2019-2023: Kepala UPT. Teknologi Informas dan Komunikasi, Universitas Mulawarman
10. 2021-2022: Plt. Kepala Unit Layanan Terpadu Universitas Mulawarman
11. 2024-Sekarang: Wakil Rektor Bidang Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur

RIWAYAT PEMBIAYAAN PENELITIAN

Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
2024	Sistem Cerdas Untuk Identifikasi Penyakit Pada Batang Tanaman Kelapa Sawit Dengan Supervised Learning (Ketua Peneliti)	BIMA Kemendikbud RISTEKDIKTI (Penelitian Fundamental-Regular)
2024	Sistem Computer-Aided Detection (CAD) untuk	BIMA Kemendikbud RISTEKDIKTI

Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
	penyakit Gloukoma berdasarkan Optic Nerve Head pada Citra Fundus (Anggota Peneliti)	(Penelitian Fundamental – Regular)
2024	Klasifikasi Penyakit Alzheimer menggunakan Convolutional Neural Network (Ketua Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2024	Sistem Cerdas untuk Prediksi Produksi SDA Kalimantan Timur (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2023	Sistem Cerdas Untuk Identifikasi Penyakit Pada Batang Tanaman Kelapa Sawit Dengan Supervised Learning (Ketua Peneliti)	BIMA Kemendikbud RISTEKDIKTI (Penelitian Fundamental – Regular)
2023	Sistem Rekomendasi Secara Berkelompok Pemilihan Bibit Padi Unggul (Ketua Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2023	Klasifikasi Kualitas Kopi Menggunakan Supervised Learning Berbasis Computer Vision (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2022	Smart Forest Computing Untuk Tanaman Dipterocarpaceae Pada Hutan Tropis Lembab Kalimantan (Ketua TPM)	SIMLITABMAS Kemendikbud RISTEKDIKTI (PKPT)
2022	Klasifikasi Retinal <i>Nerve Fiber Layer</i> Berbasis Pengolahan Citra Digital Untuk Evaluasi Tingkat Keparahan Penyakit Glaukoma (Anggota Peneliti)	RISTEKDIKTI (Penelitian Dasar) Lanjutan
2022	Klasifikasi Biji Kopi Dengan Machine Learning Berbasis Computer Vision (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2022	Kombinasi Metode Kriptografi untuk Pengamanan Pesan Teks Rahasia di WhatsApp (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
2021 -	Klasifikasi Retinal Nerve Fiber Layer Berbasis Pengolahan Citra	RISTEKDIKTI (Penelitian Dasar)
2022	Digital Untuk Evaluasi Tingkat Keparahatan Penyakit Glaukoma (Anggota Peneliti)	
2021 - 2022	Deteksi Penyakit Pada Daun Kelapa Sawit Menggunakan Machine Learning (Ketua Peneliti)	RISTEKDIKTI (PDUPT)
2021	Deteksi Penyakit Demam Berdarah Daerah Tropis Menggunakan Metode Forward Chaining dan Dempstershafer (Ketua Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2021	Prediksi Tindak Kejahatan Pencurian Berdasarkan Klasterisasi Metode K- MEANS (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2021	Penentuan Bibit Unggul Ikan Nila Menggunakan Metode Weighted Product (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2021	Sistem Cerdas Identifikasi Hama pada Tanaman Pangan Lokal Kalimantan Timur (Anggota Peneliti)	Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
2019 - 2020	Deteksi Kematangan Buah Sawit Berbasis Computer Vision Untuk Optimalisasi Produksi Minyak Mentah (Anggota Peneliti)	RISTEKDIKTI (PDUPT)
2018	Deteksi Peripapillary Atrophy Pada Citra Fundus Menggunakan Metode Scan Lines (Anggota Peneliti)	FKTI, Universitas Mulawarman
2018	Pengembangan prototype pesan rahasia chatting pada whatsapp (Ketua Peneliti)	FKTI, Universitas Mulawarman
2017	Model Perubahan Bobot	RISTEKDIKTI

Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
2016	Group Stakeholder Decision Making dengan Social Network (Ketua Peneliti)	(Penelitian Disertasi Doktor)
	Model Decision Making untuk Kesesuaian Kelas Lahan Perkebunan Sawit (Ketua Peneliti)	FKTI, Universitas Mulawarman
2016-2017	Otomatisasi Pendeteksian Penyakit Glaukoma Menggunakan Citra Fundus Retina Untuk Mencegah Resiko Kebutaan (Anggota Peneliti)	RISTEKDIKTI (Penelitian Terapan Dikti)

RIWAYAT PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

Tahun	Kegiatan
2024	Digitalisasi kamus bahasa daerah dayak tonyooi berbasis android (Anggota) (Sumber Dana: Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman)
2024	Simulasi Mikrokontroller Arduino Berbasis Webs Wokwi (Ketua) (Sumber Dana: Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman)
2023	Pelatihan Google Drive Sebagai Solusi untuk Mencegah Kehilangan Dokumen Proyek di SMKN 1 Samarinda (Ketua) (Sumber Dana: Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman)
2023	Peningkatan Keterampilan Penyampaian Informasi Melalui Media Digital Siswa Kelas 7 SMP 47 Melalui Pelatihan Canva (Anggota) (Sumber Dana: Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman)

RIWAYAT NARASUMBER/KEYNOTE SPEAKER 5 TAHUN TERAKHIR

No	Nama Kegiatan	Penyelenggara/Tempat /Tahun
1	FGD penyusunan kajian dampak Negative yang	Wantiknas/Hotel Aston Samarinda, 20 1 Oktober

No	Nama Kegiatan	Penyelenggara/Tempat /Tahun
	perlu diatasi pada Broadband di Kalimantan Timur	2018
2	Workshop kajian Dampak Positif yang perlu diatasi pada Implementasi Broadband terhadap Ekonomi, Sosial, Budaya Nasional di Provinsi Kaltim	Wantiknas /Hotel Whiz Prime, Balikpapan, 20 November 2018
3	FGD Rencana Induk TIK	Diskominfo Prov Kaltim / 2018
4	Academic Writing for International Publication	Universitas Mulia / Balikpapan, 2 Mei 2019
5	Society 5.0 dalam perspektif Generasi Milenial	Unversitas Raharja / 1 Agustus 2019
6	Pelatihan Penulisan Proposal DPRM Dikti	Unversitas Raharja / 2 Agustus 2019
7	Penyusunan Renstra Kabupaten Kutai Timur	Pemerintah Kabupaten Kutai Timur / 7 Agustus 2019
8	Sharing Knowlegde ICT dan Smart Energy Mendukung Infrastruktur Ibu Kota Baru	Pemkot Samarinda & Icon+ /Hotel Mulya, 16 September 2019
9	FGD Rencana Induk TIK Pemprov	Diskominfo Prov. Kaltim/Hotel Midtown Diskominfo Prov Kaltim
10	Kuliah Umum Internet of Things (IoT)	STMIK El-rahma Yogyakarta 19 September 2019
11	Seminar Nasional Internet of Things (IoT)	Access (HMJ Ilkom)/ di Olah Bebaya, Lamin Etam kantor Gubernur Kaltim, 15 Oktober 2019
12	Pembelajaran E-learning untuk dosen Kimia dilingkungan FMIPA, Universitas Mulawarman	24 Februari 20219, FMIPA, Universitas Mulawarman

No	Nama Kegiatan	Penyelenggara/Tempat /Tahun
13	Ruang Obrolan Mahasiswa HIMAPKOM	Perhimpunana Mahasiswa Informatika dan Komputer Nasional Kaltim, 25 April 2020 via Zoom (online)
14	Seminar Nasional: Inovasi Pembelajaran MIPA, Geografi dan TIK dalam mempersiapkan generasi sains di era Disruptif	Universitas Mulawarman, 24 Oktober 2020 (Online)
15	Peluang Digital Marketing di Masa Pandemi	KKN Tematik, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, 2021 via Zoom (Online)
16	Membentuk smart people menuju smart city di Ibu Kota Negara Baru	KKN 47, Kelompok 18 Kabupaten Paser, Universitas Mulawarman, 5 Agustus 2021 Via Zoom (Online)
17	Menjaga Data Pribadi Untuk Mengakses Internet Lebih Aman	Perhimpunana Mahasiswa Informatika dan Komputer Nasional Kaltim, 21 Agustus 2021 via Zoom (Online)
18	Dialog Publik : Sambut IKN, Samarinda Kuatkan Diri Menjadi Smart City	TVRI Samarinda, Senin 7 Maret 2022 Pukul 16.00 WITA
19	Peran IoT Menghadapi Era Society 5.0 dalam Perspektif Bela Negara	Seminar Nasional 14 April 2022 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta (Online)
20	Achieved 100% revenue 2022 All segment thru operational excellence and bring great digital costumer experience	Rapim Q2 Wintel Samarinda PT. Telkom Samarinda, 11 Mei 2022
21	Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE)	Diskominfo Pemerintah Kabupaten Kutai Barat, Hotel Tulip di Balikpapan, 19-20 Mei 2022
22	Seminar Nasional Permikomnas "Peran Ahli Teknologi dalam	Permikomnas, Integrated Laboratory Universitas Mulawarman, 23 Mei 2022

No	Nama Kegiatan	Penyelenggara/Tempat /Tahun
	membangun IKN 5.0”	
23	Kuliah Umum “Penerapan AI untuk Smart City”	Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. 31 Mei 2022
24	Dialog Publika Tema “Pentingnya Lindungi Data Pribadi”	TVRI, Kamis 22 September 2022, Pukul 16.00 WITA
25	Kuliah Umum “Sistem Cerdas: Perkembangan, Tantangan & Peluang Riset”	Institut Sains & Teknologi (IST) Akprind Yogyakarta
26	Workshop Penyusunan Proposal Hibah Penelitian dan Pengabdian Tahun 2024	Universitas Mulia, 11 November 2023
27	Seminar Teknologi “Mulawarman Informatics Tech-Week” tahun 2023 dengan tema “Penerapan AI untuk Negeri”	Himpunana Mahasiswa Informatika, FT, Universitas Mulawarman, Senin 13 November 2023
28	Bimtek Peningkatan Kompetensi Digital Aparatur Kelurahan Gunung Elai dalam Peningkatan Pelayanan Kepada Masyarakat	Hotel Ibis Samarinda, 26 Januari 2024 Penyelenggara Kelurahan Gunung Elai, Pemerintah Kota Bontang, Kaltim
29	Peranan Teknologi Informasi Dalam Mencerdaskan Anak Bangsa Berbasis Ideologi Pancasila	Hotel Astara Balikpapan, 20- 23 Mei 2024
30	Seminar Nasional “The Future of Artificial Intelligence” Challenges, Opportunities, ethnics.	Aula Universitas Raharja, Tangerang Rabu, 12 Juni 2024 Pukul 09.00 WIB – selesai
31	TVRI “Halo Kaltim ETAM-EDU Edugame berbasis kearifan lokal	TVRI Samarinda Kamis, 20 Juni 2024 Pukul 09.00 WITA - Selesai
32	Seminar Nasional Informatika dan	Universitas Jenderal Soedirman, Hotel Java

No	Nama Kegiatan	Penyelenggara/Tempat /Tahun
33	Komputer (Seniko) “Kontribusi Artificial Intelligence di Era Transpormasi Digital”	Heritage Purwokerto Senin, 24 Juni 2024 Pukul 09.00 WIB – Selesai
	Professorial Lecture “Kecerdasan Artifisial”	Aula Universitas Teknologi Bandung, Bandung. Sabtu, 20 Juli 2024 Pukul 13.00 WIB - Selesai

TENAGA AHLI

No	Nama Kegiatan	Nomor Surat Keputusan	Tahun
1	Tenaga Ahli Dinas Kominfo Provinsi panji panji Kominfo se-Kab./Kota	Nomor: 003.3/120/Diskominfo/2022 Nomor: 100.3.3.1/K.340/2023	2022- Sekarang
2	Intelligent Transportasi System pada Kecerdasan Buatan OIKN	Nomor: 004/Peng23-26/ITS- Indonesia/XII/2023	2023- Sekarang
3	Tenaga Ahli ITE Polres Bontang	Nomor: B/158/V/RES.2.5/2024	2024- Sekarang
4	Tenaga Ahli ITE Polres Kutai Barat	Nomor: B/63/III/RES.2.5/2024/Reskrim	2024- Sekarang
5	Tenaga Ahli ITE Polda Kaltim	Nomor: B/95/VI/RES.2.5/2024/Ditreskrimsus	2024- Sekarang

No	Nama Kegiatan	Nomor Surat Keputusan	Tahun
6	Tenaga Ahli ITE Polres Penajam Paser Utara (PPU)	Nomor: B/433/VIII/RES.2.5/2024/ Reskrim	2024- Sekaran g

HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

1. Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata Manusia
2. Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Pemilihan Lahan Sawit
3. Sistem Segmentasi Area Buah Sawit Tunggal Menggunakan Metode Active Contour
4. Aplikasi Untuk Diagnosa Penyakit Bipolar Disorder Menggunakan Case Based Reasoning Dan Algoritma KNN
5. Aplikasi Segmentasi Area Buah Tomat Menggunakan Operasi Deteksi Tepi
6. Sistem Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Sawit Dengan Ciri Warna dan Tekstur
7. Aplikasi Segmentasi Optic Disc Pada Citra Fundus Untuk Evaluasi Glaukoma
8. Aplikasi Deteksi Penyakit Pada Daun Kelapa Sawit
9. Aplikasi Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Arabika
10. Sistem Deteksi Retina Nerve Fiber Layer Pada Sub-Sector Citra Fundus
11. Aplikasi Rekomendasi Secara Kelompok Pemilihan Bibit Padi

BUKU INTERNASIONAL

Judul: Machine Learning for Disease Identification in Oil Palm Leaves

<https://www.amazon.com/Machine-Learning-Disease-Identification-Leaves-ebook/dp/B0CM3N86LH>

Terbit: 26 Oktober 2023, Publisher: Asadel Publisher

**PUBLIKASI ARTIKEL ILMIAH PILIHAN
Jurnal Internasional Bereputasi**

1. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Aji Ery Burhandeny, Damar Nurcahyono, Surya Eka Priyatna: *Image analysis for classifying coffee bean quality using a multi-feature and machine learning approach*. International Journal of Artificial Intelligence (IJAI) Vol. 13, No. 4, 2024, pp. 4241~4248.
2. **Hamdani Hamdani**, Anindita Septiarini. Novianti Puspitasari, Andi Tejawati, Faza Alameka: *The color features and k- nearest neighbor algorithm for classifying betel leaf image*. IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA) Vol. 13 No. 3 2024.
3. Ummul Hairah, Anindita Septiarini, Novianti Puspitasari, Andi Tejawati, **Hamdani Hamdani**, Surya Eka Priyatna: *Classification of tea leaf disease using convolutional neural network approach*. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol.14 No.3 June 2024.
4. **Hamdani Hamdani**, Masna Wati, Didit Suprihanto, Nur Maya Salsabila, Anindita Septiarini, Dita Nurmadewi, Viny Christanti Mawardi: *Recommendation Method for Selecting The Rice Seeds Based on Group Decision Support System*. International Journal of Artificial Intelligence (IJAI) Vol.13 No.3 2024.
5. Edy Winarno, Anindita Septiarini, Wiwien Hadikurniawati, **Hamdani Hamdani**: *The Hybrid Features and Supervised Learning for Batik Pattern Classification*. ACM Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH) Vol. 17. Issue 2 No. 18 2024.
6. Tenia Wahyuningrum, **Hamdani Hamdani**, Heriyanto Heriyanto, Ferry Chofa, Amat Safii: *Adjusted Simultaneous Importance Performance Analysis in E-government Implementation*. International Journal of Computing and Digital Systems Vol. 14 No. 1 2023.
7. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Emy Setyaningsih, Eko Junirianto, Fitri Utaminigrum: *Automatic Method for Optic Disc Segmentation Using Deep Learning on Retinal Fundus Images*. Healthcare Informatic Research, Vol. 29 No. 2, 2023.
8. Anindita Septiarini, Rizqi Saputra, Andi Tedjawati, Masna Wati, **Hamdani Hamdani**: *Pattern Recognition of Sarong Fabric Using Machine Learning Approach Based on Computer Vision for Cultural Preservation*. International Journal of Intelligent Engineering and

- Systems, Vol. 15 No. 5, 2022.
9. **Hamdani Hamdani**, Heliza Rahmania Hatta, Novianti Puspitasari, Anindita Septiarini, Henderi Henderi: *Dengue Classification Method Using Support Vector Machines and Cross-Validation Techniques*. International Journal of Artificial Intelligence (IJAI) Vol.11, No.3, 2022.
 10. Edy Winarno, Wiwien Hadikurniawati, Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**: *Analysis of Color Features Performance Using Support Vector Machine with Multi Kernel for Batik Classification*. International Journal of Advances in Intelligent Informatic (IJAIN) Vol. 8 No. 2, 2022.
 11. **Hamdani Hamdani**, Anindita Septiarini, Andi Sunyoto, Suyanto Suyanto, Fitri Utaminingrum: *Detection of Oil Palm Leaf Disease Based on Color Histogram and Supervised Classifier*. Optik. Vol. 245, 2021.
 12. Anindita Septiarini, Andi Sunyoto, **Hamdani Hamdani**, Anita Ahmad Kasim, Fitri Utaminingrum, Heliza Rahmania Hatta: *Machine Vision for The Maturity Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunches Based on Color and Texture Features*. Scientia Horticulturae. Vol. 286, 2021.
 13. Hartatik, Bayu Permana Sejati, **Hamdani Hamdani**, Andri Syafrianto. *A Comparison of BAT and Firefly Algorithm in Neighborhood based Collaborative Filtering*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA) Vol. 12. No. 9, 2021.
 14. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Heliza Rahmania Hatta, Khoerul Anwar: *Automatic Image Segmentation of Oil Palm Fruits by Applying the Contour-Based Approach*. Scientia Horticulturae. Vol. 261, 2020.
 15. Edi Faizal, **Hamdani Hamdani**. *Weighted Minkowski Similarity Method with CBR for Diagnosing Cardiovascular Disease*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA) Vol. 9. No. 12, 2018.
 16. **Hamdani Hamdani**, Heru Ismanto, Agus Qomaruddin Munir, Budi Rahmani, Andri Syafrianto, Didit Suprihanto, Anindita Septiarini. *The Proposed Development of Prototype with Secret Messages Model in WhatsApp Chat*. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 8 No. 5, Oktober 2018.

17. **Hamdani Hamdani**, Retantyo Wardoyo, Khabib Mustofa. *A Method of Weight Update in Group Decision-Making to Accommodate the Interests of All the Decision Makers*. International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA) Vol. 9 No. 8, 2017.
18. Anindita Septiarini, **Hamdani**, Dyna Marisa Khairina: *The Contour Extraction of Cup in Fundus Images for Glaucoma Detection*. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 6 No. 6, 2016.
19. **Hamdani**, Retantyo Wardoyo: *A Review on fuzzy multi-criteria decision making land clearing for oil palm plantation*. International Journal of Advances in Intelligent Informatics (IJAIN) Vol. 1 No. 2, July 2015.

Konferensi Internasional Bereputasi

1. **Hamdani Hamdani**, Anindita Septiarini, Firzatullah Akbar, Rizqi Saputra, Dita Nurmadewi, Surya Eka Priyatna: *Classification of Arabica Coffee Beans Based on Multi-Features Using Artificial Neural Networks*. 2023 1st International Conference on Advanced Engineering and Technologies (ICONNIC)
2. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Encik Akhmad Syaifudin, Emy Setyaningsih, Damar Nurcahyono, Noor Alam Hadiwijaya: *Machine Vision Approach Using Multi Features for Detection of Oil Palm Stem Disease*. 2023 1st International Conference on Advanced Engineering and Technologies (ICONNIC)
3. Andi Tejawati, Anindita Septiarini, Andi Pangeran Asdar, Masna Wati, **Hamdani Hamdani**, Saipul, Surya Eka Priyatna: *Batik Pattern Classification Using Decision Tree Based on Color-Texture Features*. 2023 6th International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)
4. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Aji Ery Burhandenny, Subhan Nur, Edy Winarno: *The color-texture features and machine learning approach for quality detection of coffee beans*. 2023 9th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)
5. Rudy Rachman, Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**: *Detection of Road Damage Using Faster Regional-Convolutional Neural Network Method*. 2022

- International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT), 2022.
6. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Eko Junirianto, Mohammad Sofyan S. Thayf, Gandung Triyono, Henderi: *Oil Palm Leaf Disease Detection on Natural Background Using Convolutional Neural Networks*. 2022 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), 2022.
 7. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Emy Setyaningsih, Septya Maharani, Aam Shodiquil Munir, Edy Winarno: *Detecting Retinal Nerve Fiber Layer Using Gray Level Co-occurrence Matrix and Machine Learning Approach*. 2022 International Conference on Information Technology Research and Innovation (ICITRI), 2022.
 8. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Achmad Rifani, Zainal Arifin, Nurul Hidayat, Heru Ismanto: *Multi-Class Support Vector Machine for Arabica Coffee Bean Roasting Grade Classification*. 2022 5th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 2022.
 9. Anindita Septiarini, Ferda Maulana, **Hamdani Hamdani**, Rizqi Saputra, Tenia Wahyuningrum, Indra: *Classifying the Swallow Nest Quality Using Support Vector Machine Based on Computer Vision*, International Conference on Computational Intelligence and Cybernetics (CyberneticsCom), 2022.
 10. Zaenal Abidin, Nala Adina, Riza Arifudin, Aji Purwinarko, **Hamdani Hamdani**, David Leandro Wibisono: *A deep learning approach for sentiment analysis of hate tweets*. The 8TH International Conference on Mathematics Science and Education, 2021.
 11. Anindita Septiarini, Rizqi Saputra, Andi Tejawati, Masna Wati, **Hamdani Hamdani**, Novianti Puspitasari: *Analysis of Color and Texture Features for Samarinda Sarong Classification*, 2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 2021.
 12. Anindita Septiarini, Dandi Nova Siswoyo, **Hamdani Hamdani**, Masna Wati, Joan Angelina Widians, Novianti Puspitasari: *Tomato Segmentation on Natural Background Using Multi Operation of Edge Detection and Reconstruction*, 2021 IEEE URUCON, Uruguay, 2021.

13. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Tiya Hardianti, Edy Winarno, Suyanto Suyanto, Edy Irwansyah: *Pixel Quantification and Color Feature Extraction on Leaf Images for Oil Palm Disease Identification*, 2021 7th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE), 2021.
14. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Emy Setyaningsih, Edwanda Arisandy, Suyanto Suyanto, Edy Winarno: *Automatic Segmentation of Optic Nerve Head by Median Filtering and Clustering Approach*, 13th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS), 2021.
15. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Sri Ulan Sari, Heliza Rahmania Hatta, Novianti Puspitasari, Wiwien Hadikurniawati: *Image Processing Techniques for Tomato Segmentation Applying K- Means Clustering and Edge Detection Approach*. 2021 International Seminar on Machine Learning, Optimization, and Data Science (ISMODE), 2021.
16. **Hamdani Hamdani**, Tara Nita Setiawinata, Anindita Septiarini, Henderi, Zaenal Abidin, Hartatik: *Customer Satisfaction Analysis to Improve the Library Services Using Fuzzy Servqual Method*, 2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA), 2021.
17. Anindita Septiarini, Heliza Rahmania Hatta, **Hamdani Hamdani**, Ana Oktavia, Anita Ahmad Kasim, Suyanto Suyanto: *Maturity Grading of Oil Palm Fresh Fruit Bunches Based on a Machine Learning Approach*, 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC), 2020.
18. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Heliza Rahmania Hatta, Anita Ahmad Kasim: *Image-Based Processing for Ripeness Classification of Oil Palm Fruit*, 2019 5th International Conference on Science in Information Technology (ICSITech), 2019.
19. **Hamdani**, Anindita Septiarini, Dyna Marisa Khairina: *Model Assessment of Land Suitability Decision Making for Oil Palm Plantation*, 2016 2nd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech), 2016.

Jurnal Nasional Terakreditasi

1. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Edy Winarno: *The Combination of Color-Texture Features and Machine Learning for Detecting Dayak Beads*. INFOTEL. Vol. 15 No. 1, 2023.
2. **Hamdani Hamdani**, Zainal Arifin, Anindita Septiarini: *Expert System of Dengue Disease Using Artificial Neural Network Classifier*. JUITA: Jurnal Informatika, Vol. 10, No. 1, 2022.
3. Anindita Septiarini, **Hamdani Hamdani**, Muhammad Sofian Sauri, Joan Angelina Widiars: *Image Processing for Maturity Classification of Tomato Using Otsu and Manhattan Distance Methods*. Jurnal Informatika Vol. 16 No. 3, 2022.

RIWAYAT ORGANISASI

1. 1997-2000 : Keluarga Pelajar Mahasiswa Kalimantan Timur Yogyakarta (KPMKT Yogyakarta)
2. 1997-2000 : Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Cabang Bulaksumur, Yogyakarta
3. 2000-2002 : Ketua Himpunan Mahasiswa Kutai Timur (HIPMA-KT) Cabang Yogyakarta
4. 2002-2004 : Sekretaris Jenderal Pengurus Pusat HIMA-KT Kalimantan Timur
5. 2006-2015 : Sekretaris Jenderal Dewan TIK Daerah (Wantikda) Provinsi Kalimantan Timur.
6. 2007-2009 : Ketua SAPMA-Pemuda Pancasila Provinsi Yogyakarta
7. 2011-Sekarang : Ikatan Alumni (IA) Keluarga Pelajar Mahasiswa Kalimantan Timur Yogyakarta (KPMKT)
8. 2015-Sekarang : Ketua Umum Dewan TIK Daerah (Wantikda) Provinsi Kalimantan Timur
9. 2017-Sekarang : Ketua IndoCEISS (Indonesian Computer, Electronics and Instrumentation Support Society) Provinsi Kalimantan Timur
10. 2017-2021 : Ketua Departemen Pendidikan dan Pelatihan, Pengurus Pusat IndoCEISS (*Indonesian Computer, Electronics and Instrumentation Support Society*)

11. 2022-Sekarang : Pemuda Pancasila (PP) Provinsi Kalimantan Timur
12. 2022-Sekarang : Fordamai IKN Kalimantan Timur
13. 2023-Sekarang : Forum *Corporate Social Responsibility* (FCSR) Provinsi Kalimantan Timur
14. 2023-Sekarang : Dewan Masjid Indonesia (DMI) Provinsi Kalimantan Timur
15. 2023-Sekarang : Lembaga Budaya Adat Kutai (LBAK) Provinsi Kalimantan Timur
16. 2023-Sekarang : Laskar Kebangkitan Kutai (LKK) Provinsi Kalimantan Timur



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. H. Priyagus, S.E., M.Si.

TRANSFORMASI EKONOMI BERBASIS INDUSTRI
DENGAN ENERGI TERBARUKAN MENUJU
INDONESIA YANG LEBIH RAMAH LINGKUNGAN

27 September 2024
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. H. Priyagus, S.E., M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR ii

DAFTAR ISI..... iii

SINOPSIS..... 1

A. Pendahuluan 4

B. Landasan Pemikiran..... 8

 1. Pembangunan Ekonomi..... 8

 2. Pendekatan Strukturalis dan Pertumbuhan
 Tidak Berimbang 9

 3. Pembangunan Berkelanjutan..... 10

C. Fakta Empirik Hubungan GDP dan Energi serta
 Emisi 15

 1. Hubungan Energi dan GDP terhadap Emisi
 pada Sektor Industri..... 15

 2. Beberapa Penelitian Terdahulu..... 16

 3. Kebijakan Pemerintah..... 18

D. Kesimpulan 19

E. Rekomendasi..... 20

DAFTAR PUSTAKA..... 21

UCAPAN TERIMA KASIH 26

CURRICULUM VITAE..... 28

SINOPSIS

Bismillahirrahman nirrahim, Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Salam Sejahtera untuk semua yang hadir.

Yang saya hormati

Ysh. Ketua Senat Universitas Mulawarman,

Ysh. Rektor Universitas Mulawarman,

Ysh. Para Wakil Rektor Universitas Mulawarman,

Ysh. Para Dekan dan Wakil Dekan dilingkungan Universitas Mulawarman,

Bapak/Ibu hadirin yang berbahagia, serta Orang tua dan keluarga yang saya cintai.

Berkat Rahmat Allah yang maha kuasa, saya bersyukur dan mohon ijin untuk menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar Tetap dalam bidang Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Mulawarman, yang berjudul:

“Transformasi Ekonomi Berbasis Industri dengan Energi Terbarukan Menuju Indonesia yang lebih ramah Lingkungan”

Pembangunan ekonomi menurut Begawan ekonom Indonesia: Prof. Sumitro Djoyohadikusumo, merupakan proses tranformasi yang ditandai dengan perubahan struktur atau landasan kegiatan ekonomi dan sosial dalam masyarakat, yang berlangsung dalam jangka panjang. Secara sederhana dapat dirtikan, bahwa tidak terjadi Pembangunan, jika tidak ada perubahan struktur ekonomi dan sosial secara mendasar dan terus menerus, yaitu perubahan dalam akumulasi, alokasi, distribusi dan institusi.

Sejak tahun 1991 Indonesia melakukan transisi ekonomi dari negara Agraris menjadi negara Industri sampai sekarang. Konsekwensi perubahan ini

berdampak terhadap meningkatnya konsumsi energi sektor industri menjadi 3,20 kali lipat. Pada sisi lain, juga terjadi dampak meningkatnya emisi carbon (CO₂) dari industri yang menjadi 4,73 kali lipat.

Memasuki jangka Panjang ke III, Indonesia dihadapkan pada masalah lingkungan yang telah menjadi isu global. Jika tahun 1991 emisi CO₂ perkapita internasional dari fosil dan industri 4,3 Ton, maka tahun 2022 meningkat 0,4 T/kapita, dengan peningkatan konsumsi energi primer sebesar 6.609,6340 Kwh/orang. Dalam kontek Indonesia kecenderungan yang makin menurun dalam share konsumsi energi terbarukan dan mahalnya investasi bidang energi terbarukan, menjadi sinyal bahwa penurunan emisi masih menjadi tantangan yang cukup berat dimasa datang.

Pemerintah telah mengambil langkah-langkah strategis yang tertuang dalam program MDGs dan dilanjutkan dengan SDGs sampai tahun 2030 serta berupaya mencapai zero emission di tahun 2060. Upaya konkrit lain telah menyepakati dengan percepatan pensiun dini (early retirement) PLTU dengan ADB, dalam kerangka Energy Transition Mechanism (ETM).

Hadirin yang saya hormati,

Tidak dapat dapat dipungkiri bahwa Tranformasi ekonomi industri telah memberikan banyak kemajuan, Namun pada sisi lain, masih banyak yang perlu mendapat perhatian seperti pemerataan ekonomi dan sosial antar wilayah dan meningkatnya emisi perkapita dari fosil dan industri sebesar 3,11 kali dengan rata-rata emisi CO₂ perkapita 1,6438 Ton.

Energi baru terbarukan sangat potensial dikembangkan, karena di Indonesia memiliki sumberdaya alam yang melimpah. Meskipun dalam jangka pendek masih relative mahal, pemerintah sebagai dinamisor perlu mensinergikan dan

mengkapitalisasikan pilar-pilar pembangunan berkelanjutan (ekonomi, sosial dan lingkungan) untuk mendorong peningkatan investasi hijau yang inklusif.

Energi sebagai sumberdaya yang terbatas ketersediaannya bukan barang bebas, harus dikelola secara bijaksana, agar transformasi ekonomi berbasis industry yang hijau dapat terwujud dan mampu menciptakan kesejahteraan Masyarakat secara berkelanjutan (sustainable welfare).

Sebagai penutup, saya ucapkan terima kasih dan mohon maaf kepada seluruh civitas akademika Universitas dan Fakultas Ekonomi Unmul. Secara khusus saya sampaikan terima kasih kepada seluruh keluarga dan kedua orang tua saya, istri beserta anak-anak yang saya cintai: **(Sri Hartati, S.Pd); Kun M Adi dan Rizki Amalia; Latifa Nor Asri dan Daroja Attahari.**

Terima kasih atas kesempatannya, mudahan bermanfaat dan barokah, amin

Wabillahi taufik walhidayah. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Prof. Dr. H. Priyagus, S.E., M.Si

A. Pendahuluan

Sejak tahun 1991 tepatnya triwulan II berdasar struktur ekonomi, Indonesia melakukan transisi dari negara Agraris menjadi negara Industri sampai sekarang (2023**). Kontribusi sektor Industri (18,67%) sedangkan pertanian hanya (12,53%) atau terjadi gap sebesar 6,14%. Konsekwensi perubahan ini berdampak terhadap meningkatnya konsumsi energi sektor industry dari (1991=740.223 TrJ) menjadi (2022 = 2.360.944 TrJl) atau menjadi 3,20 kali lipat. Pada sisi lain, terjadi juga dampak lanjutan (simultan) berupa emisi carbon (CO₂) dari industri yang meningkat dari (1991=27.664 MT) menjadi (2021=130.759 MT) atau menjadi 4,73 kali lipat.

Sektor industri telah menjadi pilihan khususnya negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia karena mampu menciptakan pertumbuhan, perkembangan ekonomi dan sosial serta modernisasi karena didukung dengan kapital, sumberdaya manusia yang trampil dan teknologi. Wilayah-wilayah tertentu berkembang dengan cepat menjadi metropolitan karena gaya hidup modernisasi sehingga terjadi perubahan dalam pola produksi, konsumsi dan distribusi dengan jumlah, jenis dan frekwensi yang sangat besar.

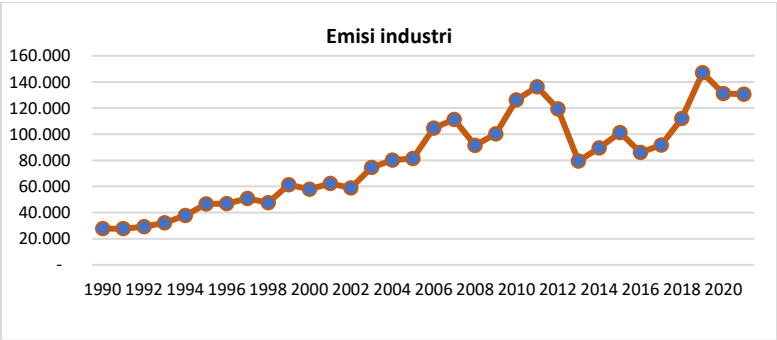
Industri memerlukan energi sebagai sumberdaya, karena teknologi yang digunakan di negara berkembang relative kurang maju, maka konsumsi energi cenderung kurang efisien dan sebagian besar masih didominasi dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, seperti minyak bumi dan batubara serta masih sedikit dari energi yang dapat diperbaharui sehingga sangat berpotensi menimbulkan emisi karbon (CO₂).

Dampak dari meningkatnya emisi karbon (CO₂) yang merupakan gas domain dari Emisi Gas Rumah Kaca (GHG) menimbulkan berbagai ketidak stabilan atau ketidak pastian dalam bidang ekonomi dan sosial.

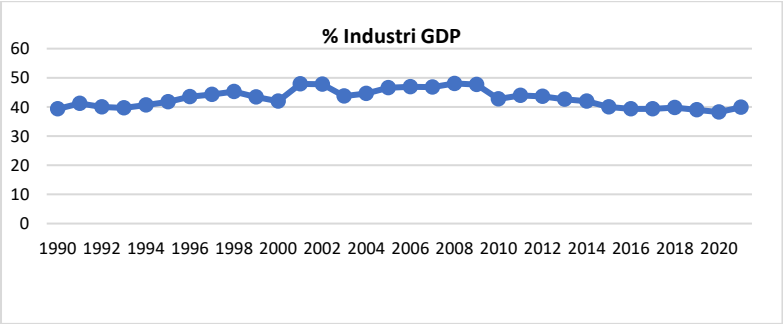
Terganggunya produksi (pertanian, Perkebunan, perikanan dan kehutanan) karena perubahan iklim, menurunnya konsumsi karena semakin langka dan mahal barang dan jasa dan terganggunya distribusi (pemasaran) karena perubahan cuaca, ketidak pastian harga, bencana alam serta berbagai penyakit yang harus diderita masyarakat.

Memasuki jangka Panjang ke III, Indonesia dihadapkan pada masalah lingkungan yang telah menjadi isu global dari laporan “*Our Common Future*” oleh *World Commission on Environment and Development*, tahun 1987. Jika tahun 1991 emisi Co perkapita internasional dari fosil dan industry 4,3 Ton, maka tahun 2022 menjadi 4,7 T atau meningkat 0,4 T/kapita, dengan peningkatan konsumsi energi primer sebesar 6.609,6340 Kwh/orang. Dalam kontek Indonesia kecenderungan yang makin menurun dalam share konsumsi energi terbarukan, dimana (1991=57,83%) menjadi (2019=19,09%) dan mahal nya investasi bidang energi terbarukan, menjadi sinyal bahwa penurunan emisi masih menjadi tantangan yang cukup berat dimasa datang.

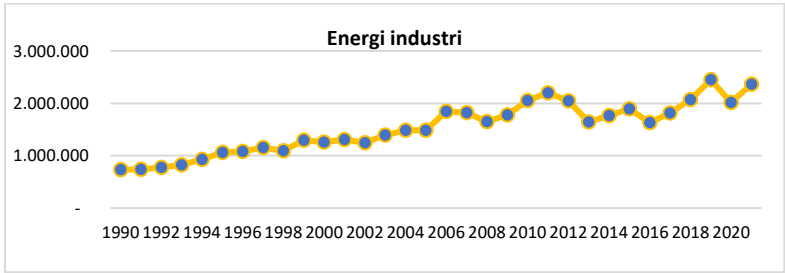
Pemerintah telah mengambil langkah-langkah strategis yang tertuang dalam RPJMN (2015-2019) dan RPJP (2005-2025) serta merealisasikan program lingkungan dalam MDGs mulai tahun 2000 dan dilanjutkan dengan SDGs sampai tahun 2030 serta berupaya mencapai zero emission di tahun 2060. Upaya konkrit lain juga telah dilakukan, dimana tahun 2023 Indonesia dan ADB telah menyepakati percepatan pensiun dini (early retirement) PLTU, dalam kerangka Energy Transition Mechanism (ETM), sebagai bentuk komitmen memenuhi kebutuhan lingkungan yang ramah untuk generasi mendatang.



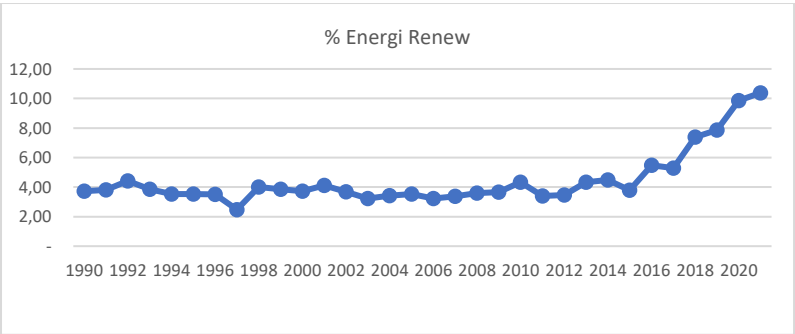
Grafik 1. Emisi Sektor Industri (MT)
Sumber: Penulis



Grafik 2. Nilai Tambah Industri dalam GDP (%)
Sumber: Penulis



Grafik 3. Energi sektor Industri (TJ)
Sumber: Penulis



Grafik 4. Energi Baru (% , Eqv.energi primer)
Sumber: Penulis

Tidak dapat dapat dipungkiri bahwa Tranformasi ekonomi industry telah memberikan banyak kemajuan, seperti peningkatan pendapatan (4.743 \$US menjadi 11.859 \$US), (HDI 0,533 menjadi 0,707), (Indek Gini 0,57 menjadi 0,53), penduduk miskin (penduduk pendapatan < 3,65 \$US; 160,40 juta menjadi 61,30 juta) serta infrastruktur yang semakin bertambah . Namun pada sisi lain, masih banyak yang perlu mendapat perhatian, khususnya peningkatan emisi perkapita dari fosil dan industry kurun waktu (1990-2022) sebesar 3,11 kali dengan rata-rata emisi CO perkapita 1,6438 T.

Dalam kurun waktu (1990-2014) jika konsumsi energi naik 1 Kg, maka GDP/kapita akan naik 2,70 \$ US (jangka pendek) dan meningkat 9,23 \$ (jangka panjang), sedangkan jika GDP naik 1\$, maka emisi CO2 meningkat 1,41 MT (jangka pendek) dan 4,87 MT (jangka panjang), (Priyagus,2023).

Energi baru terbarukan sangat potensial dikembangkan, karena di Indonesia memiliki sumberdaya alam yang melimpah seperti sumberdaya air, angin, panas bumi dan matahari serta keaneragam hayati. Meskipun dalam jangka pendek masih relative mahal, pemerintah sebagai dinamisator melalui kebijakan fiskal dan moneter serta regulasi, perlu mensinergikan dan mengkapitalisasikan pilar-pilar

pembangunan berkelanjutan (ekonomi, sosial dan lingkungan) untuk mendorong peningkatan investasi hijau yang inklusif, menstimulan seluruh pemangku kepentingan dalam pengadaan dan pemanfaatan energi ramah lingkungan.

Energi sebagai sumberdaya yang terbatas ketersediaannya bukan barang bebas dan semakin langka jika tidak dikelola secara bijaksana, gaya hidup hemat dalam penggunaan, menjaga sumber-sumbernya agar tetap lestari, merupakan langkah strategis, agar transformasi ekonomi berbasis industri yang benar-benar hijau dapat terwujud dan mampu menciptakan kesejahteraan Masyarakat secara berkelanjutan (sustainable welfare).

Makalah hasil penelitian ini merupakan sumbangan pemikiran akademis terhadap kondisi sekarang, bahwa strategi pengembangan sektor industri berdampak terhadap peningkatan emisi karbon (CO₂). Oleh sebab itu beberapa rekomendasi diajukan sebagai alternatif kebijakan untuk mengurangi emisi yang telah menjadi isu global dan cenderung merugikan, agar Indonesia dalam memasuki rencana jangka panjang III (2025-2040) benar-benar berada pada kondisi lingkungan yang sehat untuk generasi mendatang sehingga harapan adanya kesejahteraan yang berkelanjutan dapat terwujud.

B. Landasan Pemikiran

1. Pembangunan Ekonomi

Pembangunan ekonomi menurut Begawan ekonom Indonesia (Prof. Sumitro Djoyohadikusumo) merupakan proses transformasi yang ditandai dengan perubahan struktur atau landasan kegiatan ekonomi dan sosial dalam masyarakat, yang berlangsung dalam jangka panjang. Hal ini dapat dimaknai bahwa tidak terjadi Pembangunan, jika tidak ada perubahan struktur ekonomi dan sosial secara mendasar dan

terus menerus, yaitu perubahan dalam akumulasi, alokasi, distribusi dan institusi atau perubahan dalam Tingkat pendapatan, struktur ekonomi dengan peningkatan sektor sekunder, ketimpangan regional, kemiskinan yang semakin kecil, kepemilikan asset dan kesempatan berusaha yang semakin inklusif.

Pembangunan ekonomi yang terpenting dan strategis adalah adanya usaha Reformasi Kesejahteraan (social reform) dengan pertumbuhan yang cukup pesat pada jenis bidang kegiatan dan cakupan yang semakin luas serta melebihi pertumbuhan penduduk. Dalam Pembangunan negara berkembang, negara memegang peran yang sangat strategis, intervensi negara tetap penting dan diperlukan agar tidak berlaku ekonomi pasar yang cenderung merugikan kelompok-kelompok kecil dan berpotensi menimbulkan kegagalan pasar (*market failure*) yang ditandai dengan hadirnya monopoli, monopsony dan oligopoly tersembunyi.

2. Pendekatan Strukturalis dan Pertumbuhan Tidak Berimbang

Pembangunan adalah suatu proses transisi dan transformasi dari tingkat ekonomi yang sederhana ke tingkat ekonomi yang lebih maju. Dalam transisi ditandai dengan transformasi oleh pergeseran dari sektor primer ke sektor sekunder (industry manufaktur, konstruksi) dan sektor tersier (jasa) serta memerlukan waktu yang relatif lama (2 sampai 3 generasi). Ciri pokok pada transisi dan transformasi yang meliputi (akumulasi, alokasi, distribusi) dalam pembangunan ekonomi, telah dikembangkan oleh bank dunia sekitar dasawarsa tujuh puluhan yang dipimpin oleh Hollis Chenery.

Menurut Rostow dan Hirschman sangat sulit negara yang belum maju memiliki modal yang cukup untuk melakukan investasi secara serentak disemua sektor. Oleh sebab itu investasi sebaiknya dilakukan pada sektor-sektor yang terpilih (*leading sector*) yang

memiliki linkage dan pencaran yang luas, sehingga akan terbuka kesempatan baru untuk industry-industri terkait dan membuka pembangunan ekonomi lebih lanjut. Dengan kata lain pembangunan sebagai suatu rantai ketidak seimbangan.

3. Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan Berkelanjutan diperkenalkan oleh Komisi Lingkungan Hidup Dunia (*Brundtland Commission*) dalam laporannya tahun 1987 tentang "Masa Depan Kita Bersama". Walaupun sangat sulit untuk membuat konsep keberlanjutan. Worl Bank (1992) dan Beckermen (1992) menjelaskan Pembangunan berkelanjutan merupakan kegiatan pembangunan untuk memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kepentingan generasi mendatang. Artinya sumberdaya alam yang dimanfaatkan sekarang harus terjaga kelestarian dan ketersediaan sehingga generasi mendatang tetap dapat memanfaatkan secara optimal.

Menurut Ding (2021) Fokus teori pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang mengutamakan sumber daya alam dan lingkungan. Menurut teori ini pembangunan adalah hak umum dan universal umat manusia. Baik negara maju maupun negara berkembang memiliki kesamaan hak pembangunan dan lebih signifikan bagi negara-negara berkembang, dimana pada saat yang sama pembangunan manusia harus kompatibel dengan sumber daya dan lingkungan.

Menurut Komisi Pembangunan Berkelanjutan PBB (UN-CSD), indikator pembangunan berkelanjutan meliputi 4 aspek yaitu : Sosial, Ekonomi, Lingkungan dan Kelembagaan. Adapaun masing-masing aspek berisi beberapa sub-indikator, seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi dan Indikator dalam embangunan Berkelanjutan

Social	Environmental
Education	Freshwater/groundwater
Employment	Agriculture/secure food supply
Health/water supply/sanitation	Urban
Housing	Coastal Zone
Welfare and quality of life	Marine environment/coral reef protection
Cultural heritage	Fisheries
Poverty/Income distribution	Biodiversity/biotechnology
Crime	Sustainable forest management
Population	Air pollution and ozone depletion
Social and ethical values	Global climate change/sea level rise
Role of women	Sustainable use of natural resources
Access to land and resources	Sustainable tourism
Community structure	Restricted carrying capacity
Equity/social exclusion	Land use change
Economic	Institutional
Economic dependency/Indebtedness/ODA	Integrated decision-making
Energy	Capacity building
Consumption and production patterns	Science and technology
Waste management	Public awareness and information
Transportation	International conventions and cooperation
Mining	Governance/role of civic society
Economic structure and development	Institutional and legislative frameworks
Trade	Disaster preparedness
Productivity	Public participation

Sumber: Comission on Sustainable Development (2001)

World Bank (1992) Autput negara-negara sedang berkembang meningkat 4-5 kali, pada saat output dunia meningkat hanya 3,5 selama 1990-2030 menyebabkan beberapa indikator lingkungan memburuk, kondisi ini tidak akan terjadi jika terdapat kebijakan lingkungan yang berpihak dan mengikat. Analisis data lintas negara selama empat dekade pada Negara-negara OECD yang dilakukan oleh Galeoti (2007) menginformasikan, bahwa pola data emisi yang diperoleh tidak berhasil menjelaskan korelasi beberapa parameter yang menggambarkan kinerja lingkungan. Selanjutnya dijelaskan pula, di negara-negara kaya masih banyak kesempatan atau ruang untuk merusmuskan kebijakan lingkungan.

Menurut Dinda (2015) keberlanjutan dapat dilakukan dengan strategi pertumbuhan hijau sebagai prasyaratnya, yaitu pertumbuhan dengan memperhatikan pengurangan polusi, limbah, gas

rumah kaca, penipisan sumber daya alam, efisiensi energi, perlindungan keanekaragaman hayati dan ekosistem lokal.

4. Pembangunan Berkelanjutan Prespektif Emil Salim

Prof. Dr. Emil Salim sebagai menteri lingkungan hidup pada masa orde baru memiliki kontribusi yang luar biasa terhadap pembangunan lingkungan di Indonesia. Beberapa pandangan dan pemikiran yang kritis serta (uptodate) dalam Pembangunan Berkelanjutan Peran dan Kontribusi Emil Salim, Azis et al. (2010: 24-28) dan telah disarikan sebagai berikut: Paradigma Pembangunan Berkelanjutan membutuhkan lima perubahan fundamental dari paradigma pembangunan konvensional, yaitu :

- 1) *Pertama*, pembangunan berkelanjutan mengubah perspektif jangka pendek menjadi jangka panjang. Pembangunan konvensional biasanya mengejar keuntungan jangka pendek yang dilakukan lewat *eksploitasi* sumber daya alam secara intensif.
- 2) *Kedua*, pembangunan berkelanjutan memperlemah posisi dominan aspek ekonomi dan menempatkannya pada tingkat yang sama dengan pembangunan sosial dan lingkungan. Peningkatan jumlah penduduk telah menimbulkan berbagai isu pembangunan sosial yang menjadi kendala bagi perolehan manfaat dari pertumbuhan ekonomi, penambahan kebutuhan lahan untuk memenuhi kebutuhan hidup. Perpindahan penduduk secara horisontal maupun vertikal meningkatkan potensi konflik sosial yang menyebabkan degradasi dan kerusakan lingkungan telah semakin parah.
- 3) *Ketiga*, kini skala preferensi individu menjadi indikator yang menentukan barang apa yang akan diproduksi dan lewat metode alokasi sumber daya seefisien mungkin. Permintaan barang oleh sebagian individu didukung oleh pendapatan dan daya beli yang tinggi. Kepentingan ini seringkali

- jauh lebih berkuasa dibandingkan kepentingan publik. pembangunan berkelanjutan memerlukan perubahan kebijakan secara fundamental agar kepentingan publik dapat ditempatkan di atas kepentingan pribadi
- 4) *Keempat*, pasar telah gagal menangkap sinyal sosial dan lingkungan melalui mekanisme harga. Biaya sosial tidak diperhitungkan dalam harga pasar. Biaya konflik sosial berupa korban, penderitaan manusia, dan kematian tidak ditangkap oleh pasar dan hal yang sama berlaku untuk lingkungan. Pembangunan berkelanjutan harus mengoreksi kegagalan pasar dan menginternalkan semua biaya eksternal yang berkaitan dengan pembangunan sosial dan lingkungan.
 - 5) *Kelima*, pemerintah harus bisa mengoreksi kegagalan pasar lewat kebijakan yang tepat. Hal ini membutuhkan komitmen pemerintah secara penuh untuk melayani kepentingan masyarakat dan lingkungan secara berimbang dan terus menerus. Ketidak berdayaan pemerintah di "negara yang lemah" (*soft states*) adalah bagian dari masalah, Karena ketidakmampuannya mengoreksi kegagalan pasar. Pembangunan berkelanjutan memerlukan sistem *checks and balances* yang didukung oleh kemitraan tiga sisi yang setara antara pemerintah, korporasi, dan masyarakat sipil serta secara bersama-sama melakukan koreksi terhadap pasar dan memperbaiki kegagalan pemerintahan.

Kesimpulannya, pembangunan berkelanjutan harus merombak habis paradigma pembangunan konvensional yang saat ini berlaku. Kepentingan pembangunan dalam jangka pendek harus lebih diseimbangkan dengan kepentingan jangka panjang. Kepentingan sosial dan lingkungan harus ditempatkan pada posisi yang setara dengan kepentingan ekonomi. Kepentingan sosial masyarakat harus lebih diselaraskan dengan kepentingan individu.

Kegagalan pasar harus dikoreksi, biaya sosial dan lingkungan harus diinternalisasi dalam bentuk biaya ekonomi. Kegagalan pemerintah harus diatasi lewat kemitraan segitiga yang setara antara pemerintah, korporasi dan masyarakat sipil. Kelompok sipil dan masyarakat pada umumnya harus memegang peranan penting dalam proses pengambilan keputusan pada pembangunan berkelanjutan.

Pergeseran paradigma ini membutuhkan perubahan nilai dan orientasi. Diperlukan pengembangan terus-menerus nilai-nilai pembangunan berkelanjutan yang sama sekali baru dan berbeda dengan pembangunan konvensional. Oleh sebab itu, dibutuhkan integrasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat secara holistik mengelola kepentingan pembangunan ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Paradigma pembangunan berkelanjutan harus memanfaatkan insentif berupa manfaat ekonomi, penghargaan dan pengakuan. Paradigma pembangunan berkelanjutan sebaiknya juga menggunakan disinsentif untuk menghindari arah pembangunan yang tidak berkelanjutan dengan menerapkan instrumen fiskal, kebijakan harga, dan pembebanan ongkos kepada perilaku yang tidak berkelanjutan.

Strategi pemasaran sosial yang cerdas untuk "menjual" paradigma pembangunan berkelanjutan akan sangat efektif, jika digabungkan dengan usaha pemasaran sosial dari tokoh berpengaruh di kalangan masyarakat sipil, sehingga dapat menciptakan kemauan politik yang kuat untuk mencapai tujuan-tujuan pembangunan berkelanjutan. Kondisi ini dapat menciptakan efek "bola salju" yang mendorong perubahan penting dalam pelaksanaan strategi nasional untuk pembangunan berkelanjutan di negara-negara berkembang.

C. Fakta Empirik Hubungan GDP dan Energi serta Emisi

1. Hubungan Energi dan GDP terhadap Emisi pada Sektor Industri

Pada makalah ini, penulis menganalisis pengaruh nilai tambah sektor industri dalam GDP (%), konsumsi energi sektor industri (MT), persentasi konsumsi energi terbarukan dari energi primer (%), kondisi sebelum dan sesudah diberlakukannya MDGs dan SDGs (1990-1999=0 dan 2000-2021=1) sebagai Dummy variable terhadap emisi karbon (MT).

Model analisis menggunakan regresi berganda dinamis dengan variable Dummy (moderasi) dan energi terbarukan sebagai variable untuk mendeteksi kebijakan pengendalian emisi sektor industri. Adapun data yang digunakan secara series mulai tahun 1990 sampai dengan 2021 (31 tahun) yang besumber dari berbagai terbitan: World Development Indicator, International Energi Agency dan OWID. Hasil estimasi persamaan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Emisi (CO2) sektor Industri} = & \\ -36.249,90 + 625,4390 (\text{Industri}) + 0,048573 & \\ (\text{Energi}) -237,0305 (\text{Renew}) - 27.596,15 (\text{Dummy}) - & \\ 0,021686 (\text{Energi} \times \text{Dummy}) + 0,120238 \text{ Emisi t-1} & \end{aligned}$$

Konstanta (NS), Industri (NS), Energi (S = ***), Renew (NS), Dummy (S = *), Energi * Dummy (S = *), Emisi t-1 (NS)

*Keterangan: NS (Non Signifikan), S (Signifikan), *** (1%), * (10%), MT (Metrik Ton)*

Bertambahnya kontribusi sektor industri dalam GDP 1%, akan meningkatkan emisi karbon (CO2) 625,4390 MT, namun tidak segnisikan. Konsumsi energi pada sektor industri berhubungan secara positif, jika konsumsi energi meningkat, maka emisi

juga akan meningkat sangat signifikan. 0,0486 MT . Pertambahan 1% energi terbarukan, akan mengurangi emisi (237,0305 MT) namun tidak signifikan.

Adanya program MDGs yang dilanjutkan dengan SDGs dapat mengurangi emisi secara signifikan tingkat (10%) dan berlaku sebagai moderasi murni (pure moderasi), dapat dipertimbangkan sebagai variable kebijakan untuk mengurangi emisi. Dalam jangka panjang (long-run) variable-variabel penjelas (predeterminant) tidak berpengaruh nyata. Artinya variable penjelas yang digunakan hanya berpengaruh terhadap emisi karbon (CO₂) dalam jangka pendek (short-run).

2. Beberapa Penelitian Terdahulu

Beberapa peneliti menjelaskan temuannya tentang hubungan energi dan emisi seperti : Arouri et al. (2012). Dalam jangka panjang terdapat pengaruh positif yang signifikan dari konsumsi energi dan PDB terhadap emisi CO₂. di 12 negara Timur Tengah dan Negara-negara Afrika Utara (MENA) selama periode 1981-2005 dengan model kointegrasi,

Niu et al. (2011). Ada hubungan positif antara konsumsi energi dan emisi CO₂ di delapan negara Asia, padahal penggunaan energi dan emisi CO₂ per kapita di negara berkembang jauh lebih rendah daripada di negara maju, namun penggunaan energi per unit jauh lebih tinggi dibanding negara maju atau terjadi inefisiensi penggunaan energi.

Behera dan Dash (2017), menjelaskan, bahwa konsumsi energi primer dan energi fosil di negara bagian berpendapatan menengah (middle-income) berpengaruh signifikan atau cenderung terjadi kenaikan emisi karbon di 17 negara South and Southeast Asia (SSEA) dengan model ECM. Sheinbaum-Pardo et al. (2012), menjelaskan pentingnya perubahan struktur industri (10 industri) untuk mengurangi emisi. Peningkatan pemakaian energi memiliki dampak negatif terhadap indeks

karbon (CO₂) kecuali industri semen. Penelitian ini dilakukan di Meksiko periode 1990–2008 dengan model LMDI untuk industri manufaktur.

Apergis, E Payne (2010), menjelaskan, dalam jangka panjang energi dan pendapatan berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon. Penelitian ini dilakukan di Commonwealth of independent state periode 1992-2004 dengan model EKC jangka panjang. Li et al. (2011), menjelaskan, kenaikan GDP 1% akan meningkatkan emisi karbon antara 0,41% - 0,43%. Kenaikan 1% GDP perkapita akan meningkatkan 0,48%-0,50% energi dan akan meningkatkan 0,41%-0,43% emisi karbon . Penelitian ini dilakukan di 30 provinsi di China tahun 1985-2007 menggunakan model OLS dinamik.

Kasman and Duman (2015), menjelaskan, bahwa ada hubungan dengan pola EKC antara pendapatan dan lingkungan (emisi carbon) di negara uni Eropa dengan data panel tahun 1992-2010, namun berlaku timbal balik untuk negara-negara Asia. Begum et al. (2015), menjelaskan dengan model (DOLS), bahwa di Malaysia tahun 1980-1990 emisi karbon meningkat pada saat terjadi peningkatan pertumbuhan ekonomi dan EKC tidak valid. Dalam jangka panjang konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi berhubungan secara positif terhadap emisi karbon.

Isik et al (2018), menjelaskan, bahwa GDP dan konsumsi energi berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di seluruh provinsi. Penelitian ini dilakukan di Cina dengan model (fully modified OLS). Ssali et. Al. (2019), menjelaskan, bahwa dalam jangka panjang, jika pertumbuhan ekonomi naik 1%, maka emisi akan mengalami kenaikan sebesar 16%, sedangkan jika penggunaan energi naik 1%, maka emisi karbon (CO₂) akan meningkat sebesar 49%. Penelitian ini dilakukan di 6 negara sub-Sahara Afrika data tahun 1980-2014 dengan model panel Cointegrasi dan EKC. Salahuddin et al. (2017), menjelaskan, bahwa pertumbuhan ekonomi, konsumsi listrik, dan

FDI berkaitan dengan emisi CO₂. Penelitian ini dilakukan di Kuwait dengan periode data 1980–2013 dengan model VECM.

Priyagus (2023) Hasil estimasi hubungan antara energi (ENERCAP) dengan pertumbuhan ekonomi (GDPCAP) dalam jangka pendek dan jangka panjang positif dan signifikan pada level 10%. Hubungan antara pertumbuhan ekonomi (GDPCAP) dengan emisi (CO₂CAP) bertanda positif dan signifikan dalam jangka pendek maupun jangka. Penelitian ini dilakukan di Indonesia dengan data series (1990-2014).

Penelitian Priyagus selanjutnya (2019) tentang hubungan antara GDP kapita dan GDP sektor industry di Indonesia tahun (2011-2015) dengan data panel 33 provinsi menjelaskan bahwa terdapat hubungan positif GDP sektor industry terhadap degradasi lingkungan namun tidak signifikan, demikian halnya dengan kebijakan bagi hasil SDA (Dana Perimbangan) dapat meningkatkan degradasi namun tidak signifikan. Berdasar pada beberapa penelitian yang telah dilakukan di berbagai negara dengan model yang berbeda, terdapat kesimpulan, bahwa energi dan pendapatan (GDP) berkorelasi positif terhadap emisi karbon dan pada umumnya menggunakan model-model langsung.

3. Kebijakan Pemerintah

Perlunya kebijakan pemerintah untuk mengendalikan emisiasi dijelaskan oleh beberapa peneliti seperti : Zaman dan Moemen (2017), mendukung hipotesis EKC, hipotesis IPAT, emisi yang diinduksi energi dan pertumbuhan sektoral. Dengan data panel periode 1975-2015 dan model EKC, PHH dan IPAT, PHH dan eHDI, menjelaskan adanya masalah sosial-ekonomi dan lingkungan sehingga dibutuhkan kebijakan pembangunan untuk pertumbuhan yang berkelanjutan.

Khobai dan Le Roux (2017), menjelaskan adanya hubungan jangka panjang antara variabel konsumsi

energi, emisi karbon dioksida, pertumbuhan ekonomi, perdagangan internasional, dan urbanisasi di Afrika Selatan periode 1971-2013. Dengan uji kointegrasi dan VECM serta kausalitas Granger. Hasil studi menjelaskan, bahwa pemerintah Afrika Selatan harus memberlakukan kebijakan energi untuk peningkatan pertumbuhan ekonomi. Arouri et al. (2012), menjelaskan terkait kebijakan pemerintah bahwa penurunan emisi dan kenaikan GDP terjadi secara nyata karena penerapan hukum dan institusi yang efektif. Penelitian ini dilakukan di Middle East and North Africa Countries (MENA) 1981-2005 dengan model ECM.

D. Kesimpulan

Hasil analisis menjelaskan, kenaikan nilai tambah industri dalam GDP dapat meningkatnya emisi namun tidak signifikan, karena semakin berkembangnya produksi dan permintaan barang industri yang menggunakan bahan baku ramah lingkungan. Konsumsi energi sektor industri di Indonesia berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon (CO₂) dalam jangka pendek, karena inefisiensi/intensitas energi yang tinggi (teknologi yang kurang maju) serta penggunaan jenis energi yang berbasis fosil (fuel).

Kebijakan pengendalian emisi melalui program MDGs dan SDGs dapat mengurangi emisi secara signifikan, karena program ini merupakan kerjasama/kesepakatan internasional dan masuk dalam Rencana Pembangunan Nasional. Pemanfaatan energi terbarukan tidak berpengaruh signifikan terhadap pengurangan emisi karbon (CO₂), karena minimnya kapasitas dan konsumsi serta mahalnya investasi untuk pengadaan energi terbarukan (hijau). Perekonomian Indonesia yang berbasis industri terindikasi belum ramah lingkungan karena berpotensi meningkatkan emisi CO₂. Diperlukan Langkah-langkah strategis agar transformasi disertai dengan

transisi energi terbarukan, agar generasi mendatang dapat menggunakan dan menikmati sumber daya alam untuk mewujudkan kesejahteraan yang berkelanjutan.

E. Rekomendasi

Indonesia telah memilih sektor industri sebagai leading untuk mengembangkan perekonomiannya, namun harus menanggung emisi yang cenderung merugikan. Percepatan revitaliasi teknologi dan peningkatan energi terbarukan pada sektor industri segera dilakukan, agar terjadi efisiensi/intensitas energi semakin kecil dan emisi yang menurun. Perluasan sektor-sektor diluar industri (pertanian, perdagangan, UMKM dan pariwisata) berbasis energi terbarukan agar ekonomi semakin hijau dan inklusif. Kapasitas energi terbarukan segera ditingkatkan karena potensi alam dengan sumberdaya energi tersedia melimpah dan pemerintah sebagai agent perubahan dan perilaku hemat energi. Kerjasama luar negeri diperluas untuk meningkatkan investasi energi hijau. Indonesia merupakan salah satu negara yang telah menyepakati pengurangan emisi dan mendapat perhatian internasional, karena emisi sulit dibatasi antar ruang dan wilayah serta merupakan masalah bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- Arouri, M.E., Youssef, A., M'henni, H., Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342–349. doi:10.1016/j.enpol.2012.02.042.
- Apergis, Nicholas; E.Payne, James. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus : Evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy* .38, 650-655. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.029>
- Azis, I , J., Napitupulu, Lydia., Patunru, Arianto, A., Resosudarmo, Budi. P (2010). Pembangunan Berkelanjutan, Peran dan Kontribusi Emil Salim. *PT Gramedia*, Jakarta.
- Bappenas (2014). Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia tahun 2013. <https://www.scribd.com/document/274045780/Laporan-Pencapaian-Tujuan-Pembangunan-Milenium-Di-Indonesia-2013>.
- Begum RA, Sohag K, Abdullah SMS, Jaafar M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 41,594–601. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.205.
- Behera SR, Dash DP .(2017). The effect of urbanization, energy consumption, and foreign direct investment on the carbon dioxide emission in the SSEA (South and Southeast Asian) region. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 70, 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.201>
- Binh, Phung Thanh. (2011). Energy Consumption and Economic Growth in Vietnam: Threshold Cointegrasi and Causality Analysis. *International Journal of energy Economics and Policy*, 1,1-17. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/7>

- Comission on Sustainable Development (2001). Indicators of Sustainable Development : Framework Work and Mthodologies. <https://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd9/indibp3.pdf>.
- Hossain, M.Sharif. (2011). Panel estimation for CO2 emission, energy consumstion, economic growth, trade opennes and urbanization of new industrial countries. *Energy Policy*, 39,6991-6999. DOI:[10.1016/j.enpol.2011.07.042](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.042)
- Isik C, Dogru T, Turk ES .(2018). A nexus of linear and non-linear relationships between tourism demand, renewable energy consumption, and economic growth: Theory and evidence. *International Journal Tourism Research*, 20, 38–49. DOI:[10.1002/jtr.2151](https://doi.org/10.1002/jtr.2151)
- IEA (2023). <https://transisienergi.id/lambung-pengetahuan/iea-international-energy-agency>
- Jhingan, M.L (1988). Ekonomi Pembangunan dan Perencanaan. Rajawali, Jakarta
- Jafari, Yaghoob; Othman, Jama; Moh Nor, Abu Hasan Shaari. (2012). Energy consumption, economic growth and environmental pollution in Indonesia. *Journal of Policy Modeling*, 34, 879-889. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpolmod.2012.05.020>
- Djojohadikusumo, S (1994). Perkembangan Pemikiran Ekonomi, Dasar Teori Ekonomi Pertumbuhan dan Ekonomi Pembangunan. LP3ES, Jakarta.
- Kasman, A., Duman, Y.S. (2015). CO2 Emission, economic growth, energy consumption, trade, and urbanization in new EU member and candidate countries : a Panel data analysis. *Economi Modeling*, vol.44,pp. 97-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2014.10.022>
- Khobai HB, Le Roux P. (2017) The relationship between energy consumption, economic growth and

- carbon dioxide emission: The case of South Africa. *International Journal Energy Economics Policy*, 7(3),102–109.
<https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/436>
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016). Statistik Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015.
- Koçak E, ŞarkgüneşiA. (2018) The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environ Sci Pollut Res* 25(1):790– 804. DOI: [10.1007/s11356-017-0468-2](https://doi.org/10.1007/s11356-017-0468-2)
- Li, Fei; Dong, Soucheng, Li, Xue; Liang, Quanxi; Yang, Wangzhou. (2011). Energy consumption economic growth relationship and carbon dioxide emission in China. *Energy Policy*, 39, 568-574. doi:10.1016/j.enpol.2010.10.025
- Mankiw, G N; Romer, D; Weil, D N. A (1992) Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, No. 2, pp. 407-437.
<http://links.jstor.org/sici?sici=0033-5533%28199205%29107%3A2%3C407%3AACTT%3E2.0.CO%3B2-5>
- Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y., Luo, G. (2011). Economic growth, energy conservation and emissions reduction: a comparative analysis based on panel data for 8 Asian-Pacific countries. *Energy Policy*, 39, 2121–2131. DOI:[10.1016/j.enpol.2011.02.003](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.003)
- OWID. (2024). <https://ourworldindata.org/renewable-energy#how-much-of-our-primary-energy-comes-from-renewables>
- Priyagus (2019). Industrial Sector and Natural Resource Sharing Analysis of Environmental Quality in Indonesia. Konferensi Internasional: AICEDC, FEB Unmul Samarinda.

- <https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/41535/NASKAH-SERTIFIKAT-AICEDS-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Priyagus (2021). Does economic growth efficient and environmental safety? The case of transportation sector in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol 11, 6, 365-372. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/11807/6138>
- Priyagus (2023) . Mekanisme Transmisi Energi dalam Perspektif Ekonomi terhadap Emisi Kaarbon di Indonesia. *Forum Ekonomi, Faklutas Ekonomi dan Bisnis*, Vol 25, 2, 290-299. https://journal.feb.unmul.ac.id/index.php/FOR_UMEKONOMI/article/view/13304/2518
- Priyagus (2023). *Pertumbuhan Ekonomi dalam Perspektif Lingkungan*. RV Pustaka Horison, Kalimantan Timur.
- Saboori, Benaz; Sulaiman, Jamalludin; Mohd, Saidatulakmal. (2016). Environmental Kuznet curve and energy consumption in Malaysia : A cointegrasi approach. *Energy Soource Part B : Economic Planning and Policy*, 9,861-867. DOI:[10.1080/15567249.2012.662264](https://doi.org/10.1080/15567249.2012.662264)
- Salahuddin M, Alam K, Ozturk I, Sohag K. (2017) The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 81(2), 202-210. , <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.009>.
- Shahbaz, Muhammad; Hye, Qazi Muhammad Adnan; Tiwari, Aviral Kumar. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emission in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2013.04.035>.

- Sheinbaum-Pardo, C., Mora-Perez, S., Robles-Morales, G. (2012). Decomposition of energy consumption and CO2 emissions in Mexican manufacturing industries: Trends between 1990 and 2008. *Energy Sustainable Development*, 16, 57–67. DOI:[10.1016/j.esd.2011.08.003](https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.08.003)
- Ssali, Max William; Du, Jianguo; Mensah, Isaac Adjei; Hongo, Duncan O. (2019). Investigating the nexus among environmental pollution, economic growth, energy use, and foreign direct investment in 6 selected sub-sahara African countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26,11245-11260. DOI:[10.1007/s11356-019-04455-0](https://doi.org/10.1007/s11356-019-04455-0)
- Winarno, Wing Wahyu. (2011). *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews*. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Widarjono, Agus. (2017). *Ekonometrika*. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- World Bank. (1992). Development and the Environment, *World Development Report*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/995041468323374213/pdf/105170REPLACEMENT0WDR01992.pdf>
- World Bank (2019). World Development Indikator. <https://data.worldbank.org/indicator>
- Zaman, Khalid; Abd-el Moemen, Mitwali (2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic development: Evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74,1119-1130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.072>

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai rasa syukur dan penghormatan atas rizki yang saya peroleh, maka saya mohon ijin untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia, Ketua Senat, Rektor, Para Wakil Rektor dan Kepegawaian Universitas Mulawarman, Dekan dan Wakil Dekan serta seluruh rekan-rekan dosen dan staf Administrasi di lingkungan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Mulawarman.

Guru-guru dan para dosen yang tulus dan Ikhlas mengajarkan ilmu pengetahuan, mendidik sikap dan mental santun (beradap). Terima kasih para guru dan dosenku, semoga ilmu yang diberikan menjadi amal dan pahala jariah, amin.

Teman-teman satu angkatan (2003) di program Doktor (S3) Universitas Airlangga yang penuh kekeluargaan, menjadi penyejuk dan penyemangat untuk menyelesaikan program doktor Ilmu Ekonomi dan Jabatan Guru Besar serta masih tetap memelihara silaturahmi sampai sekarang, terima kasih mas prof Babun Suharto, S.E, MM. (Kordinator kelas). Teman-teman satu angkatan (1996) di IPB yang sangat perhatian untuk menanamkan kerja keras dan mandiri serta percaya diri untuk mencapai prestasi. Trima kasih teman-teman, kerja kelompok yang intensif telah memberikan bekal pemahaman tentang kerjasama dan kerja keras serta professional, terima kasih mas Dr. Ir. Nyak Ilham (Kordinator kelas). Teman-teman satu angkatan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Mulawarman 1983 yang luar biasa akrab dan tetap memelihara silaturahmi sampai sekarang meskipun telah berusia tidak muda lagi, terima kasih Hariadi, S.E /Almarhum (Kordinator kelas). Trima kasih Prof. Dr.

Mulyanto Nugroho, S.E., MM yang telah menginspirasi, membantu dan terus menyemangati untuk meraih Guru Besar.

Kedua orang tuaku (H. Maksum & Hj. Mutia) serta mertua (H. Emboen Soeryana & Hj. Fatimah), saudara kandung satu-satunya yang masih sempat menyaksikan adiknya meraih jabatan tertinggi akademik (Guru Besar/Profesor) Ainurozi & Aza Musafaini, Istri dan anak-anakku : Sri Hartati, S.Pd; Kun M Adi, M.Ikom & Rizki Amalia, M.Ikom; Latifa Nor Asri, S.Pwk dan Daroja Attahari, yang terus memberi semangat dan tetap sabar untuk menyelesaikan studi (S2 dan S3). Seluruh keluarga yang terus memberi perhatian dan dukungan serta bantuan yang tulus untuk melanjutkan studi, mudhan berkah ini menjadi inspirasi untuk seluruh keluarga.

Alhamdulillah hirabbil alamin, semoga Allah selalu menjaga hati dan perbuatan tetap tawadhu, tidak sombong dengan jabatan Guru Besar ini, sabar dalam menghadapi cobaan dan berikhtiar serta terus bersyukur atas nikmat diberikan oleh Allah SWT, amiin.

CURRICULUM VITAE

Nama : **Dr. H. Priyagus, S.E, M.Si**
Tempat & Tgl Lahir : Surabaya 5 Agustus 1964
Agama : ISLAM
Pekerjaan : Staf Pengajar
NIP : 196408051989031004
NIDN : 00050866407
Pangkat, Golongan : Pembina Tingkat I/IVb
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 November 2023.
ID SINTA : 6673799
ID SCOPUS : 57222869150
Alamat rumah : Jl Sultan Sulaiman, Sambutan
No.105/C RT 11 Samarinda,
Kalimantan Timur.
Telp/HP/Email : Telp (0541) 240737. Hp
08125827889.
Email : priyagus@feb.unmul.ac.id
Alamat Kantor : Fakultas Ekonomi, Universitas
Mulawarman (UNMUL), Jl.
Tanah Grogot, Kampus Gunung
Kelua Samarinda. (0541) 743914

AMANAHAH JABATAN

1. Sekretaris Pusat Komputer Unmul (1991-1995)
2. Ketua Lab.Komputer FE Unmul (2001 – 2004)
3. Sekretaris Jurusan IESP; FE-Unmul 2008-2012
4. Sekretaris Program Magister Ilmu Ekonomi (M.Si)
FE-Unmul (2012 – 2016)

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana Ekonomi (S1) Jurusan Ilmu Ekonomi Dan
Studi Pembangunan (IESP) Univ. Mulawarman
(UNMUL) Samarinda. 1988
2. Magister Sains (S2) Jurusan Sosial Ekonomi
(SOSEK) Institut Pertanian Bogor (IPB) Bogor. 1999

3. Program Doktor (S3) Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan (IESP) Universitas Airlangga (UNAIR), Surabaya. 2007.

PENELITIAN MANDIRI/JURNAL

1. Analisis Eksternalitas dengan Model Pendekatan Ekonomi Mikro (2014)
2. Analisis Permintaan Marshallian (2015)
3. Oligopoli (Bekerjasama VS Bersaing, Analisis Curnot dan Camberlin 2016)
4. Pertumbuhan Ekonomi dan Degradasi Lingkungan Air di Wilayah Kalimantan dan Indonesia. Analisis Environmental Kuznet Kurve (EKC) 2017.
5. Fiscal Policy, Urbanization and Education : Analysis of EKC Provinsi in Indonesia (2018)
6. Impact of Foreign Investment and Natural Resources Sharing Funds Against Environmental Degradation in Indonesia (2018)
7. Industrial sector and Natural Resources Sharing: Anlysis of Environment Quality Provincial in Indonesia (2019).
8. Potensi ancaman gas rumah kaca (GRK) dalam transformasi ekonomi sektor pertanian di Kalimantan Timur (2021)
9. Indonesia's New SDGs Agenda for Green Growth – Emphasis in the Energy Sector (2021)
10. Does Economic Growth Efficient and Environmental Safety? The Case of Transportation Sector in Indonesia (2021)
11. Pola hubungan tingkat kesejahteraan dengan emisi gas rumah kaca sektor rumah tangga di Kalimantan Timur (2011-2021),
12. Mekanisme transmisi energi dalam prespektif ekonomi terhadap emisi karbon di Indonesia (2023)
13. Do Agricultural Reform Increasing The Prosperity of Indonesia Farmer? (2024)
14. Not Viaral, Not Popular : What is The Format for The Development of IKN ? In A Participatory Planning Lens (2024).

PENELITIAN KERJASAMA

1. Naskah Akademik Rencana Umum Penanaman Modal (RUPM) Provinsi Kalimantan Utara (2018)
2. Board Manual Direksi dan Dewan Komisaris Perusahaan Daerah (PT) Non Jasa Keuangan (Biro Ekonomi) Provinsi Kalimantan Timur, (2017)
3. Evaluasi Kinerja Pembangunan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2018. Bappenas, Jakarta.
4. Rencana Pembangunan Industri Kota Samarinda (2018).
5. Kajian Kelembagaan Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Segah Kabupaten Berau (2019)
6. Studi Analisis Potensi Pendapatan Asli Daerah (PAD) Pelabuhan Kariangau Balikpapan (2020).
7. Review Rencana Umum Penanaman Modal (RUPM) Provinsi Kalimantan Timur (2020)
8. Musrenbang Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Kabupaten Kutai Timur (2021)
9. Nasmik Perlindungan Produk Lokal Kabupaten Malinau (2022)
10. Nasmik Reward dan Kemudahan Penanaman Modal Kabupaten Mahakam Ulum (2022)

PELATIHAN DAN SEMINAR

1. Financial Programing and Policies: Kasus Indonesia (Bank Indonesia, Palangkaraya, 2015)
2. The Internasional Conference Social Studies Educatioan “ Social Studies and Entrepreneurship ini Digital Era” Unesa Surabaya 2016.
3. International Conference on Economics, Business and Economic Education Science (ICE-BEES). UNNES, Semarang 2018.

4. Annual International Conference on Economic in Developing Countries (AICEDC). FEB. Jember, 2018
5. FGD dan Seminar Akhir Evaluasi Kinerja Pembangunan Daerah, Bappenas (Ujung Pandang, Denpasar, Bogor dan Jakarta) 2018
6. Green Growth. INDEF School of Political Economy, FEB Unmul Samarinda 2019.
7. Ekonomi Makro Islami (Konsumsi, Investasi, Uang dan Moneter, Pendapatan Nasional (IQTISHAD, Ekonomi Syariah) 2021

BUKU REFERENSI/BAHAN AJAR

1. Ekonomi Mikro Vertagama 2016. (ISBN: 978-602-74938-2-7)
2. Evaluasi Kinerja Pembangunan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Tahun .2019 (ISBN : 978-623-7187-05-9)
3. Simulasi Mikroekonometrika Berbasis Demand dan Regresi 2020 (ISBN : 978-602-5431-92-0).
4. Ekonomi Mikro Vertagama 2 . 2021 (ISBN : 978-623-6805-29-9)
5. Ekonomi Internasional, Pengetahuan dan Ketrampilan Dasar.2022 (ISBN : 978-623-5647-76-0)
6. Pertumbuhan Ekonomi dalam Perspektif Lingkungan (ISBN : 978-623-6805-62-6)

Samarinda, 27 September 2024

Prof. Dr. H. Priyagus, S.E., M.Si.



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Usman Sain, S.Si., M.Si.

POTENSI BIOAKTIVITAS HUTAN MANGROVE
KALIMANTAN TIMUR

27 September 2024
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Usman Sain, S.Si., M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
SINOPSIS.....	4
A. Pendahuluan	6
B. Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove	7
<i>Avicennia marina</i>	7
<i>Rhizophora mucronata</i>	8
<i>Sonneratia caseolaris</i>	8
C. Tumbuhan Mangrove dan Manfaatnya	9
D. Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan Mangrove.....	11
E. Senyawa Metabolit Sekunder yang telah diisolasi Tumbuhan Mangrove	14
F. Senyawa Kimia aktif dan Bioaktivitas Tumbuhan Mangrove Kalimantan Timur	19
G. Senyawa Metabolit Sekunder Beberapa Jenis Tumbuhan Mangrove.....	22
<i>Aktivitas Antimikroba</i>	23
<i>Aktivitas Antioksidan</i>	25
<i>Antimalaria</i>	28
<i>Antidiabetes</i>	31
<i>Toksistas Terhadap Artemia salina</i>	32
<i>Aktivitas Antikanker</i>	33
H. Kesimpulan	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
UCAPAN TERIMA KASIH.....	43
CURRICULUM VITAE.....	45

SINOPSIS

Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan mangrove terluas di dunia, Sementara daerah yang memiliki hutan mangrove terluas di Indonesia yaitu Papua (Irian Jaya), Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Bali, dan Maluku. Penelitian yang terkait eksplorasi kandungan senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas tumbuhan mangrove di beberapa daerah kawasan Kalimantan Timur, telah dilaksanakan sejak tahun 2014 hingga sampai tahun 2023. Penelitian yang telah dilakukan meliputi penelusuran senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas pada beberapa jenis tumbuhan mangrove yang terdapat didaerah Pantai Sambera. Pesisir Pantai Muara Badak, dan Bontang, Kalimantan Timur. Spesies tumbuhan mangrove yang dijadikan sebagai obyek dalam penelitian yaitu *Avicennia* Sp., *Rhizophora* Sp, *Sonneratia* Sp. Bagian jaringan tumbuhan mangrove yang digunakan adalah; daun, buah, kulit batang, kayu batang, dan akar. Tumbuhan mangrove tersebut mengandung senyawa metabolit sekunder golongan; alkaloid, flavonoid, senyawa fenolik, steroid, triterpenoid, tannin, dan saponin.

Beberapa hasil penelitian telah dilaporkan bahwa beberapa spesies tumbuhan mangrove dengan bioaktivitasnya adalah sebagai berikut; Ekstrak *Avicennia alba*, dan *Avicennia marina* memiliki memiliki bioaktivitas sebagai antimikroba, bersifat toksit terhadap *A. salina*, anti-oksidan, anti-malaria, anti-kanker, dan anti-diabetes. Ekstrak *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* memiliki aktivitas sebagai anti-bakteri, anti-jamur, anti-oksidan, anti-diabetes, anti-malaria, anti-proliferasi terhadap sel kanker serviks dan juga bersifat toksit terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*. Sedangkan ekstrak *Sonneratia alba* dan *Sonneratia caseolaris* memiliki aktivitas sebagai antibakteri, antioksidan, antimalaria, anti-proliferasi terhadap sel

kanker serviks, antidiabetes, bersifat toksit terhadap *Artemia salina* dan juga larva nyamuk *Aedes aegypti*.

Senyawa bioaktif golongan steroid yang telah diisolasi dari tumbuhan mangrove tersebut terdiri dari: Stigmasterol, β -sitosterol, trimetil- 3β -sitosterol, dan Sitosteril yang masing-masing memiliki aktivitas sebagai; anti-malaria, anti-kanker, anti-oksidan, anti-inflamatori, dan anti-diabetes. Dua senyawa golongan triterpenoid yaitu taraxerol dan asam betulinat yang berkhasiat sebagai anti-malaria, anti-mikroba, dan anti-inflamatori. Kemudian senyawa golongan flavonoid yaitu ornitin dan luteolin yang bersifat sebagai antidiabetes dan antikanker. Serta senyawa golongan alkaloid yaitu reserpin yang memiliki aktivitas antimikroba dan anti-diabetes.

Tumbuhan mangrove Kalimantan Timur merupakan sumber senyawa metabolit sekunder yang memiliki bioaktivitas yang beragam sehingga tumbuhan mangrove Kalimantan Timur berpotensi dikembangkan sebagai sumber bahan obat alami.

Namun seiring perkembangan wisata bahari dan pembukaan lahan tambak baru maka ekosistem hutan mangrove di kawasan Kalimantan Timur secara khusus dan hutan mangrove Indonesia secara umum semakin berkurang jumlahnya, sehingga pemerintah daerah dan pemerintah pusat harus serius dalam menjaga kelestarian hutan mangrove Indonesia.

A. Pendahuluan

Hutan mangrove tersebar luas dan banyak di temui di daerah sekitar garis khatulistiwa atau ekuator, yakni daerah yang memiliki iklim tropis, dan sedikit di daerah yang memiliki iklim sub tropika. Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan mangrove terluas di dunia, yaitu sekitar 3,5 juta hektar . Kemudian diikuti Brazil yang memiliki hutan mangrove sekitar 1,3 juta hektar. Nigeria dan Australia memiliki hutan mangrove 1,1 juta hektar, dan 0.97 hektar. Luas hutan mangrove yang dimiliki Indonesia ini sekitar 25% dari total semua hutan mangrove yang ada di dunia. Meskipun jumlahnya banyak, namun sebagian dari kondisi hutan mangrove tersebut kondisinya rusak.

Hutan mangrove yang paling luas di Indonesia terdapat di daerah Papua (Irian Jaya) yang memiliki hutan mangrove sekitar 1,3 juta hektar (38%), Kalimantan dengan luas hutan mangrove sekitar 900 ribu hektar (28%) dan daerah Sumatera yang memiliki hutang mangrove sekitar 673 ribu hektar (19%). Pada wilayah tersebut mangrove tumbuh dan berkembang dengan baik pada pesisir pantai dan sungai yang besar dan terlindung. Tempat ini juga merupakan tembat bermuaranya berbagai sungai- sungai besar, yakni di pantai timur Sumatera dan pantai barat serta selatan Kalimantan. Selain itu hutan mangrove terdapat di pantai utara Pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi, dan Paua namun di wilayah ini kondisi hutan mangrove yang ada telah lama terkikis oleh kebutuhan penduduknya terhadap lahan yang ada.

Hutan mangrove Kalimantan Timur tersebar di wilayah Delta Mahakam Kutai Kartanegara, Bontang, Samarinda, Balikpapan, Penajam Paser Utara dan Tanah Grogot. Beberapa jenis mangrove yang terdapat di hutan mangrove Kalimantan Timur adalah jenis *Rhizophora* sp, *Bruguiera* sp, *Avicennia* sp, *Acanthus illicifolius*, *Acrostichum aureun*, *Aegiceras*

corniculatum, *Heritiera littoralis*, *Hibiscustiliaceous*, *Lumnitzera racemosa*, *Nypa fruticans*, *Xilocharpus* sp, *Sonneratia* sp dan *Ceriop* sp (Hariyadi, 2015; Suyarso, 2000).

B. Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove

Hutan Mangrove Indonesia tercatat sekitar 202 jenis tumbuhan mangrove, meliputi 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit dan 1 jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis (diantaranya 33 jenis pohon dan beberapa jenis perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati mayor (utama), mangrove sejati minor (tambahan), sementara jenis lain ditemukan disekitar mangrove dan dikenal sebagai jenis mangrove ikutan (associate).

Avicennia marina

Avicennia marina (api-api putih) adalah jenis mangrove yang termasuk dalam kategori mangrove mayor. Status tersebut menyebabkan *A. marina* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. Kerabat lain *A. marina* yang biasa dijumpai hidup bersama adalah *Avicennia alba* (api-api hitam), *Avicennia officinalis* (api-api daun lebar) serta *Avicennia rumhiana* yang mulai jarang ditemukan. Keempat jenis tumbuhan mangrove tersebut banyak ditemukan di Indonesia. Kebanyakan jenis ini merupakan jenis pionir dan oportunistik, serta mudah tumbuh kembali. Pohon-pohon api-api yang tumbang atau rusak dapat segera tumbuh kembali, sehingga mempercepat pemulihan tegakan yang rusak. Akar napas api-api yang padat, rapat dan banyak sangat efektif untuk menangkap dan menahan lumpur serta berbagai sampah yang terhanyut di perairan. Jalinan perakaran ini juga menjadi tempat mencari makanan bagi aneka jenis kepiting bakau, siput dan teritip.

Rhizophora mucronata

Rhizophora mucronata merupakan jenis *Rhizophora* yang mudah dikenali dari propagulnya yang paling panjang dibandingkan jenis lainnya. Propagulnya dapat mencapai panjang 70 cm dengan diameter 3-4 cm. Terdapat bintil-bintil pada permukaan propagul bakau jenis ini, menjadikan permukaannya kasar. Daun *R. mucronata* juga paling lebar diantara jenis *Rhizophora* lain, dengan ujung meruncing. Bunganya agak besar berwarna kuning yang terdiri dari 6-8 bunga per kelompok.

Sonneratia caseolaris

Menurut Onrizal (2008) dan Noor dkk. (2006), *S. caseolaris* L., merupakan pohon, dengan ketinggian mencapai 15 m, jarang mencapai 20 m. Memiliki akar nafas vertikal seperti kerucut (tinggi hingga 1 m) yang banyak dan sangat kuat, ujung cabang/ranting terkulai, dan berbentuk segi empat pada saat muda. Daun gagang/tangkai daun kemerahan, lebar dan sangat pendek, letak sederhana dan berlawanan, bentuk bulat memanjang, ujung membundar, ukuran bervariasi, 5-13 x 2-5 cm. Bunga, pucuk bunga bulat telur ketika mekar penuh, tabung kelopak bunga berbentuk mangkok biasanya tanpa urat, letak di ujung, formasi soliter-kelompok (1-3 bunga per kelompok). Daun mahkota merah, ukuran 17-35 x 1,5-3,5 mm, mudah rontok. kelopak bunga 6-8; berkulit, bagian luar hijau, di dalam putih kekuningan hingga kehijauan, benang sari banyak, ujungnya putih dan pangkalnya merah, mudah rontok. Buah seperti bola, ujungnya bertangkai dan bagian dasarnya terbungkus kelopak bunga, ukuran lebih besar dari *S. alba*, bijinya lebih banyak (800-1200). Ukuran buah diameter 6-8 cm.

S. caseolaris tumbuh di bagian yang kurang asin di hutan mangrove, pada tanah lumpur yang dalam, seringkali sepanjang sungai kecil dengan air yang mengalir pelan dan terpengaruh oleh pasang surut.

Tidak pernah tumbuh pada pematang/daerah berkarang juga tumbuh di sepanjang sungai, mulai dari bagian hulu dimana pengaruh pasang surut masih terasa, serta di areal yang masih didominasi oleh air tawar. Tidak toleran terhadap naungan. Ketika bunga berkembang penuh, bunga berisi banyak nektar perbungaan terjadi sepanjang tahun, biji mengapung, selama hujan lebat, kecenderungan pertumbuhan daun akan berubah dari horizontal menjadi vertical.

C. Tumbuhan Mangrove dan Manfaatnya

Jenis tumbuhan mangrove yang digunakan oleh masyarakat secara turun-temurun sebagai obat tradisional untuk mengobati beberapa penyakit diantaranya; *Acanthus ilicifolius* berkhasiat sebagai obat asma, diabetes, hepatitis, reumatik, penyakit kulit, sakit perut, borok. *Avencennia alba* digunakan sebagai obat; asma, diabetes, hepatitis, penyakit kulit, antibisa, diare, antiseptik, reumatik, cacar dan borok. *Rhizophora* Sp berkhasiat untuk obat bengkak dan keseleo, asma, diabetes dan hepatitis, lepra, neuralgia, antibisa, antifertilitas, diareantiseptik, paralisis, penyakit mata, dan penyakit infeksi lainnya (Sarno dkk., 2013; Suryanti dkk., 2007). Mangrove jenis *Sonneratia alba* digunakan sebagai obat; diare, luka, dan demam (Noor, dkk., 2006; Harizon, dkk. 2014). Ekstrak daun, batang dan buah dari *Xilocarpus* Sp digunakan untuk mengobati penyakit; antiinflamatori, malaria, disentri, diare, kolera, antiulcer, antifilarial, dan antidiabetes (Swagat et al., 2014).

Tumbuhan mangrove mengandung senyawa golongan metabolit sekunder seperti; alkaloid, steroid, terpenoid, saponin dan tanin (Sutarno, 2000). Hasil penelusuran senyawa golongan metabolit sekunder pada tanaman *Sonneratia* Sp mengandung senyawa triterpenoid (Chaiyadej, et al., 2004; Minqing et al., 2009), flavonoid (Minqing et al., 2009), steroid (Priya et al., 2012), asam lemak (Oku et al., 2003) dan bifenil

(Priya et al., 2012), serta menunjukkan aktivitas biologis beragam, seperti antibakteri, antiinflamasi, dan efek insektisidal. Selanjutnya kandungan senyawa golongan metabolit sekunder dan bioaktivitas dari *Xylocarpus* Sp yaitu alkaloid, steroid, tannin, triterpen, limonoid, flavonoid, proantosianidin, dan saponin. Dengan berbagai bioaktivitas diantaranya adalah antimikroba, antifilarial, antidiabetes, antimalaria, antikanker, antioksidan, dan bersifat sitotoksik. Beberapa jenis tumbuhan mangrove dengan berbagai bioaktivitas (Khasia medis) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa Jenis/Spesies Tumbuhan Mangrove dan Bioaktivitasnya

Jenis Mangrove	Ekstrak Jaringan Mangrove	Bioaktivitas (Khasiat Medis)
<i>Acanthus ilicifolius</i>	Daun, batang, buah, dan akar	Antijamur, Analgesik, anti inflamasi, pembersih darah, antidiabetik, antivirus, Memperbaiki stres oksidatif di otak tikus
<i>Aegiceras majus</i>	Daun dan batang	Pengobatan hematuria, antidiabetic
<i>Avicennia alba</i>	Daun dan batang	Antibakteri, antikanker, dan antiulcer
<i>Avicennia marina</i>	Daun, kulit batang dan batang	Antimikroba, sitotoksik terhadap A salina, antifouling, pengobatan penyakit cacar, maag, dan reumatik
<i>Avicennia officinalis</i>	Daun, batang, dan buah	Antibakteri, pengobatan alzheimer, afrodisiak, obat hepatitis, kusta dan antikanker
<i>Bruguiera conjugata</i>	Kulit batang dan batang	Antidiabetes
<i>Bruguiera cylindrica</i>	Daun, akar, dan buah	Antimikroba, sitotoksik terhadap A.salina,

Jenis Mangrove	Ekstrak Jaringan Mangrove	Bioaktivitas (Khasiat Medis)
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Buah dan daun	aktivitas antifouling, aktivitas ichthyotoxic Antihemolitik, sitotoksik terhadap A.salina dan sel kanker payudara, dan antibakteri
<i>Ceriops decandra</i>	Batang, daun, dan buah	Pengobatan hepatitis dan antiulkus
<i>Heritiera littoralis</i>	Kulit batang, baang, buah, dan daun	Pengobatan diare, antijamur, antijamur
<i>Xylocarpus granatum</i>	Ekstrak kulit batang, dan batang	Aktivitas antibakteri, mengobati demam, malaria, kolera dan antidiabetes
<i>Xylocarpus granatum</i>	Ekstrak batang, dan buah	Mengobati demam, malaria, nafrodisiak dan antidiabetes

D. Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan Mangrove

Senyawa golongan metabolit sekunder dihasilkan dalam jumlah kecil dan dalam kondisi khusus misalnya untuk pertahanan terhadap serangan hama, cuaca ekstrim atau kondisi tertekan, sehingga senyawa tersebut tidak diproduksi secara universal atau hanya diproduksi oleh spesies tertentu, dan bersifat bioaktif spesifik untuk proses pertahanan tumbuhan (Edreva et al., 2008). efektivitas senyawa metabolit sekunder dalam sistem pertahanan tumbuhan memberi implikasi bahwa senyawa metabolit sekunder mempunyai makna penting farmakologi yang dapat dimanfaatkan untuk mengobati berbagai penyakit yang menyerang manusia (Mans, 2013).

Sampai saat ini lebih dari 200 senyawa metabolit sekunder yang bersifat bioaktif telah diisolasi dari

berbagai spesies mangrove tropis dan sub tropis. Ekstrak dari beberapa spesies mangrove secara biologis mengandung senyawa aktif antiviral, antibakteri dan antijamur (Okeke et al, 2001). Menurut Prabhu dan Guruvayoorappan (2012) mengungkapkan bahwa kandungan senyawa metabolit sekunder dari beberapa spesies mangrove memiliki aktivitas biologis diantaranya aktivitas antioksidan, antitumor, antiinflamatori, antialergi, antimikroba, antiarterosklerotik dan antituberkulosis. Ekstrak etanol daun mangrove *Avicennia* sp, *Rhizophora* sp, dan *Sonneratia* sp. mengandung senyawa golongan metabolit sekunder; alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, senyawa fenolik, tannin, dan saponin. Ekstrak etanol daun ketiga jenis umbuhan mangrove memiliki aktivitas antidiabetes (Usman, dkk., 2019), Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Kimia dan dari Beberapa Tumbuhan Mangrove

Jenis (Spesies) Mangrove	Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder
<i>Acanthus ebracteatus</i>	Alkaloid, karbohidrat, flavonoid, asam lemak, hidrokarbon, lipid, polisakarida, protein, saponin, steroid, dan tannins
<i>Acanthus ilicifolius</i>	Alkaloid, rantai karbon panjang alkohol, steroid, triterpene, asam lemak, steroid, terpenoid, feno, dan karbohidrat
<i>Acrostichum aureum</i>	Asam amino, diterpen, flavonoid, hidrokarbon, sesquiterpen, dan steroid
<i>Avicennia alba</i>	Lipid, hidrokarbon, naftoquinon, flavonoid, senyawa fenolik, dan alkaloid, Alcohols, asam amino, karbohidrat, asam lemak, hidrokarbon, asam karboksilat, steroid, tanin, triterpen, vitamin, flavonoid, fenolik, alkaloid, dan triterpenoid

Jenis (Species) Mangrove	Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder
<i>Avicennia officinalis</i>	Alkaloid, karbohidrat, flavonoid, glikosida, lipid, polifenol, protein, saponin, dan tanin
<i>Aegiceras majus</i>	Alkaloid, benzofuran, flavonoid, saponin, tanin, dan triterpene
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Antosianin, karbohidrat, karotenoid, catechin, asam lemak, lipid, flavan, senyawa fenoli, protein, steroid, asam karboksilat, dan triterpene
<i>Bruguiera sexangular</i>	Antosianin, karbohidrat, asam lemak, hidrokarbon, lipid, senyawa fenoli, protein, steroid, alkaloid, dan tanin
<i>Ceriops decandra</i>	Flavonoid, polifenol, protein, steroid, tanin, triterpen, dan alkaloid
<i>Ceriops tagal</i>	Asam lemak, hidrokarbon, steroid, alkaloid, polifenol, protein, dan tanin
<i>Excoecaria agallocha</i>	Alkaloid, polifenol, protein, saponin, steroid, gula, tanin, triterpene, dan asam lemak
<i>Heritiera fomes</i>	Polifenol, protein, dan tanin
<i>Lumnitzera racemose</i>	Ciclitol, gula, tannin
<i>Nypa fruticans</i>	Asam asetat, etanol, dan gula
<i>Rhizophora apiculata</i>	Senyawa fenolic, steroid, triterpene, flavonoid, alkaloid, triterpenoid, dan carotenoid,
<i>Rhizophora mucronata</i>	Alkaloid, flavonoid, lipid, inositol, triterpene, senyawa fenolik, dan tanin
<i>Rhizophora gymnorrhiza</i>	Antosianin, antosianidin, steroid, tannin, dan triterpene
<i>Sonneratia alba</i>	Sukosa, glukosa, fruktosa, dan tanin
<i>Sonneratia apetala</i>	Triterpene, steroid, asam karbosilat, laktone, dan polifenol
<i>Xylocarpus granatum</i>	Alkaloid, asam amino, karbohidrat, asam lemak, flavonoid, hidrokarbon, limonoid, polifenol, saponin, steroid, dan sugar

E. Senyawa Metabolit Sekunder yang telah diisolasi Tumbuhan Mangrove

Tumbuhan merupakan sumber alami yang melimpah sehingga menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara tropis yang memiliki potensi besar dalam pengembangan obat yang bersumber dari tumbuh-tumbuhan. Senyawa metabolit sekunder yang memiliki bioaktivitas yang bermanfaat bagi kesehatan manusia akan menjadi sumber ketersediaan bahan baku obat herbal maupun sebagai bahan baku langsung dalam pembuatan obat-obat modern. Beberapa senyawa yang diisolasi dari tumbuh mangrove dan telah dimanfaatkan sebagai bahan baku obat. Senyawa yang telah diisolasi dari tumbuhan mangrove dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Senyawa Hasil Isolasi dari Beberapa Jenis/Spesies Tumbuhan Mangrove

Jenis Mangrove	Senyawa Hasil Isolasi	Spektroskopi
<i>Aegiceras corniculatum</i>	Dihydroxy-3-tridecyl-1,4-benzoquinone, 2,5-dihydroxy-3-undecyl-1,4-benzoquinone, 5-O-Methylembelin	UV, IR
<i>Avicennia marina</i>	Naphthoquinones, Avicennones A-G, Avicequinone A, Avicenols Stenocarpoquinone B, 2-propenoic acid, 3-phenyl ester, 3-acetyl methoxyphenyl	UV, IR, ESI-MS
<i>Avicennia officinalis</i>	Diterpenoids, Seven labdanes, Flavon-Velutin; Hydroxy-4-methoxybenzoic acid, Diethyl phthalate, Oleic acid.	IR, H-NMR, C-NMR, FAB-MS

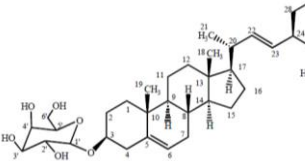
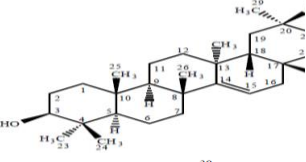
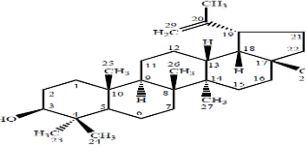
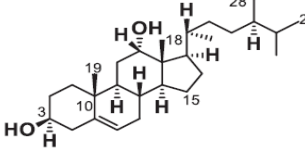
Jenis Mangrove	Senyawa Hasil Isolasi	Spektroskopi
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Gymnorrhizol, Four ent-kauranes, Pimaranes, Brugierol	NMR, Circular Dichroism (CD)
<i>Ceriops decandra</i>	Ceriopsin A-G, steviol, methyl ent-16b,17-dihydroxy-9(11)-kauren-19-oate, ent-16b,17-dihydroxy-9(11)-kauren-19-oic acid	Single-crystal X-ray analysis, Single crystal X-Ray diffraction
<i>Excoecaria agallocha</i>	Phorbol ester, ent-isopimarane diterpenoid, Agallochin A-E, Agallochaone A, 8,13-epoxy-14-1abden-3-one and Excoecarin A,B	DEPT, COSY, NOESY, HMQC, HMBC dan MS
<i>Laguncularia racemosa</i>	Triacontanol, taraxerol, b-amyrin, betulin, b-sitosterol and friedelin	Tidak disebutkan
<i>Rhizophora apiculata</i>	Taraxerol careaborin, pyrethrin, Taraxeryl cis-p-hydroxycinnamate, gallic acid, rutin, ascorbic acid, quercetin, kaempferol	
<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophorin A-E, 1,4-Benzenediol; 2-Furancarboxaldehyde, 5-hydroxymethyl 4-hydroxy benzenesulfonic acid	Tidak disebutkan
<i>Sarcolobus globosus</i>	Sarcolobin, Tephrosin, 12aa-hydroxydeguelin, 11-hydroxytephrosin, 12a-hydroxyrotenone, 6aa, 12aa-12a-hydroxyelliptone, 6a, 12a-dehydrodeguelin, Barbigerone, 6,7-dimethoxy-2,3-dihydrochromone, Genistin, Vanillic acid, 4-O-β-D-glucoside,	Tidak disebutkan

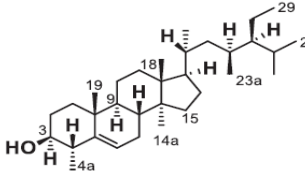
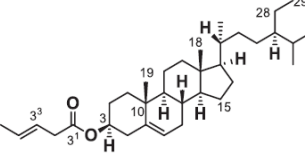
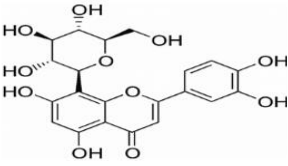
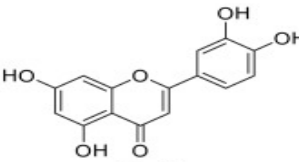
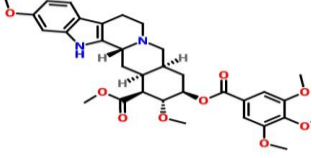
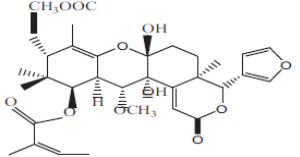
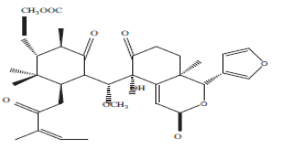
Jenis Mangrove	Senyawa Hasil Isolasi	Spektroskopi
<i>Sonneratia caseolaris</i>	Glucosyringic acid, Tachioside, Isotachioside. Luteolin, luteolin 7-O- β -glucoside	MS
<i>Xylocarpus granatum</i>	Catechin, Epicatechin, Procyanadin B1, Procyanidin trimer, Procyanidin pentamer, Xylocensin O, Xylocensin P, Gedunin Xylomollin, Catechin, Epicatechin, Procyanidin B1, Procyanidin trimer, Procyanidin Pentamer, Procyanidin hexamer, Procyanidin decamer, Procyanidin, Undecamer, 12a-Hydroxyrotenone, 12aa- Hydroxyrotenone,	1H- NMR, 13C- NMR
<i>Xylocarpus moluccensis</i>		1H- NMR, 13C- NMR

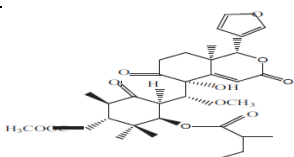
Hasil penelusuran senyawa bioaktif yang telah diisolasi dari ekstrak daun tumbuhan mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora Stylosa* adalah senyawa golongan triterpenoid yaitu Stigmasterol-3-O- β -D galaktopiranosida (1), Taraxerol (2), dan Asam betulinat (3), dimana ketiga senyawa ini memiliki khasiat sebagai obat antimalaria, antitumor, antikanker, antimikroba, obat antiinflamasi, diuretik, antivirus, antidiabetik, antiparasit, dan antioksidan (de-Sá et al., 2009; OliveiraCosta et al., 2014; Jiang et al., 2021). Kemudian golongan steroid yaitu; 12 α -hidroksi-3 β -sitosterol (4), 4, 14, 23-trimetil-3 β -sitosterol (5), dan Sitosteril-3 β -(33E)-pent-33-enoat (6) yang berasal dari tumbuhan mangrove spesies *Rhizophora mucronata*, dan memiliki bioaktivitas sebagai Antidiabetik, antiinflamatori, toksisitas terhadap *Artemia salina*, antidiabetik dan antioksidan. Senyawa golongan flavonoid yaitu: senyawa Ornitin (7), luteolin (8), dan reserpin (9) dengan berbagai khasiat

yang bermanfaat bagi kesehatan manusia diantaranya sebagai antihipertensi, anti-asma, anti-karsinogenik, antioksidan, antidiabetes, antibakteri, antivirus, dan antikanker yang masing-masing diisolasi dari tumbuhan mangrove spesies *Sonneratia alba*. Selanjutnya senyawa senyawa Xilogratin A (10), Xilogratin B (11), dan Granaxylocapin A (12) yang berhasil diisolasi dari tumbuhan mangrove jenis *Xilocarpus granatum*. Senyawa ini memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antidiabetik, dan antikanker. Beberapa kandungan senyawa bioaktif yang telah diisolasi dari ekstrak tumbuhan mangrove selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Struktur Kimia dan Senyawa Bioaktif dari Tumbuhan Mangrove

No	Nama Senyawa	Struktur Molekul	Khasiat
1	Stigmasterol-3-O- β -D galaktopirano sida		Antimalaria, Antitumor, Antikanker dan Antioksidan
2	Taraxerol		Antimalaria, Pengobatan penyakit neurodegeneratif, antimikroba,
3	Asam betulinat		Antiinflamato ri, Antimalaria,
4	12 α -hidroksi-3 β -sitosterol		Toksisik terhadap <i>Artemia salina</i> , Antiinflamato ri, Antidiabetik,

No	Nama Senyawa	Struktur Molekul	Khasiat
5	4, 14, 23-trimetil-3 β -sitosterol		dan Antioksidan Antiinflamato ri dan Antioksidan
6	Sitosteril-3 β -(3 ³ E)-pent-3 ³ -enoat (6)		Antiinflamato ri dan Antioksidan
7	Ornitin		Antidiabetes
8	Luteolin		Antidiabetes
9	Reserpin		Antidiabetes
10	Xilogratin A		Antikanker, antidiabetes,
11	Xilogratin B		Antikanker

No	Nama Senyawa	Struktur Molekul	Khasiat
12	Granaxylocapin A		Antikanker

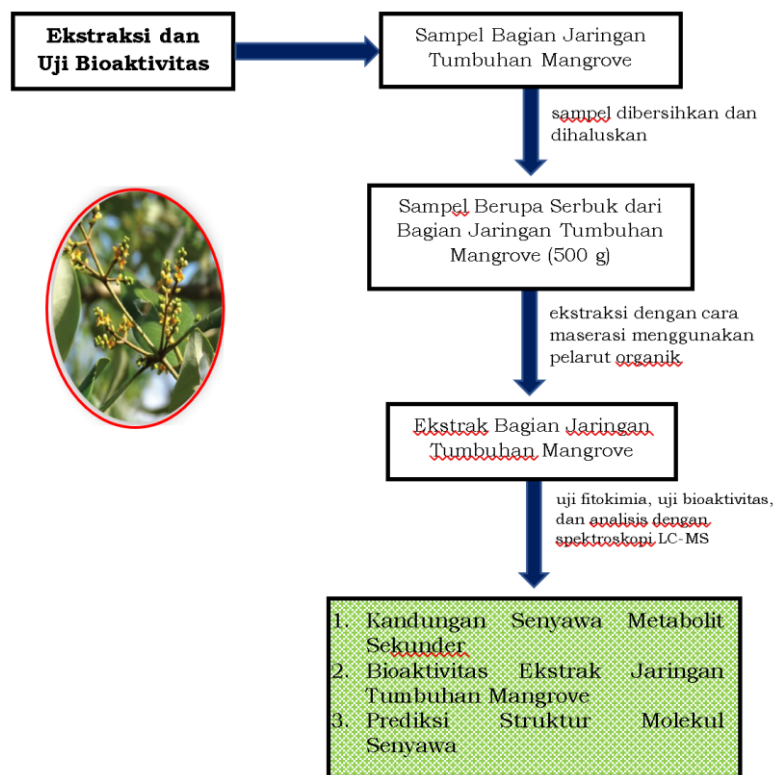
F. Senyawa Kimia aktif dan Bioaktivitas Tumbuhan Mangrove Kalimantan Timur

Jenis mangrove yang terdapat di Kawasan hutan mangrove Kalimantan Timur diantaranya adalah jenis *Rhizophora sp*, *Bruguiera sp*, *Avicennia sp*, *Acanthus illicifolius*, *Acrostichum aureum*, *Aegiceras corniculatum*, *Heritiera littoralis*, *Hibiscus tiliaceus*, *Lumnitzera racemosa*, *Nypa fruticans*, *Xilocharpus sp*, *Sonneratia sp* dan *Ceriop sp* (Hariyadi, 2015; Suyarso, 2000). Manfaat tumbuhan mangrove ini sangat besar bagi kehidupan manusia yaitu sebagai bahan bakar, bahan bangunan, alat penangkap ikan, makanan, minuman, peralatan rumah tangga, pertanian (pupuk), produk kertas, obat, dan manfaat ekologi (sebagai *fishingground* bagi organisme laut). Tumbuhan mangrove secara turun temurun dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan berkhasiat obat. Kemampuan khasiat obat dari suatu tumbuhan berkaitan dengan kandungan senyawa kimianya.

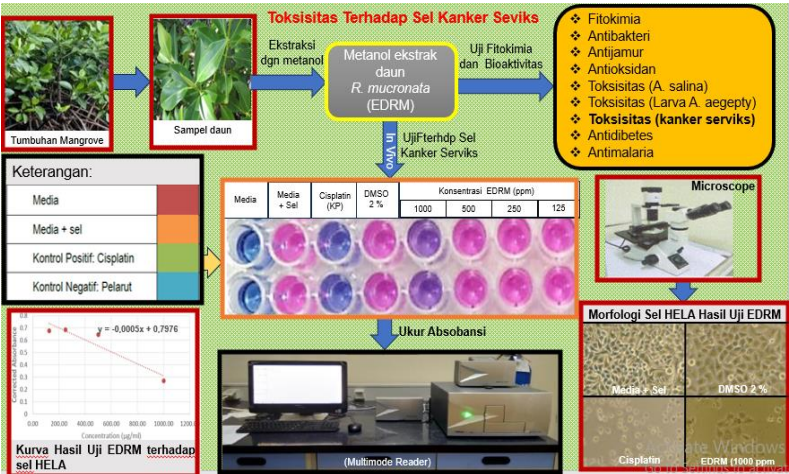
Senyawa kimia aktif yang dimiliki tumbuhan mangrove adalah golongan senyawa flavonoid, terpenoid, alkaloid, steroid, tanin, dan saponin (Usman dkk., 2019; G. Eswaraiah, et al., 2020). Oleh karena itu masyarakat di daerah pesisir banyak memanfaatkan tumbuhan mangrove sebagai obat dalam mengobati penyakit seperti penyakit kulit, asma, diabetes, hepatitis, reumatik, sakit perut, diare, penyakit infeksi, penyakit mata, hepatitis, antimalaria, demam, keseleo, antiulcer, neuralgia, dan antiinflamatori. Bagian jaringan tumbuhan mangrove yang digunakan sebagai

bahan obat yaitu bagian jaringan; akar, kulit batang, daun, dan kayu batang. Hal ini berarti eksplorasi kandungan senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas pada tumbuhan mangrove yang berasal dari Kalimantan Timur, berpotensi dikembangkan sebagai obat.

Penelitian yang terkait eksplorasi kandungan senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas tumbuhan mangrove di daerah Kawasan Kalimantan Timur, telah dilakukan sejak tahun 2014 hingga sampai tahun 2023. Penelitian yang telah dilakukan diantaranya adalah melakukan penelusuran senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas pada beberapa jenis tumbuhan mangrove yang terdapat di daerah Pantai Sambera dan Pesisir Pantai Muara Badak (Kutai Kartanegara), serta hutan mangrove Bontang, Kalimantan Timur. Jenis/spesies tumbuhan mangrove yang dijadikan sebagai sampel dalam penelitian yaitu *Avicennia marina*, *Avicennia officinalis*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Sonneratia alba*, dan *Sonneratia caseolaris*. Bagian jaringan tumbuhan mangrove yang digunakan adalah; daun, buah, kulit batang, kayu batang, dan akar. Proses pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Bagan Ekstraksi, Isolasi, dan Uji Bioaktivitas Tumbuhan Mangrove



Gambar 2. Bagan Uji Bioaktivitas terhadap Sel Kanker Serviks Tumbuhan Mangrove

G. Senyawa Metabolit Sekunder Beberapa Jenis Tumbuhan Mangrove

Dalam penelitian ini uji metabolit sekunder dilakukan melalui uji kualitatif dengan metode warna yang dideteksi dengan reagen. Beberapa uji metabolit sekunder yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, senyawa fenolik, tannin, dan saponin. Berikut hasil uji metabolit sekunder ekstrak beberapa jenis tumbuhan mangrove seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan senyawa metabolit sekunder beberapa jenis tumbuhan mangrove.

Jenis Mangrove	Senyawa Metabolit sekunder							Aktivitas Farmakologi
	Alkaloid	Flavonoid	Fenolik	Steroid	Triterpenoid	Tannin	Saponin	
<i>A. alba</i>	+	+	+	+	-	+	+	Toksik terhadap <i>A. salina</i> , aktivitas antioksidan,
<i>A. Marina</i>	+	+	-	+	+	+	-	

Jenis Mangrove	Senyawa Metabolit sekunder							Aktivitas Farmakologi
	Alkaloid	Flavonoid	Fenolik	Steroid	Triterpenoid	Tannin	Saponin	
<i>Ceriops tagal</i>	+	+	+	+	-	-	+	Antibakteri, Antijamur, dan Antikanker Antibakteri, Antihiperglicemic activity Antifungal, Antibacterial
<i>R. Apiculata</i>	+	+	-	+	+	+	-	Antidiabetes, Antiinflamatori, dan Antibakteri, Antioksidan, Toksik terhadap A. salina, Antidiabetes, dan antikanker Antibakteri, Antioksidan, Toksik terhadap A. salina, Antidiabetes
<i>R. mucronata</i>	+	+	+	+	-	+	-	Antibakteri, Antioksidan, Antiinflamasi, Antidiabetes, toksisitas pada larva udang, Antikanker Toksik terhadap A. salina, Antimikroba
<i>R. Stylosa</i>	+	+	+	-	+	+	+	Antibakteri, Antioksidan, Antiinflamasi, Antidiabetes, toksisitas pada larva udang, Antikanker Toksik terhadap A. salina, Antimikroba
<i>S. alba</i>	+	+	+	+	-	+	+	Antibakteri, Antioksidan, Antiinflamasi, Antidiabetes, toksisitas pada larva udang, Antikanker Toksik terhadap A. salina, Antimikroba
<i>S. caseolaris</i>	-	+	-	+	-	+	-	Antibakteri, Antioksidan, Antiinflamasi, Antidiabetes, dan Antikanker,

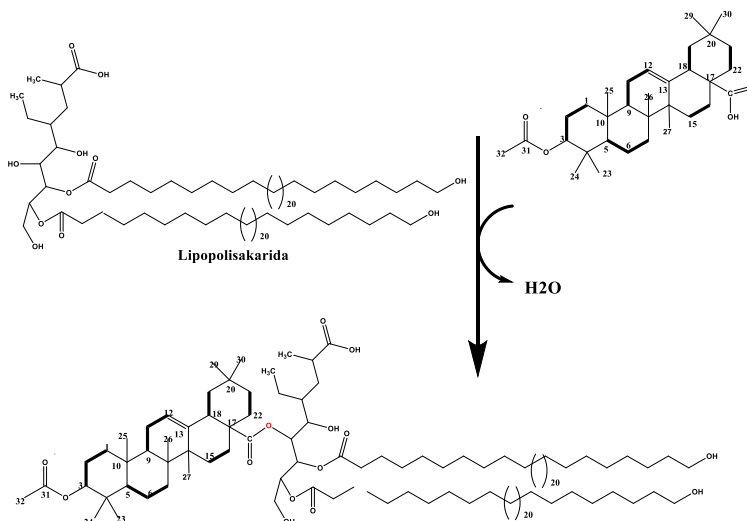
Aktivitas Antimikroba

Infeksi yang disebabkan oleh berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan lain-lainl menimbulkan ancaman serius dan mengakibatkan jutaan kematian di seluruh dunia. Meskipun telah tersedia berbagai jenis obat sintetis untuk melawan mikroorganisme patogen tersebut, namun beberapa diantaranya obat tersebut resistensi terhadap agen antimikroba sehingga dapat memperburuk keadaan. Beberapa tanaman obat yang berasal dari tumbuhan mangrove berpotensi yang menjanjikan untuk tantangan ini. Uji aktivitas antimikroba dilakukan dengan metode difusi cakram, Jenis tumbuhan yang memiliki aktivitas antibakteri yaitu ekstrak akar *C. tagal* menunjukkan aktivitas antibakteri terutama terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*). Sedangkan, ekstrak *S. alba* menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri Gram positif yaitu *Bacillus subtilis*, dan *Bacillus cereus*, masing-masing dengan diameter hambat sebesar 9,9 dan 7 mm, serta terhadap bakteri Gram negatif *Shigella dysenteriae* dengan diameter hambat sebesar 7 mm.

Keberadaan senyawa golongan flavonol, dan senyawa fenolik pada konsentrasi tinggi dapat menembus dinding sel bakteri dan mempresipitasi protein dalam sel bakteri. Sedangkan senyawa fenol pada konsentrasi yang lebih rendah dapat menonaktifkan sistem enzim penting dalam sel bakteri Oliver et al. (2001). Senyawa triterpenoid turunan lupan telah dilaporkan dari mangrove dari *S. alba* menunjukkan aktivitas sebagai antibakteri. (Mairing P. P., dan Ariantari N. P., 2022).

Gambaran reaksi yang terjadi antara senyawa bioaktif (triterpenoid) dengan komponen dinding sel (seperti Gambar 3) merupakan reaksi esterifikasi yang terjadi antara gugus hidroksil dari lipopolisakarida penyusun dinding sel bakteri dengan gugus asam karboksilat dari senyawa bioaktif dari tumbuhan mangrove. Reaksi ini mengakibatkan perubahan

struktur membran lipopolisakarida menjadi tidak simetris dan selanjutnya membran sel akan menggelembung dan menjadi lisis (Eva, 2012).



Gambar 3. Prediksi mekanisme reaksi senyawa 1 dan lipopolisakarida dari Membrane sel.

Senyawa antimikroba merupakan senyawa kimia yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Mekanisme kerja zat antimikroba melalui beberapa cara sebagai berikut: 1) Merusak Dinding Sel, 2) Penghambatan Terhadap Fungsi Membran Sel Mikroba, 3) Penghambatan sintesis Protein, 4) Penhambatan sintesis asam nukleat, 5) Menghambat kerja enzim intraseluler.

Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang dapat melindungi sel-sel dalam tubuh manusia dari kerusakan akibat radikal bebas yang berbahaya. Aktivitas antioksidan dianalisis dengan metode 1,1 difenil-2- pikrilhidrazil (DPPH) sebagai senyawa radikal bebas yang diukur absorbansinya dengan

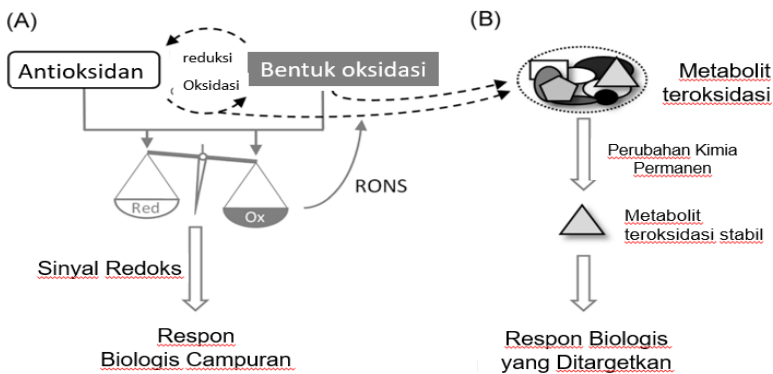
spektrofotometri dan dikorelasikan secara kuantitatif. Suatu ekstrak dikatakan memiliki aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat jika nilai $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$, sedang jika nilai $IC_{50} < 100 \mu\text{g/mL}$ termasuk kategori kuat, kemudian jika $IC_{50} < 1000 \mu\text{g/mL}$ termasuk kategori sedang (moderat), dan jika $IC_{50} > 1000 \mu\text{g/mL}$ termasuk kategori lemah (Molyneux, 2004).

Sampel dari ekstrak metanol daun dan kulit batang mangrove *A. marina* asal Pantai Sambera, Kaltim memiliki aktivitas antioksidan kategori kuat dengan nilai IC_{50} masing-masing adalah $54,023 \mu\text{g/mL}$ dan $71,13 \mu\text{g/mL}$, sehingga sampel dari bagian jaringan *A. marina* berpotensi sebagai zat antioksidan. Berdasarkan laporan hasil uji aktivitas antioksidan menyebutkan bahwa ekstrak metanol daun dan kulit batang *S. alba* menunjukkan aktivitas antioksidan sangat kuat dengan nilai IC_{50} masing-masing adalah $18,62 \mu\text{g/mL}$ dan $22,96 \mu\text{g/mL}$. Sedangkan tumbuhan mangrove jenis *C. tagal* menunjukkan aktivitas antioksidan dengan IC_{50} sebesar $6,67 \mu\text{g/mL}$ dan termasuk kategori sangat kuat. Aktivitas antioksidan tumbuhan mangrove tersebut disebabkan adanya senyawa metabolit sekunder yang terdapat di dalam ekstraknya seperti flavonoid, fenolik, tannin, dan antosianin.

Senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid mampu meningkatkan aktivitas enzim antioksidan sehingga dapat mengurangi stres oksidatif (Lesma et al., 2018). Sementara senyawa golongan alkaloid terutama indol memiliki kemampuan untuk menghentikan reaksi senyawa berantai radikal bebas secara efisien. Senyawa alkaloid lainnya yang bersifat antioksidan adalah quinolon, kafein yang dapat bertindak sebagai peredam radikal, hidroksi dan melatonin yang berperan penting menjaga sel dari pengaruh radiasi dan toksisitas obat-obatan. Senyawa polifenol mempunyai kemampuan untuk menyumbangkan atom hidrogen kepada senyawa

radikal bebas, sehingga aktivitas antioksidan senyawa polifenol dapat dihasilkan pada reaksi netralisasi radikal bebas atau pada penghentian reaksi berantai yang terjadi (Papalia, 2015; Handayani, 2014).

Mekanisme kerja antioksidan dari menangkap spesies oksigen/nitrogen reaktif hingga memberi sinyal redoks dan menghasilkan metabolit sekunder bioaktif disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kontekstualisasi perspektif senyawa kimia dalam kaitannya dengan aktivitas antioksidan

Bagan (A) Peran senyawa antioksidan dalam mengganggu keseimbangan redoks dan jalur biokimia yang dimodulasi redoks. Antioksidan dapat memasuki siklus redoks dan menjalankan bioaktivitasnya melalui bentuk tereduksi dan teroksidasi. Bagan (B) Potensi pentingnya metabolit teroksidasi minor yang stabil secara kimia yang dapat terbentuk karena pembersihan radikal bebas. Bergantung pada sifat kimia antioksidan, jenis ROS/RNS yang dibersihkan, penataan ulang zat antara reaktif yang muncul dan/atau reaksi sekunder lainnya, campuran kompleks metabolit teroksidasi diharapkan hadir dan berinteraksi dengan berbagai mekanisme seluler yang terlibat dalam pengaturan banyak proses biokimia.

Pola metabolit terlokalisasi ini mungkin menjadi karakteristik lingkungan mikro, yang menyiratkan adanya interaksi antara pensinyalan redoks dan "pensinyalan metabolit antioksidan" yang ada bersamaan. Karena metabolit teroksidasi secara individual cenderung menunjukkan kompleksitas kimia yang lebih tinggi daripada antioksidan induknya, mereka juga diharapkan dapat bertindak dengan cara yang lebih terarah.

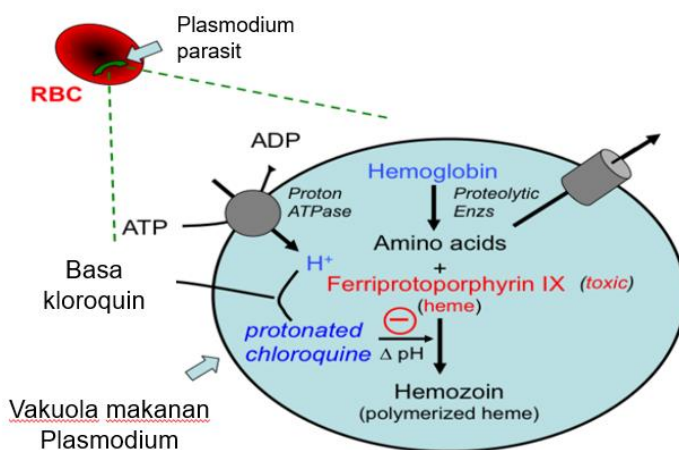
Antimalaria

Aktivitas antimalaria dapat diketahui dengan menghitung nilai IC_{50} dengan cara melakukan analisis probit. Kriteria aktivitas antimalaria secara in vitro terdiri dari 3 bagian, yaitu 1) jika aktivitasnya memiliki nilai $IC_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$ maka ekstrak/senyawa uji dikategorikan sangat baik, 2) jika nilai aktivitas berada pada rentang nilai IC_{50} 10-50 $\mu\text{g/mL}$ maka dikategorikan baik, dan apabila memiliki nilai $IC_{50} \geq 50 \mu\text{g/mL}$ maka IC_{50} termasuk kategori kurang baik. Berdasarkan hasil uji aktivitas antimalaria ekstrak metanol mangrove jenis *A. marina*, memiliki nilai IC_{50} sebesar 57,341 $\mu\text{g/mL}$ dan termasuk kategori kurang baik, ekstrak *R. mucronata* dan *S. casseolaris* memiliki nilai IC_{50} masing-masing sebesar 24,118 $\mu\text{g/mL}$ dan 41,37 $\mu\text{g/mL}$ termasuk dalam kategori. Hal ini berarti ekstrak tumbuhan mangrove dari jenis *R. mucronata* dan *S. casseolaris* yang berasal dari Pantai Sambera Kalimantan Timur menunjukkan aktivitas antimalaria dengan kategori baik. Aktivitas antimalaria dari jenis tumbuhan mangrove *R. mucronata* dan *S. casseolaris* berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder golongan alkaloid, terpen, kuasinoid, flavanoid, limonoid, kalkon, peptida, xanton, kuinon, dan kumarin.

Ekstrak daun mangrove jenis *S. alba* juga menunjukkan aktivitas antimalaria karena mampu menghambat galur galur *Plasmodium berghei* yang

resistan terhadap banyak obat dengan nilai IC_{50} sebesar 3,08 $\mu\text{g/ml}$. Ekstrak metanol daun mangrove *S. alba* diketahui banyak mengandung senyawa kuinon yang bersifat efektif dalam mengurangi tingkat parasitemia pada eritrosit tikus yang terinfeksi oleh protozoa *Plasmodium berghei*. Aktivitas antiplasmodial ekstrak tumbuhan ini lebih baik daripada yang ditunjukkan oleh obat antimalaria standar pyremethamine.

Mekanisme kerja antimalaria dari senyawa klorkuin, kuinolon, dan senyawa bioaktif lainnya (diduga sama) dimana senyawa bioaktif tersebut terkonsentrasi dalam vakuola makanan parasit, mencegah polimerisasi produk hemoglobin, heme, dan menjadi hemozoin dengan demikian menimbulkan toksisitas parasit akibat penumpukan heme seperti yang disajikan pada Gambar 5.

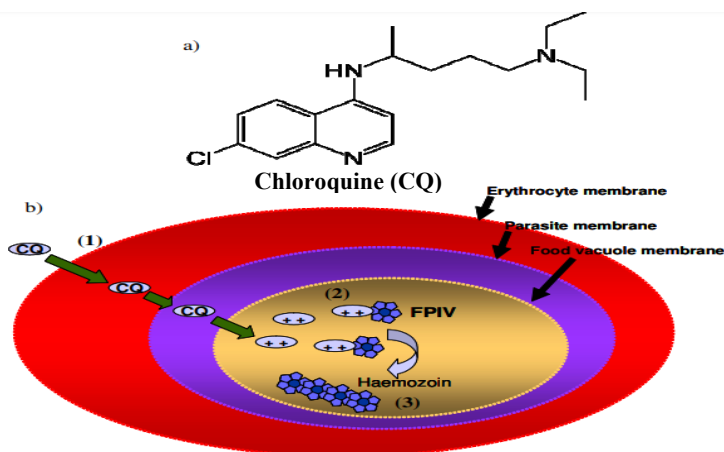


Gambar 5. Mekanisme kerja klorokuin yang diusulkan dalam vakuola makanan parasit

Parasit malaria aseksual berkembang biak dalam eritrosit inang dengan mencerna hemoglobin dalam vakuola makanan yang bersifat asam, suatu proses

yang menghasilkan asam amino, radikal bebas, dan heme (ferriprotoporfirin), dua radikal bebas terakhir merupakan produk sampingan yang sangat reaktif. Basa klorokuin berdifusi ke dalam vakuola makanan dan menjadi terprotonasi (bermuatan) dan terperangkap di dalam vakuola. Akumulasi klorokuin juga meningkatkan pH di dalam vakuola, yang mengurangi laju polimerisasi non-enzimatik ferriprotoporfirin. Hal ini mengakibatkan kerusakan oksidatif dan kematian parasit (Ivers & Ryan, 2012).

Mekanisme yang dijelaskan sebelumnya merupakan jalur utama aksi dari senyawa klorokuin (CQ). Namun laporan hasil penelitian lain menunjukkan bahwa senyawa tersebut efektif juga terhadap stadium parasit yang tidak terlibat dalam metabolisme hem dan tidak memiliki vakuola pencernaan yang terbentuk sepenuhnya. Selain itu, klorokuin juga dapat menurunkan multiplisitas dalam pembelahan inti yang diamati dalam skizon dan menyebabkan sindrom kematian tertunda (ciri khas beberapa antibiotik) yang mengganggu fungsi apikoplas, Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kimia klorokuin (CQ) dan mekanisme aksinya, a) struktur kimia CQ, b)

**mekanisme aksi CQ. Obat berdifusi ke dalam
vakuola pencernaan (1) ketika terprotonasi dan
berikatan dengan hem (2), menghambat
pembentukan hemozoin (3)**

Antidiabetes

Pengobatan penyakit diabetes tidak hanya menggunakan obat konvensional tetapi dapat juga melalui pengobatan komplementer, karena pengobatan konvensional memberikan efek samping seperti gangguan pencernaan (Joeliantina *et al.*, 2019). Pada beberapa tahun terakhir, beberapa peneliti telah mengeksplorasi senyawa bioaktif dari tumbuhan yang berkhasiat sebagai antidiabetes. Salah satu jenis tumbuhan obat yang berpotensi sebagai antidiabetes adalah tumbuhan mangrove, hal ini disebabkan tumbuhan mangrove mengandung senyawa bioaktif yang dapat menurunkan kadar glukosa darah. Peningkatan jumlah penderita dan kompleksitas penyakit mengancam kehidupan manusia sehingga menjadi tantangan bagi peneliti untuk melakukan eksplorasi bahan alam mendapatkan bahan obat alami.

Tumbuhan mangrove memiliki senyawa metabolit sekunder yang beragam dan yang paling dominan adalah senyawa polifenol dan tannin. Kandungan kedua senyawa pada tumbuhan mangrove diketahui sebagai sumber senyawa bioaktif antidiabetes. Pengujian secara *in vivo* dilakukan untuk menguji potensi antidiabetes tumbuhan mangrove *A. marina*, *R. mucronata*, dan *S. caseolaris* dari pesisir Pantai Muara Badak, Kalimantan Timur. Ekstrak etanol dari ketiga jenis daun mangrove tersebut mampu menurunkan kadar glukosa darah tikus diabetes. Ekstrak etanol daun mangrove jenis *R. mucronata* dengan dosis 200 mg/Kg BB + glukosa 2 g/Kg BB memberikan hasil aktivitas antidiabetes yang paling baik dan mampu menurunkan kadar glukosa darah sebesar 31,27%.

Ekstrak etanol buah *Sonneratia ovata* memiliki aktivitas sebagai penghambat α -glukosidase dengan IC_{50} 1,86 $\mu\text{g/mL}$ ($< 10 \mu\text{g/mL}$) (Dona *et al.*, 2021).

Kemampuan ekstrak etanol dari ketiga jenis daun tumbuhan mangrove tersebut dalam menurunkan kadar glukosa darah karena adanya kandungan senyawa alkaloid, flavonoid, dan senyawa fenolik dalam tumbuhan mangrove. Mekanisme kerja senyawa flavonoid yaitu meregenerasi dan merangsang pelepasan insulin oleh sel β pankreas. Kemudian mekanisme penurunan kadar glukosa darah oleh tumbuhan yang bersifat antidiabetik yaitu: 1) memiliki kemampuan sebagai adstringen untuk dapat mengendapkan protein membran mukosa usus dan membentuk lapisan yang melindungi usus, sehingga dapat menghambat asupan glukosa, 2) mempercepat pelepasan glukosa dari sirkulasi dengan mempercepat filtrasi dan ekskresi ginjal, 3) mempercepat pelepasan glukosa melalui peningkatan metabolisme atau memasukkan ke dalam deposit lemak, suatu proses yang melibatkan pankreas untuk memproduksi insulin (Muhtadi, M., 2006).

Toksistas Terhadap *Artemia salina*

Uji toksistas suatu ekstrak atau senyawa menggunakan metode BSLA (Brine Shrimp Lethality Assay (BSLA) dengan menggunakan larva udang (*Artemia salina*). Metode ini cukup praktis karena dengan pengujian ini mudah dilakukan, cepat, dan hemat biaya, serta memberikan indikasi umum potensi sitotoksik dari suatuekstrak kasar atau senyawa yang telah diisolasi. Sehingga memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi sitotoksik ekstrak yang lebih baik untuk melakukan studi sitotoksistas dengan menggunakan sel kanker. Hasil uji toksistas ekstrak metanol bagian jaringan batang, daun, kulit batang, dan akar dari sampel tumbuhan mangrove *R. mucronata* terhadap larva udang *Artemia salina*

menunjukkan nilai LC_{50} masing-masing sebesar 7,053 $\mu\text{g/mL}$; 115,5 $\mu\text{g/mL}$, 258,39 $\mu\text{g/mL}$, dan 5.700, 58 $\mu\text{g/mL}$. Menurut Anderson, *et al.*, (1990) suatu ekstrak dikatakan bersifat sangat toksit (kategori sangat aktif) terhadap larva udang *A. salina* jika nilai $LC_{50} < 100$ $\mu\text{g/mL}$, bersifat toksit (kategori aktif) jika nilai $LC_{50} < 1000$ $\mu\text{g/mL}$, dan tidak bersifat toksit jika $LC_{50} > 1000$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ekstrak bagian jaringan batang mangrove *R. mucronata* termasuk kategori sangat toksit terhadap *A. salina*. Kemudian ekstrak bagian jaringan daun dan kulit batang mangrove tersebut bersifat toksit sedang (moderat), serta ekstrak bagian jaringan akar bersifat toksit lemah terhadap *A. salina*.

Dalam penelitian juga telah dilaporkan bahwa ekstrak daun mangrove *A. marina* bersifat sangat toksit terhadap *A. salina* sedangkan mangrove jenis *R. mucronata*, dan *S. caseolaris* memiliki sifat toksisitas dengan kategori aktif, masing-masing dengan nilai LC_{50} 48,165 ppm, 104,96 ppm, dan 256,135 ppm. Beberapa penelitian menyatakan bahwa potensi aktivitas biologi ekstrak tumbuhan mangrove yang dikaitkan dengan keberadaan senyawa metabolit sekunder terkandung dalam tumbuhan. Korelasi antara keberadaan senyawa metabolit sekunder berbasis tanaman seperti terpenoid, steroid, flavonoid, dan senyawa fenolik terkait dengan berbagai bioaktivitas.

Aktivitas Antikanker

Uji sitotoksik adalah kemampuan sel untuk bertahan hidup karena adanya senyawa toksik yang diberikan. Media kultur yang digunakan pada penelitian ini adalah RPMI (*Roswell Park Memorial Institute Medium*) karena RPMI merupakan media terbaik untuk kultur sel kanker dalam jangka waktu pendek. Media kultur cair RPMI mengandung *Fetal Bovine Serum* (FBS) 10% dan 50 μL / 50mL antibiotic. yang berfungsi sebagai suplemen peningkat pertumbuhan; *growth factor*.

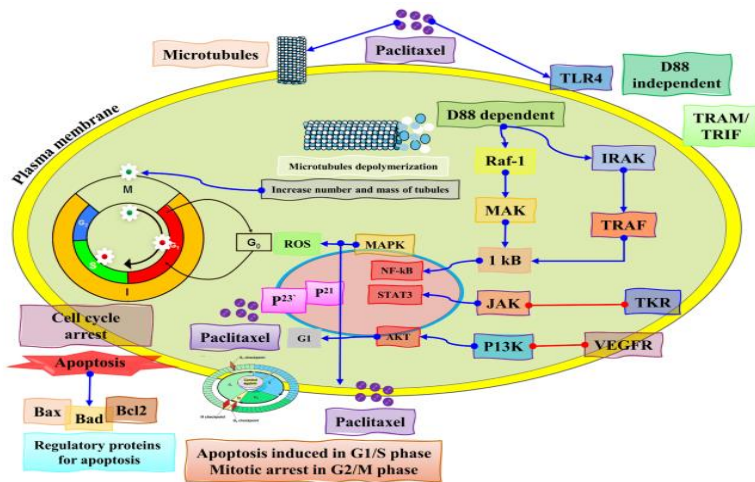
Penelitian ini menggunakan sel Hela MCF7 karena sel tersebut cukup aman digunakan untuk kepentingan kultur, bersifat *immortal* atau tidak dapat mati dalam usia tua dan dapat membelah secara tidak terbatas selama memenuhi kondisi lingkungan yang sesuai. Parameter uji sitotoksitas adalah nilai IC_{50} , semakin kecil nilai IC_{50} maka semakin tinggi potensi senyawa uji sebagai agen sitotoksik.

Hasil penelitian mengenai uji Aktivitas antiproliferasi ekstrak tumbuhan mangrove jenis *A. marina*, *R. mucronata*, dan *S. alba*, termasuk kategori cukup aktif, masing-masing dengan nilai IC_{50} sebesar 305,44 ppm 421,70 ppm dan 343,27 ppm. Berdasarkan nilai IC_{50} dari ketiga ekstrak methanol daun mangrove berpotensi sebagai agen penghambat pertumbuhan sel kanker serviks. Jenis mangrove *C. tagal* menjadi perhatian para peneliti karena sifat sitotoksik dan efek antikanker yang sangat aktif. Beberapa laporan hasil penelitian menyoroti aktivitas anti kanker dari *C. tagal*. Sebagai contoh, senyawa yang diisolasi dari *C. tagal* memiliki efek antikanker pada banyak lini sel kanker seperti serviks, payudara, usus besar, ovarium, kolorektal, hepatoma, leukemia, mieloma, kanker paru sel kecil, karsinoma epidermoid oral, dan limfoma Hodgkin, yang menunjukkan aktivitas antikanker spektrum luas.

Yang et al., (2008) melaporkan bahwa senyawa Taraxerol yang diisolasi dari *R. stylosa* menunjukkan sitotoksitas terhadap sel kanker HeLa dengan nilai IC_{50} sebesar 73,4 mol/L, kemudian senyawa Ciscareaborin menghambat pertumbuhan sel kanker MCF-7 dan BGC-823 dengan nilai IC_{50} masing-masing sebesar 45,9 dan 116,0 mol/L. Selanjutnya senyawa Rhizostyloside yang merupakan turunan dari glikosida siklokartana, menunjukkan sitotoksitas yang signifikan terhadap sel kanker KB (karsinoma epidermoid), dan SK-Mel-2 (melanoma) dengan nilai IC_{50} masing-masing sebesar 86,7 dan 51,0 g/mL. Hal

ini menunjukkan bahwa ekstrak daun *R. stylosa* bersifat sitotoksik terhadap sel HeLa.

Paclitaxel (senyawa bioaktif) telah digunakan sebagai obat antikanker karena sitotoksitasnya yang tinggi selama beberapa peristiwa molekuler yang terjadi dalam siklus sel. Paclitaxel telah menunjukkan efeknya pada pembentukan dan stabilisasi mikrotubulus selama jaringan spindel mempertahankan strukturnya melalui polimerisasi mikrotubulus dan menahan depolymerisasi yang mengganggu perakitan mikrotubulus. Beberapa peneliti sebelumnya menyatakan bahwa paclitaxel yang dikombinasikan dengan kalsium klorida (4 mM) juga menahan atau memperlambat proses depolymerisasi yang menyebabkan ketidakstabilan mikrotubulus dan yang mengganggu jaringan spindel. Paclitaxel memainkan peran penting dalam jalur pensinyalan sel dengan menunjukkan gangguan jaringan mikrotubulus yang disebabkan oleh peningkatan kadar Bax dan Bcl-2 yang menyebabkan terhentinya siklus sel selama fase G2-M. Peristiwa ini menginduksi apoptosis selama fase G1 mitosis. Hal ini mengakibatkan terhentinya siklus sel pada fase mitosis yang berujung pada kematian sel (mekanisme lihat senyawa bioaktif seperti yang ditunjukkan Gambar 7.

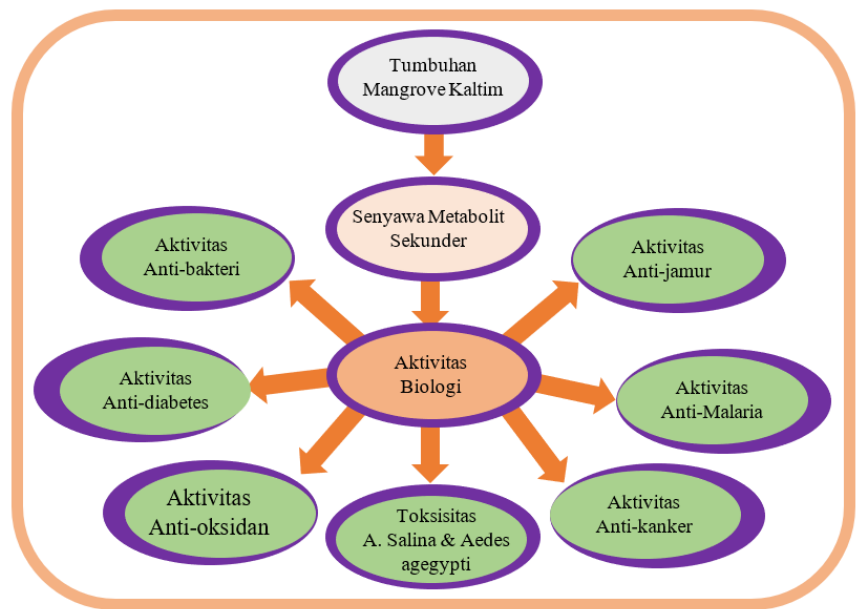


Gambar 7. Mekanisme kerja senyawa antikanker paclitaxel secara representatif

Mekanisme kerja senyawa antikanker melalui tahapan sebagai berikut; Fosforilasi kinase Raf-1 atau p53/p21 menginduksi apoptosis fase G0 dan G1/S pada konsentrasi paclitaxel yang tinggi, sedangkan p53/p21 diaktifkan pada konsentrasi rendah. Paclitaxel dapat menyebabkan penghentian mitosis bahkan pada dosis sedang, tetapi hanya jika dihirup selama lebih dari 24 jam. Paclitaxel juga memiliki dampak proapoptotik dan imunomodulatori dengan mengaktifkan berbagai jalur pensinyalan. Jalur pensinyalan ini juga digunakan oleh paclitaxel untuk menghasilkan resistensi. MEK/MAPK: mitogen-activated protein kinase; TLR4: Toll-like receptor 4; Raf-1: Raf kinase family; NF-κB: nuclear factor kappa B; PI3K: phosphoinositide 3-kinase; TRAF: TNFR associated factor; VEGFR: vascular endothelial growth receptor; JAK: kinase janus; TRIF/TRAM: interferon-β penginduksi adaptor yang mengandung domain TIR.

Penelitian terkait dengan eksplorasi kandungan senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitas dari tumbuhan mangrove yang nerasal dari Kalimantan Timur, dimulai dikerjakan sejak tahun 2014 sampai

dengan tahun 2024. Rangkaian pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penelitian eksplorasi kandungan senyawa kimia dan bioaktivitas dari tumbuhan mangrove Kalimantan Timur

Beberapa artikel tentang kandungan senyawa metabolit sekunder dan berbagai bioaktivitas dari beberapa spesies pada bagian jaringan tumbuhan mangrove yang berasal dari pantai Sambera (Marangkayu) dan pesisir Pantai Muarabadak kabupaten Kutai Kartanegara serta hutan mangrove Kota Bontang, telah diseminarkan melalui forum ilmiah yaitu Seminar Nasional, Seminar Internasional, dan juga telah dipublikasikan pada jurnal Nasional dan Internasional.

H. Kesimpulan

Sebagai penutup dari pidato saya ini, maka berdasarkan uraian di atas diketahui bahwa Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di dunia sehingga dapat menjadi sumber/pabrik bahan kimia yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, karena sejak dahulu masyarakat telah menggunakan tumbuhan sebagai bahan obat dalam pengobatan tradisional. Tumbuhan mangrove Kalimantan Timur merupakan sumber senyawa metabolit sekunder yang beragam dan memiliki bioaktivitas sebagai anti-bakteri, anti-jamur, anti-diabetes, anti-malaria, anti-oksidan, anti-kanker, bersifat toksit terhadap *Artemia salina*, dan larva nyamuk *Aedes aegypti*. Dengan demikian tumbuhan mangrove Kalimantan Timur berpotensi ditemukan senyawa kimia aktif yang memiliki bioaktivitas yang bermanfaat bagi kesehatan manusia yang selanjutnya dapat dikembangkan sebagai sumber bahan obat alami dan bahan obat industri farmasi. Namun seiring perkembangan wisata bahari dan pembukaan lahan tambak baru maka ekosistem hutan mangrove di kawasan Kalimantan Timur secara khusus dan hutan mangrove Indonesia secara umum semakin berkurang jumlahnya, sehingga pemerintah daerah dan pemerintah pusat harus serius dan senantiasa menjaga kelestarian hutan mangrove Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Bandaranayake, WM. 1998. Traditional and Medicinal Use of Mangroves. *Mangroves Salts Marshes*, 2:133 – 148.
- Bandaranayake, WM. 2002. Bioactivities, Bioactive Compounds and Chemical Constituents of Mangrove Plant. *Wetland, Ecol, Manag.*, 10 (2002) 421 - 452.
- Dona, R., Fadhli, H., Furi, M., & Viryana, T. (2021). Uji Ekstrak Etanol serta Fraksi Buah Kedabu (*Sonneratia ovata* Backer) Sebagai Inhibitor Enzim α -glukosidase. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 7(1), 2579–4558.
- Doughari, James H. 2012. Phytochemicals: Extraction Methods, Basic Structures and Mode of Action as Potential Chemotherapeutic Agents, Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health. www.intechopen.com. Diunduh pada 10 Nopember 2016.
- Edeoga, H.O., D.E. Okwu & B.O. Mbaebie., 2005. Phytochemical Constituents of Some Nigerian Medicinal Plants. *African Journal of Biotechnology*. 4(7), pp. 685-688.
- Edreva A, Velikova V, Tsonev T, Dagnon S, and Gurel A. 2008. Stress-Protevtive Role of Secondary Metabolites; Diversity of Functions and Mechanisms. *Gen Appl Plant Physiol*; 34:67-78.
- G. Eswaraiah, K. Abraham Peele, S. Krupanidhi, R. Bharath Kumar, dan T.C. Venkateswarulu. 2020. Identification of Bioactive in Leaf Extract of *Avicennia alba* by GC-MS Analysis and Evaluation of Its In-Vitro Anticancer Potential Against MCF7 and HeLaCell Lines. *Journal of King Saud University-Science*. 32 (2020) 740-744.
- Haryoto dan Sendi Pradila Putri. 2019. Aktivitas Sitotoksik Ekstrak Etanol, Fraksi Heksan, Etil

- Asetat, dan Etanol-Air dari Daun Mangrove Tancang (*Bruguiera gymnorhiza*) terhadap Sel Kanker Payudara. The 10Th University Research Colloquium (URECOL). Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah Gombong, Surakarta. P: 177-183.
- Haryoto, Sujono T.A, Suhendi A, dan Muhtadi. 2015. Pengembangan Potensi Herbal Medicine dari Ekstrak Tumbuhan Sala (*Cynometra ramiflora* Linn.) Menjadi Obat Herbal Terstandar. University Research Colloquium ISSN 2407-9189; 46 – 63.
- Ivers, L.C., and Ryan, E.T. (2012). Pharmacology of Parasitic Infections. Chp 36. In: Principles of Pharmacology: The Pathophysiologic Basis of Drug Therapy. 3rd Edition. Golan DE et al (Eds). Lippincott Williams & Wilkins.
- Joshi N, Bhatt S, Dhyani D.R.S, Nain J. 2013. Phytochemical Screening of Secondary Metabolites of *Argemone mexicana* L. Flowers. Int J Curr Pharm Res. 2013 March. 5 (2); p. 144-147.
- Jung M, Park M, Lee HC, Kang YH, Kang ES. 2006. Antidiabetic agents from medicinal plants. Curr Med Chem 13(10): 1203-1218.
- Lesma, G., Luraghi, A., Bavaro, T., Bortolozzi, R., Rainoldi, G., Roda, G., Viola, G., Ubiali, D., & Silvani, A. (2018). Phytosterol and γ -Oryzanol Conjugates: Synthesis and Evaluation of their Antioxidant, Antiproliferative, and Anticholesterol Activities. J. Nat. Prod., 81(10), 2212–2221.
- Mans, Dennis R. A. 2013. From Forest to Pharmacy: Plant Based Traditional Medicines as Sources for Novel Therapeutic Compounds. Academia Journal of Medicinal Plants 1(6):101-110.
- Meshram, S. S., P. R. Itankar, A. T. Patil. 2013. To Study Antidiabetic Activity of Stem Bark of *Bauhinia purpurea* Linn. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. Vol.2(1):171-175.

- Muhtadi, M., Haryoto, H., Sujono, T.A., dan Suhendi, A. Antidiabetic and Antihypercholesterolemia Activities of Rambutan (*Nephelium Lappaceum* L.) and Durian (*Durio zibethinus* Murr.) Fruit Peel Extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2016. 6. (4): 190-194.
- Okeke M.I, Iroegbu C.U, Eze E.N, Okoli A.S, and Esimone C.O. 2001. Evaluation of Extracts of the Root *Landolphia Owerrience* for Antibacterial Activity. *J. Ethnopharmacol*. Vol. 78:119-127.
- Oktavianus, S. 2013. Uji Daya Hambat Daun Mangrove Jenis *Avicinea marina* Terhadap Bakteri *Vibrio Parahaemolyticus*. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Oliver, S. P., Gillespie, B. E., Lewis, M. J., Ivey, S. J., Almeida, R. A., Luther, D. A., Johnson, D. L., Lamar, K. C., Moorehead, H. D., & Dowlen, H. H. (2001). Efficacy of a new premilking teat disinfectant containing a phenolic combination for the prevention of mastitis. *J. Dairy Sci.*, 84(6), 1545–1549.
- Patil M.B, And Khan P.A. 2017. Primary Phytochemical Studies of *Catunaregam spinosa* (Thunb) Tirven For Secondary Metabolites. *Int J Pharm Bio Sci*. 2017 Apr ; 8(2): p. 320 323.
- Prabhu V.V and Guruvayoorappan C. 2012. Phitochemical Screening of Mthanolic extract of Mangrove *Avicennia marina* (Forssk) Vith *Der.Pharmacia Sinica*, Vol. 3(1):64-67.
- Purnobasuki, H. 2004. Potensi Mangrove Sebagai Tanaman Obat. FMIPA Universitas Airlangga, Jl. Mulyorejo (Kampus C Unair) Surabaya-60115, *Jurnal Biota*, X (2).
- Putri, E. P. K., Hamzah, B., & Rahman, N. (2013). Analisis Kualitatif Zat Bioaktif Pada Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill) dan Uji Praklinis dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah Pada Mencit (*Mus musculus*). *J. Akad. Kim.*, 2(August), 119–127.

- Ratri, T.R., dan A. Widiyantoro, Karakterisasi Senyawa Antimlaria dari Fraksi Etil Asetat Herba Paku *Lygodium microphyllum* Terhadap *Plasmodium falciparum*, J. Kim. Khatulistiwa. 7 (2018) 92.
- Sugiyarto, Wahyu. 2013. Uji Sitotoksitas Fraksi Butanol Kulit Batang Srikaya (*Annona squamosa* L) terhadap sel HeLa. Jakarta: Universitas 17 Agustus 1945. 2013
- Swagat K.D., Dibyaloty S, and Hrudayanath T. 2014. Ethnomedicinal, Antmicrobial and Antidiarrhoeal Studies on the Mangrove Plants of the Genus *Xylocarpus* Sp; A Mini Review. *Journal Bioanal & Biomed*.
- Teja Prabhu V& Ravishankar K. 2013. Preliminary Phytochemical Investigation and in Vitro Antimicrobial Activity of Ethanol Extract of *Sonneratia Apetala* Plant. *Int. Res. J. Pharm.* May 2013. 4(6); p.84-87.
- Usman, Muh. Amir M, Farah Erika, dan M. Nurdin. 2019. Antidiabetic Activity of Leaf Extract From Three Types of Mangrove Orginating From Sambera Coastal Region Indonesia. *Research J. Pharm. and Tech.* 12 (4): April 2019. P; 1707 – 1712.
- Widyastuti Intan Rahma. 2018. Pengaruh Variasi Dosis Ekstrak Kasar Kulit Batang Mangrove *Sonneratia alba* Sebagai Antikanker Terhadap Viabilitas Sel HeLa. Sarjana Thesis, Universitas Brawijaya.
- Winarsi, H., Sasongko, N. D., Purwanto, A., & Nuraeni, I. (2013). Ekstrak Daun Kapulaga Menurunkan Indeks Athergonik Dan Kadar Gula Darah Tikus Diabetes Induksi Alloxan *Cardamom Extract Leaves Decreased Atherogenic Indexs and Blood Glucose Level of Diabetic Rats Alloxans-Induced*. *Agritech*, 33(3), 273–280.
- Yamato et al., 2006. Induction of Cell Death In Human Papilloma Virus 18 - Positive Cervical Cancer Cell by E6 si RNA. *Cancer Gene Therapi*, 13.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah, Rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga acara pengukuhan Guru Besar yang dilaksanakan oleh Senat Universitas Mulawarman dapat terlaksana pada hari ini. Melalui kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah menyetujui usulan Guru Besar saya. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Rektor beserta jajarannya dan Ketua beserta anggota senat Universitas Mulawarman atas dukungannya sehingga kegiatan pengukuhan Guru Besar pada hari ini dapat terlaksana dengan baik. Tak lupa juga saya ucapkan terima kasih kepada dekan FKIP Unmul beserta jajarannya, segenap Dosen dan staf di Lingkungan FKIP Unmul atas bantuan dan dukungannya selama ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada istri saya tercinta Nurhikma Jamaluddin, S.Gz., dan kepada putra-putri saya; Sitti Chadijah Sain, A.Md., Muthmainnah Hasanuddin Usman, S.Tr, Shofiyah Fajriani Usman, Muhammad Zainul Arifin Usman, dan Herlina A. Muin Sain, S.Pd., atas pengorbanan, pengertian, dukungan dan doanya selama ini. Kemudian ucapan terima kasih teristimewa saya sampaikan kepada kedua orang tua saya; almarhumah Sulaimina binti H. Beddu dan almarhum H. M. Sain Dg. Mangung bin H. Tola yang semasa hidupnya dengan tulus dan ikhlas membesarkan dan mendukung pendidikan saya sehingga saya berhasil meraih Guru Besar pada saat ini. Kepada almarhum bapak mertua saya, H. Jamaluddin bin H. Achmad dan ibu mertua Ratna Waty yang senantiasa memberikan motivasi dan do'anya selama saya menempuh pendidikan S2 dan S3 pada Program Studi Kimia Universitas Hasanuddin. Kepada kakak, dan adik saya,

serta Prof. Dr. H. Ruslan Majid dan Dra. Hj. Nurjannah Achmad, M.Si. yang senantiasa mendukung perjuangan saya ketika menempuh pendidikan hingga meraih gelar Guru Besar ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada sahabat saya; Sdr. Miswar, Prof. M. Nurdin, Prof. Maulidiyah, Prof. Mashuni, Prof. Muh. Natsir (alm), Dra. Hj. Atirah Achmad, Dr. Abdul Majid (alm), Dr. Abdul Aziz, Prof. Dr. Erwin, Prof. Dr. Bohari Yusuf, Prof. Dr. H. Muh. Amir Masruhim, Prof. Dr. Aman Santosa Panggabean, M.Si. dan Prof. Dr. H. Yusak Hudyono, M.Pd. yang telah memberikan motivasi dan dukungannya kepada saya dalam meraih guru besar ini. Semoga amal ibadah bagi semua orang yang telah mendukung pencapaian Guru Besar saya, diterima oleh Allah SWT, Aamiin Ya Rabbal Alamin.

CURRICULUM VITAE

Nama Lengkap	Prof. Dr. Usman Sain, M.Si.
Tempat dan Tanggal Lahir	Ujung Pandang, 11 Maret 1966
Pangkat/Golongan	Pembina Tk. 1/IVb
Jabatan Fungsional	Guru Besar
NIP/NIK/Identitas	19660311 199702 1 001
Lainnya	Jl. Kapas No. 70
Alamat Rumah	(Perumahan Dosen Unmul Sidomulyo) Samarinda. (Kode Pos: 75116)
Alamat Kantor	Jl. Muara Pahu, Kampus Gn. Kelua Samarinda

RIWAYAT PENDIDIKAN

Strata satu (S1)	Sarjana Kimia (S.Si) Universitas Hasanuddin, Lulus Tahun 1993
Strata satu (S2)	Magister Kimia (M.Si) Program Studi Kimia, Universitas Hasanuddin, Lulus Tahun 2003
Strata satu (S3)	Doktor Kimia (Dr) Program Studi Kimia, Universitas Hasanuddin, Lulus Tahun 2014

RIWAYAT PENELITIAN

1. Potensi Bioaktivitas Senyawa Metabolit Sekunder Jenis Mangrove *Rhizophora Sp* yang Berasal Dari Kawasan Pantai Sambera, Marangkayu, Kutai Kartanegera Kaltim, sebagai Antidiabetes. IDB (2019)

2. Potensi Senyawa Aktif Sebagai Antioksidan dan Antikanker Dari Kulit Batang Mentawa (*Artocarpus anisophyllus*) – (Anggota Peneliti)-IDB (2020)
3. Potensi Daun Mangrove (*Rhizophora mucronata*) Sebagai Aantidiabetes. PNBPS-PS-MPK (2020)
4. Uji Fitokimia, Aktivitas Antioksidan, Aktivitas Antikanker Serviks, dan Atimalaria Ekstrak Daun dan Kayu Batang Ketiga Jenis Mangrove dari Kawasan Pesisir Pantai Sambera Kalimantan Timur. PNBPS-FKIP (2021).
5. Uji Fitokimia, Uji Toksisitas, dan Aktivitas Antimalaria Ekstrak Metanol Daun Ketiga Jenis Mangrove di Kawasan Pesisir Pantai Samber Kaltim. PNBPS-PS-MPK (2022)
6. FIitokimia, Aantioksidan, dan Aktivitas Insektisida Alami Ekstrak Metanol Tanaman Bintaro Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. PNBPS-FKIP (2023).

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. Pemanfaatan Ekstrak Bahan Alam Sebagai Indikator Asam-Basa dan pH. PNBPS-FKIP (2018)
2. Pemanfaatan Ekstrak Daun Api-Api Putih (*Avicennia Alba*) Sebagai Bioformalin untuk Mencegah Pembusukan Ikan Kembung. PNBPS-FKIP (2020)
3. Pengembangan Profesionalisme Guru Dalam Menyusun Rencana Pembelajaran Aktif. PNBPS-PS-MPK (2021)

RIWAYAT PUBLIKASI

1. Bioactivity and Chemical Compounds of Merung Plants (*Coptosapelta tomentosa*). J. Sains Kes Vol 5 (3), Mei 2023.
2. Antibacterials activity of *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* by acetone extract of the lichen

- Usnea sp. AIP Conference Proceedings 2719, Vol 2719, (1), Mei 2023.
3. Antioxidant and Antidiabetic from *Rhizophora mucronata* Derived from Sambera Beach, East Kalimantan, Indonesia. TJNPR, Vol 7 (10), 2023
 4. Bioaktivitas dan Kandungan Senyawa Kimia Tumbuhan Merung (*Coptosapelta tomentosa*). Jurnal Sains dan Kesehatan, Vol. 5(3), 2023
 5. An Evaluation of the Antidiabetic and Antimicrobial Activity of an Ethanolic Extract from *Rhizophora mucronata* Leaf. Jurnal Sains dan Kesehatan, Vol. 5(4), 2023
 6. Integration of Water Treatment Knowledge Using SETS Approach in Online Chemistry Learning to Improve Chemical Literacy of Students on the Aspect of Knowledge and Context. AIP Conference Proceedings, No. 2642, 090007, 2023
 7. Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Jaringan Buah Tanaman Bintaro (*Cerbera manghas*). Prosiding Semnas Kimia, Jurusan Kimia FMIPA Unmul, ISSN 2987-9922, 2022.
 8. Analisis Fitokimia Dan Aktivitas Antimikroba Ekstrak Diklorometan Kulit Batang *Melochia umbellata* (Houtt) Stapf var. *Degrabrata* K. Dalam Jurnal Bivalen: Chemical Studies Jurnal (BCSJ), Vol. 5(1), 2022.
 9. Isolation of Natural Derivated Steroidal From Bark Stem of *Melochia umbellata* (Houtt) Stapf var. *Degrabrata* K. Asian Journal of Chemistry, Vol 32(4), 2020
 10. Antidiabetic Activity of leaf extract from three types of Mangrove Originating from Sambera Coastal Region Indonesia. Research Journal of Pharmacy and Technology, Vol 12(4), 2019
 11. Isolation of Secondary Metabolite Compounds and Antibacterial Activities Tests From Hexane Extract of Stem Bark *Melochia umbellata* (Houtt)

- Stapf var. Degabrata K. Asian Journal Pharm Clin Res, Vol 11(8), 2018.
12. Bioactivity Test of Compound (Hexa-Tetra Contana) From Sponge (*Callyspongia pseudoreticulata*) as Antibacterial of Withered Disease on Potato Plant (*Ralstonia solanacearum*). Int J Pharma Bio Sci, Vol.8(4), 2017