

Dr. Ir. Ruspita Sihombing, S.T., M.T., IPM. - Amiril Azizah, S.E., M.Si., Ph.D.
Kiamah Fathirizki, A.K., S.Hut., M.Hut. - Pandhu Rochman, S.P., S.T.P., M.Sc.
Adnan Putra Pratama, S.P., M.Sc. - Zainal Arifin, S.T., M.Eng.
Wahyuni Eka Sari, S.Kom., M.Eng. - Dr. Ir. Agus Wiramsya Oscar, S.T., M.T., CPI., IPU.

Revolusi Irigasi



Rancang Bangun Sistem Otomatis
Berbasis IoT untuk Lahan Pasca Tambang



Revolusi Irigasi



Rancang Bangun Sistem Otomatis
Berkas IoT untuk Lahan Pasca Tambang

Dr. Ir. Ruspita Sihombing, S.T., M.T., IPM. - Amiril Azizah, S.E., M.Si., Ph.D.
Kiamah Fathirizki, A.K., S.Hut., M.Hut. - Pandhu Rochman, S.P., S.T.P., M.Sc.
Adnan Putra Pratama, S.P., M.Sc. - Zainal Arifin, S.T., M.Eng.
Wahyuni Eka Sari, S.Kom., M.Eng. - Dr. Ir. Agus Wiramsya Oscar, S.T., M.T., CPI, IPU.



REVOLUSI IRIGASI
Rancang Bangun Sistem Otomatis Berbasis IoT
untuk Lahan Pasca Tambang

Ditulis oleh:

Dr. Ir. Ruspita Sihombing, S.T., M.T., IPM.
Amiril Azizah, S.E., M.Si., Ph.D.
Kiamah Fathirizki, A.K., S.Hut., M.Hut.
Pandhu Rochman, S.P., S.T.P., M.Sc.
Adnan Putra Pratama, S.P., M.Sc.
Zainal Arifin, S.T., M.Eng.
Wahyuni Eka Sari, S.Kom., M.Eng.
Dr. Ir. Agus Wiramsya Oscar, S.T., M.T., CPI., IPU.

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Blok B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Desember 2024

Perancang sampul: Noufal Fahriza
Penata letak: Noufal Fahriza

ISBN : 978-623-127-361-1
xii + 76 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Desember 2024



PENGANTAR

Kemajuan teknologi memberikan peluang besar untuk mengatasi tantangan dalam berbagai sektor, termasuk optimalisasi lahan pasca tambang yang sering kali menghadapi persoalan terkait degradasi tanah dan minimnya produktivitas. Salah satu pendekatan inovatif yang kini menjadi solusi adalah pemanfaatan Internet of Things (IoT) dan energi surya sebagai teknologi utama dalam sistem irigasi otomatis. Melalui teknologi ini, tidak hanya efisiensi penggunaan air yang dapat dicapai, tetapi juga keberlanjutan pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber daya utama.

Buku ini hadir sebagai panduan dan inspirasi bagi para akademisi, praktisi, dan masyarakat umum yang tertarik dengan pengembangan teknologi berbasis IoT dan energi surya. Dalam konteks pengelolaan lahan pasca tambang, irigasi otomatis menjadi salah satu solusi terobosan untuk meningkatkan produktivitas lahan dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan.

Melalui buku ini, pembaca akan diajak untuk memahami prinsip-prinsip dasar teknologi IoT, mekanisme pemanfaatan energi surya, serta proses rancang bangun sistem irigasi otomatis. Tidak hanya itu, buku ini juga memberikan gambaran implementasi nyata, studi kasus, dan analisis manfaat yang telah terbukti efektif dalam pengelolaan lahan pasca tambang. Semua ini disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami tanpa mengurangi kedalaman informasi.

Kami berharap buku ini dapat memberikan wawasan baru dan menjadi acuan penting dalam upaya kolaboratif untuk mengintegrasikan teknologi modern ke dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Semoga buku ini mampu mendorong

lahirnya inovasi-inovasi baru yang semakin memperkuat sinergi antara teknologi, lingkungan, dan masyarakat.

Selamat membaca!



DAFTAR ISI

Pengantar	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi

BAB I

PENDAHULUAN 1

- A. Peran Strategis Kalimantan Timur dalam Ekonomi Nasional..... 1
- B. Dampak Ekologis Aktivitas Pertambangan..... 2
- C. Dampak Sosial terhadap Masyarakat Lokal 3
- D. Pentingnya Reklamasi Lahan..... 4
- E. Peran Teknologi dan Inovasi dalam Reklamasi 5
- F. Reklamasi dalam Konteks Pembangunan IKN..... 5

BAB II

INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA..... 7

- A. Perencanaan Reklamasi 11
- B. Identifikasi Lahan 12
- C. Formulasi Bahan Organik 13
- D. Revegetasi..... 13
- E. Smart Farming..... 14

F. Monitoring dan Evaluasi	15
G. Keterkaitan Proses	15

BAB III

RENCANA STRATEGIS MENGGUNAKAN MODEL FISHBONE 17

A. Tahun 1: Perencanaan dan Penentuan Kualitas Lahan dan Tanaman	18
B. Tahun 2: Pembibitan dan Pemeliharaan	19
C. Tahun 3: Pemberdayaan Ekonomi Lokal.....	20
D. Tahun 4: Penerapan Teknologi Modernisasi Agroforestri.	21
E. Tahun 5: Role Model dan Luaran Akhir	21
F. Komponen Utama Pendukung.....	22

BAB IV

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI IRIGASI OTOMATIS BERBASIS AGROFORESTRI PADA LAHAN PASCA TAMBANG25

A. Tahap 1: Identifikasi dan Survei Kesesuaian	26
B. Tahap 2: Perancangan Sistem Irigasi Otomatis.....	27
C. Tahap 3: Implementasi Biochar dan Nutrisi Organik.....	28
D. Tahap 4: Pemantauan dan Evaluasi Lapangan	28
E. Tahap 5: Pengembangan Agroforestri Berbasis Eduwisata	29
F. Luaran Kajian	29
G. Perancangan Strategi Optimalisasi Lahan dengan Biochar.....	30

BAB V

PENGEMBANGAN MESIN IRIGASI OTOMATIS.....35

- A. Proses Pembuatan Kerangka dan Perakitan..... 35
- B. Mesin Irigasi Otomatis..... 37
- C. Deskripsi Teknis dan Spesifikasi Mesin Irigasi Otomatis (Politeknik Negeri Samarinda) 42
- D. Spesifikasi Detail Mesin Irigasi Otomatis (Polieknik Negeri Samarinda)..... 44

BAB VI

PEMANFAATAN BIOCHAR DAN NUTRISI ORGANIK.....47

- A. Tanaman Pionir dan Nutrisi Organik 47
- B. Manfaat Pemanfaatan Biochar dan Nutrisi Organik 48
- C. Kendala dan Solusi 48
- D. Penanaman Tanaman Pionir dan Implementasi Nutrisi Organik pada Lahan Pasca Tambang..... 49
- E. Fungsi dan Dampak Reklamasi dengan Pendekatan Berbasis Keberlanjutan 52
- F. Penerapan Teknologi Modern dalam Precision Agroforestry..... 55

BAB VII

IMPLEMENTASI SISTEM OTOMATIS BERBASIS IOT UNTUK LAHAN PASCA TAMBANG57

A. Implementasi	57
B. Potensi Pengembangan ke Depan	58
C. Strategi Penyelesaian dalam Proyek Reklamasi Lahan Pasca Tambang	58
D. Kendala dan Solusinya	60
E. Prinsip Kerja Mesin Irigasi Otomatis	62
F. Keunggulan Sistem	64

BAB VIII

KESIMPULAN.....	65
------------------------	-----------

Daftar Pustaka	67
Biodata Penulis	71



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kondisi Lahan Pasca Tambang (Doc. Pribadi).....	3
Gambar 2	Kondisi Lahan Pasca Tambang (Doc. Pribadi).....	4
Gambar 3	Plan Kegiatan Reklamasi Ramah Lingkungan.....	11
Gambar 4	Road Map kajian selama 5 tahun.....	18
Gambar 5	Road Map Tugas Peneliti.....	23
Gambar 6	Metode Kajian.....	30
Gambar 7	Pemasangan Tandon dan Sprinkler.....	36
Gambar 8	Pemasangan Solar Cell	36
Gambar 9	Pemasangan Panel.....	37
Gambar 10	Rakitan Tandon, Solar Cell dan Panel.....	37
Gambar 11	Mesin Sistim Irigasi Otomatis (Pandangan Depan)	40
Gambar 12	Mesin Sistim Irigasi Otomatis (Pandangan Belakang)	40
Gambar 13	Mesin Sistim Irigasi Otomatis (Pandangan Samping).	41
Gambar 14	Tanaman Pionir	41
Gambar 15	Produk Nutrisi Organik	42
Gambar 16	Pengoperasian Mesin Irigasi Otomatis	64



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Spesifikasi Perangkat Keras Sistem Irigasi Otomatis.....	44
Tabel 2	Spesifikasi Sistem Pompa dan Pipa	45
Tabel 3	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	45
Tabel 4	Sistem Pipa dan Sprinkler.....	45
Tabel 5	Dimensi dan Berat	46



.BAB I

PENDAHULUAN

Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang dikenal sebagai pusat aktivitas ekonomi berbasis sumber daya alam, terutama dari sektor energi. Provinsi ini kaya akan cadangan batu bara, yang sering disebut «emas hitam» karena peran strategisnya sebagai pilar ekonomi nasional. Batu bara dari Kalimantan Timur tidak hanya menjadi andalan domestik tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap ekspor, menjadikannya salah satu komoditas utama yang menopang struktur ekonomi Indonesia (1). Namun, keberadaan kekayaan alam ini juga menimbulkan tantangan yang kompleks, terutama terkait dengan dampak lingkungan dan sosial.

A. Peran Strategis Kalimantan Timur dalam Ekonomi Nasional

Sebagai salah satu wilayah dengan cadangan batu bara terbesar di Indonesia, Kalimantan Timur memainkan peran vital dalam penyediaan energi, baik untuk kebutuhan domestik maupun

ekspor. Kabupaten Kutai Kartanegara, Kutai Timur, dan Kutai Barat merupakan lokasi konsesi terbesar (1), yang telah menjadi pusat kegiatan pertambangan selama beberapa dekade. Aktivitas ini memberikan kontribusi besar terhadap pendapatan daerah melalui pajak dan royalti tambang. Selain itu, sektor ini menciptakan lapangan kerja bagi ribuan tenaga kerja lokal maupun pendatang.

Namun, dominasi sektor pertambangan di Kalimantan Timur juga menjadi pedang bermata dua. Ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan seperti batu bara menciptakan kerentanan struktural terhadap fluktuasi harga pasar global (6). Ketergantungan ini juga menunda pengembangan sektor alternatif, sehingga keberlanjutan ekonomi jangka panjang menjadi tantangan tersendiri.

B. Dampak Ekologis Aktivitas Pertambangan

Metode pertambangan terbuka (open-pit mining) yang dominan digunakan di Kalimantan Timur memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan (2). Aktivitas ini melibatkan pembukaan lahan secara besar-besaran, yang menyebabkan hilangnya vegetasi asli dan terganggunya ekosistem. Kerusakan ini mencakup degradasi tanah, perubahan morfologi, dan hilangnya fungsi topografi alami. Akibatnya, banyak lahan menjadi kritis dan tidak produktif.

Selain itu, hilangnya vegetasi berkontribusi pada meningkatnya emisi karbon dioksida (CO_2), yang merupakan salah satu gas rumah kaca utama (4). Dampak ini mempercepat perubahan iklim yang memengaruhi sistem ekologi global. Akumulasi kerusakan ekologis ini juga meningkatkan risiko bencana alam seperti banjir dan tanah longsor, yang sering terjadi di wilayah dengan struktur tanah yang tidak stabil akibat eksploitasi tambang.



.BAB II

INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA

Kajian tentang pemanfaatan lahan pasca-tambang semakin relevan dalam konteks pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan, terutama mengingat dampak signifikan yang ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan terhadap kualitas tanah dan ekosistem lokal. Beberapa kajian menunjukkan bahwa teknologi berbasis biochar memiliki potensi besar dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada lahan pasca-tambang. Misalnya, kajian di Dataran Tinggi Loess, Tiongkok, menemukan bahwa penambahan biochar mampu meningkatkan agregasi tanah dan aktivitas enzim terkait karbon, sekaligus memperbaiki kandungan nitrogen yang mendukung pertumbuhan mikroba di lahan pasca-tambang. Temuan ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembalikan kesuburan tanah melalui pendekatan berbasis biochar (12).

Studi lainnya menyoroti aplikasi biochar dalam restorasi lingkungan yang ramah terhadap lahan pasca-tambang batu bara. Kajian tersebut menyatakan bahwa penerapan biochar tidak hanya meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah tetapi juga membantu memenuhi *United Nations Sustainable Development Goals* (SDGs) melalui rehabilitasi ekosistem tambang yang rusak (13).

Berdasarkan landasan tersebut, kajian yang akan dilakukan berfokus pada implementasi biochar pada lahan non-produktif bekas tambang. Analisis data dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi setempat, termasuk karakteristik unsur hara di lahan tersebut, serta penerapan desain *landscape* yang terencana. Tujuan utama dari kajian ini adalah mendorong pemanfaatan lahan bekas tambang secara berkelanjutan dengan langkah-langkah sistematis sebagai berikut:

1. **Persiapan Lahan:**

- a. Identifikasi lahan bekas tambang untuk memahami kondisi fisik, kimia, dan biologisnya.
- b. Pengaturan bentuk lahan (*landscaping*) untuk mengoptimalkan potensi topografi.
- c. Penempatan atau pengelolaan lahan tambang dengan kadar rendah (*low grade*) yang belum dimanfaatkan.

2. **Pengendalian Erosi dan Sedimentasi:**

- a. Mengimplementasikan teknik pencegahan erosi, seperti penggunaan vegetasi penahan tanah dan struktur mekanik.
- b. Pengelolaan aliran air permukaan untuk mencegah sedimentasi yang merugikan.

3. **Pengelolaan Tanah Pucuk (*Topsoil*):**

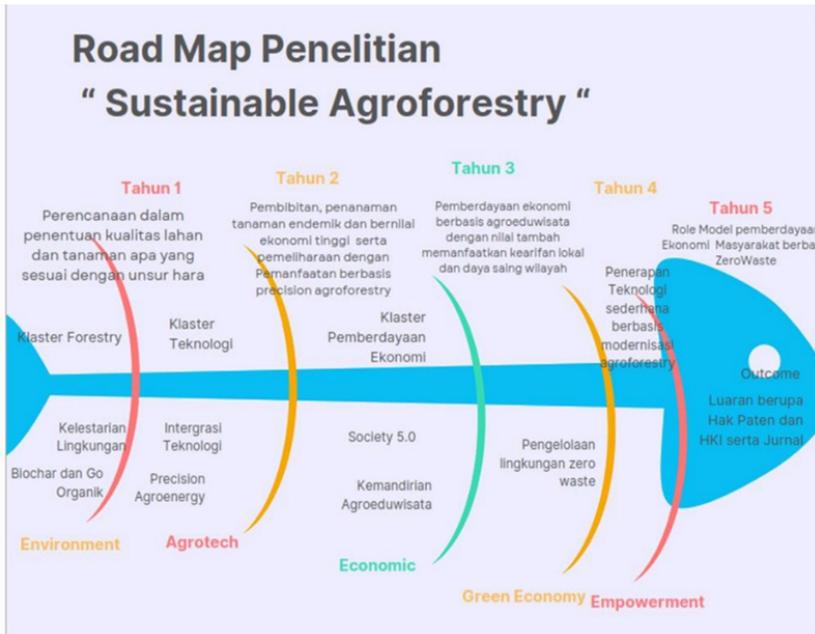
- a. Pemulihan dan pemanfaatan lapisan tanah pucuk yang kaya unsur hara untuk mendukung revegetasi.
- b. Pengayaan tanah dengan biochar untuk meningkatkan kapasitas serap air dan nutrisi.



.BAB III

RENCANA STRATEGIS MENGUNAKAN MODEL FISHBONE

Pengelolaan lahan pascatambang yang berkelanjutan di Kalimantan Timur memerlukan pendekatan multidisiplin yang terstruktur, dengan melibatkan aspek lingkungan, teknologi, ekonomi, dan pemberdayaan masyarakat. Dalam konteks ini, peta jalan (roadmap) dikembangkan untuk menjadi panduan yang sistematis dalam mencapai tujuan besar melalui tahapan-tahapan strategis selama lima tahun. Fokus utamanya adalah menciptakan model pemberdayaan berbasis agroforestri yang ramah lingkungan, modern, dan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal.



Gambar 4 Road Map kajian selama 5 tahun

Roadmap ini dirancang dalam format tulang ikan (fishbone), yang mencakup komponen-komponen utama sebagai langkah penentu keberhasilan. Setiap tahun difokuskan pada tema spesifik dengan hasil yang terukur, yang pada akhirnya bermuara pada pencapaian sistem pengelolaan yang dapat direplikasi dan menjadi rujukan nasional.

A. Tahun 1: Perencanaan dan Penentuan Kualitas Lahan dan Tanaman

Fokus Utama:

Pada tahun pertama, aktivitas utama diarahkan pada identifikasi dan perencanaan yang matang. Kajian mendalam dilakukan untuk menentukan kualitas lahan dan memilih jenis tanaman yang sesuai. Strategi ini menempatkan aspek kelestarian lingkungan sebagai



.BAB IV

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI IRIGASI OTOMATIS BERBASIS AGROFORESTRI PADA LAHAN PASCA TAMBANG

Lahan pasca tambang menghadirkan tantangan besar dalam konteks keberlanjutan lingkungan. Aktivitas tambang yang intensif sering kali meninggalkan kerusakan ekosistem yang signifikan, termasuk degradasi tanah, hilangnya biodiversitas, dan terganggunya siklus hidrologi. Dalam skala global, upaya reklamasi lahan pasca tambang telah menjadi prioritas utama untuk mengurangi dampak lingkungan dan mengembalikan fungsi ekologis lahan tersebut.

Kajian ini bertujuan mengembangkan solusi inovatif berupa sistem irigasi otomatis berbasis teknologi berkelanjutan dengan pendekatan agroforestri yang terintegrasi. Sistem ini dirancang untuk tidak hanya mengatasi tantangan pengelolaan air pada lahan kritis,

tetapi juga memanfaatkan teknologi terkini seperti Internet of Things (IoT), biochar, dan eco-enzyme untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Dalam penerapannya, kajian difokuskan pada kawasan pasca tambang di Kalimantan Timur, wilayah yang dikenal memiliki potensi besar untuk pemulihan ekosistem melalui pendekatan terpadu ini.

A. Tahap 1: Identifikasi dan Survei Kesesuaian

Proses kajian dimulai dengan survei komprehensif untuk memahami kondisi awal lahan pasca tambang. Tahap ini penting untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai tantangan yang ada, sehingga metode yang diterapkan dapat dirancang secara spesifik dan sesuai kebutuhan.

Pemetaan Wilayah Studi

Tim peneliti memulai dengan pemetaan wilayah yang melibatkan analisis topografi, pola aliran air, serta identifikasi vegetasi yang masih bertahan. Pemetaan ini dilakukan menggunakan teknologi drone dan citra satelit untuk mendapatkan data spasial yang akurat. Analisis lebih lanjut dilakukan untuk menentukan potensi reklamasi, seperti area yang memungkinkan untuk revegetasi dan penggunaan lahan untuk agroforestri.

Pengumpulan Data Awal

Pengumpulan data dilakukan secara intensif, meliputi parameter fisik, kimia, dan biologi tanah:

- **Fisik:** Kajian mengukur tekstur tanah, kapasitas retensi air, dan tingkat erosi. Hasil awal menunjukkan bahwa sebagian besar lahan memiliki struktur tanah berpasir yang miskin unsur hara.
- **Kimia:** Analisis meliputi pH tanah, kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK), serta kadar logam berat seperti merkuri dan



.BAB V

PENGEMBANGAN MESIN IRIGASI OTOMATIS

Pengembangan mesin irigasi otomatis ini dilakukan melalui beberapa tahapan penting yang dirancang secara sistematis agar sesuai dengan kebutuhan lapangan. Berikut adalah tahapan utama dalam proses pengembangannya:

A. Proses Pembuatan Kerangka dan Perakitan

Tahap awal pengembangan dimulai dengan perancangan dan pembuatan kerangka mesin yang menjadi fondasi utama. Proses ini mencakup:

1. **Pemasangan Tandon dan Sprinkler:** Instalasi tandon air sebagai sistem penyimpanan yang terintegrasi dengan sprinkler untuk mendistribusikan air secara merata ke seluruh lahan. Sistem ini dirancang agar mampu menjangkau area yang luas dengan efisiensi tinggi, sehingga cocok untuk skala agroforestri.

2. **Pemasangan Solar Cell:** Langkah selanjutnya adalah pemasangan panel surya sebagai sumber energi utama. Solar cell dipilih karena sifatnya yang ramah lingkungan, efisien, dan dapat diandalkan untuk memberikan daya sepanjang hari, terutama di daerah dengan intensitas sinar matahari yang tinggi seperti Kalimantan Timur.
3. **Pemasangan Panel Kontrol:** Proses ini melibatkan integrasi sistem kontrol berbasis **Internet of Things (IoT)** yang memungkinkan otomatisasi penyiraman. Dengan menggunakan teknologi IoT, sistem dapat diatur sesuai dengan kebutuhan irigasi berdasarkan data real-time, seperti kelembaban tanah dan kondisi cuaca. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga mendukung pengelolaan lahan secara presisi.

Pengembangan teknologi ini memberikan peluang besar untuk mendukung keberlanjutan lahan bekas tambang sekaligus memperkenalkan pendekatan agroforestry modern yang ramah lingkungan. Kajian dan inovasi seperti ini menjadi bagian dari upaya global dalam menghadapi tantangan degradasi lingkungan dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya dalam pengelolaan lahan dan sumber daya air.



Gambar 7 Pemasangan Tandon dan Sprinkler



Gambar 8 Pemasangan Solar Cell



.BAB VI

PEMANFAATAN BIOCHAR DAN NUTRISI ORGANIK

A. Tanaman Pionir dan Nutrisi Organik

1. Tanaman Pionir

Dalam proyek revegetasi lahan, tanaman pionir seperti *Melaleuca cajuputi* dipilih karena kemampuannya untuk bertahan di lingkungan dengan kualitas tanah yang buruk. Tanaman ini mampu mengurangi tingkat erosi sekaligus memperbaiki struktur tanah dengan akar-akarnya yang dalam dan kuat.

2. Biochar Biochar adalah arang yang dihasilkan melalui proses pirolisis limbah biomassa. Penggunaannya dalam sistem ini memiliki beberapa manfaat utama, antara lain meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, menyerap logam berat, dan mengurangi kebutuhan irigasi. Aplikasi biochar juga terbukti memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman.

3. Eco-Enzyme Larutan eco-enzyme merupakan produk fermentasi limbah organik yang kaya akan nutrisi alami dan enzim. Selain berfungsi sebagai pupuk organik cair, larutan ini juga memiliki kemampuan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman secara alami, mengurangi kebutuhan pestisida kimia.

B. Manfaat Pemanfaatan Biochar dan Nutrisi Organik

Pemanfaatan biochar dan nutrisi organik pada sistem ini memberikan berbagai manfaat baik secara ekologis maupun ekonomis, di antaranya:

- **Memperbaiki Struktur Tanah:** Biochar membantu memperbaiki porositas tanah sehingga mempermudah pergerakan air dan udara di dalam tanah.
- **Keberlanjutan Lingkungan:** Dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk dan pestisida kimia, sistem ini mendukung prinsip keberlanjutan dan pelestarian lingkungan.
- **Manfaat Ekonomi bagi Masyarakat:** Petani dan masyarakat sekitar dapat memanfaatkan produk ini untuk meningkatkan hasil pertanian sekaligus menekan biaya produksi.

C. Kendala dan Solusi

1. Kendala Lingkungan

Salah satu kendala utama yang dihadapi adalah kerusakan lahan pasca tambang. Tanah pada area ini umumnya memiliki kadar bahan organik yang rendah, porositas yang buruk, dan seringkali terkontaminasi oleh logam berat, sehingga sulit untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Untuk mengatasi masalah ini, diterapkan kombinasi solusi, meliputi:



.BAB VII

IMPLEMENTASI SISTEM OTOMATIS BERBASIS IOT UNTUK LAHAN PASCA TAMBANG

A. Implementasi

1. Perbaikan Kualitas Tanah

Penggunaan biochar berhasil meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi konsentrasi logam berat, menciptakan lingkungan yang lebih mendukung bagi pertumbuhan vegetasi pionir.

2. Efisiensi Penggunaan Sumber Daya

Dengan irigasi berbasis IoT, konsumsi air berkurang hingga 30%, sementara pertumbuhan tanaman meningkat berkat pasokan air yang sesuai kebutuhan.

3. **Rehabilitasi Ekosistem**

Tanaman pionir yang ditanam, seperti kayu putih (*Melaleuca cajuputi*), mulai menciptakan mikrohabitat yang mendukung kehidupan organisme lain, mempercepat pemulihan ekosistem lokal.

B. **Potensi Pengembangan ke Depan**

Implementasi precision agroforestry ini memiliki potensi besar untuk direplikasi dalam skala yang lebih luas. Beberapa rekomendasi untuk pengembangan ke depan meliputi:

1. **Integrasi Sumber Air Alternatif**

Menggunakan air hujan atau air limbah yang telah diolah sebagai sumber utama irigasi.

2. **Pemanfaatan Tanaman Multiguna**

Memperkenalkan tanaman lain dengan nilai ekonomi tinggi, seperti gaharu atau jati, untuk meningkatkan manfaat ekonomi.

3. **Peningkatan Kapasitas Masyarakat Lokal**

Melibatkan masyarakat dalam pengelolaan reklamasi melalui pelatihan tentang biochar, teknologi IoT, dan agroforestri.

C. **Strategi Penyelesaian dalam Proyek Reklamasi Lahan Pasca Tambang**

Keberhasilan proyek reklamasi lahan pasca tambang bergantung pada kolaborasi yang solid antara berbagai pihak, mulai dari institusi pendidikan hingga mitra perusahaan. Berikut adalah rincian peran dan tanggung jawab masing-masing tim dalam proyek ini:

Tim Kajian dan Pengembangan

Kolaborasi dengan institusi pendidikan tinggi menjadi fondasi utama dalam pengembangan pendekatan berbasis teknologi dan prinsip keberlanjutan.



.BAB VIII

KESIMPULAN

Kajian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Mesin Irigasi Otomatis Berbasis IoT Bertenaga Surya untuk lahan pascatambang, khususnya di wilayah Kalimantan Timur, yang menghadapi tantangan dalam rehabilitasi lahan akibat aktivitas tambang. Sistem irigasi ini memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), sensor kelembaban tanah, dan pengaturan otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu menyesuaikan kebutuhan air secara efisien berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Dengan integrasi tenaga surya sebagai sumber energi, sistem ini tidak hanya hemat energi tetapi juga ramah lingkungan.

Keunggulan sistem ini terletak pada efisiensi penggunaan air, yang dapat mengurangi konsumsi air hingga 34,2% dibandingkan dengan metode irigasi konvensional. Sistem ini juga mampu meminimalkan risiko over-irigasi dan kebocoran berkat desain pipa yang efisien, serta memiliki fleksibilitas tinggi untuk digunakan pada berbagai kontur lahan. Selain itu, fitur pengelolaan jarak jauh melalui aplikasi berbasis web atau seluler memberikan penghematan waktu hingga

75 menit per sesi penyiraman, sehingga meningkatkan produktivitas dan kemudahan operasional.

Kajian ini juga menunjukkan bahwa penerapan biochar sebagai bahan organik tambahan memiliki kontribusi signifikan dalam memperbaiki struktur dan kesuburan tanah di lahan pascatambang. Biochar mampu meningkatkan retensi air, memperkaya kandungan nutrisi tanah, dan mengurangi pencemaran logam berat, sehingga mendukung pertumbuhan vegetasi pionir secara optimal. Implementasi ini memberikan manfaat ganda, yakni meningkatkan keberhasilan reklamasi lahan sekaligus mengurangi dampak lingkungan negatif.

Hasil kajian ini membuktikan bahwa kombinasi teknologi modern dengan pendekatan agroforestri dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk reklamasi lahan pascatambang. Sistem ini tidak hanya membantu merehabilitasi ekosistem yang rusak tetapi juga membuka peluang untuk mendukung kesejahteraan masyarakat lokal melalui peningkatan produktivitas pertanian di area reklamasi.

Ke depan, kajian ini dapat diperluas ke skala yang lebih besar dengan beberapa pengembangan tambahan, seperti integrasi sumber air alternatif (misalnya air hujan atau air limbah yang telah diolah), peningkatan teknologi IoT untuk prediksi cuaca, dan penggunaan drone untuk pemantauan lahan. Uji coba dalam berbagai skenario geografis dan jenis tanah yang berbeda juga diperlukan untuk memastikan fleksibilitas dan keandalan sistem.

Dengan potensi yang telah terbukti, Mesin Irigasi Otomatis Berbasis IoT bertenaga Surya ini dapat menjadi model solusi inovatif yang berkelanjutan dalam mendukung rehabilitasi lahan pascatambang, sekaligus memberikan kontribusi positif bagi lingkungan dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia.



DAFTAR PUSTAKA

1. Afkarina KII, Wardana S, Damayanti P. Coal Mining Sector Contribution to Environmental Conditions and Human Development Index in East Kalimantan Province. *J Environ Sci Sustain Dev*. 2019 Dec 31;2(2):192–207.
2. Sun Y, Zuo J, Karakus M, Wen J. A Novel Method for Predicting Movement and Damage of Overburden Caused by Shallow Coal Mining. *Rock Mech Rock Eng*. 2020 Apr 1;53(4):1545–63.
3. Feng Y, Wang J, Bai Z, Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review. *Earth-Sci Rev*. 2019 Apr 1;191:12–25.
4. Werner TT, Bebbington A, Gregory G. Assessing impacts of mining: Recent contributions from GIS and remote sensing. *Extr Ind Soc*. 2019 Jul 1;6(3):993–1012.
5. Setiawan IE, Zhang Z, Corder G, Matsubae K. Evaluation of Environmental and Economic Benefits of Land Reclamation in the Indonesian Coal Mining Industry. *Resources*. 2021 Jun;10(6):60.
6. Susmiyati HR, Harjanti W, Al Hidayah R. Development of the Nusantara Capital, Sustainable Extraction for East Kalimantan. In: Warsilah H, Mulyani L, Nasution IK, editors. *Assembling Nusantara: Mimicry, Friction, and Resonance in the New Capital Development* [Internet]. Singapore: Springer Nature; 2023 [cited 2024 Feb 24]. p. 151–64. (Advances in 21st Century Human Settlements). Available from: https://doi.org/10.1007/978-981-99-3533-8_11

7. Ignatyeva M, Yurak V, Pustokhina N. Recultivation of Post-Mining Disturbed Land: Review of Content and Comparative Law and Feasibility Study. *Resources*. 2020 Jun;9(6):73.
8. Kamarati KFA, Azwari F. Pengelolaan tanaman dan konservasi tanah menentukan tingginya tingkat bahaya erosi di Ujoh Bilang, Mahakam Ulu. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 2023, 7.1: 33-37.
9. Erfandi, Deddy. Pengelolaan lansekap lahan bekas tambang: pemulihan lahan dengan pemanfaatan sumberdaya lokal (in-situ). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2017, 11.2: 55-66.
10. Sari FD, Anwar G, Suharto E. Potensi Biomassa dan Simpanan Karbon pada Agroforestri Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa* Jacobs) dan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Journal of Global Forest and Environmental Science*, 2022, 2.3: 52-62.
11. Worlanyo AS, Jiangfeng L. Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *J Environ Manage*. 2021 Feb 1;279:111623.
12. Yan M, Li X, Liu Y, Li Y, He L, Zhang J. Biochar enhanced soil aggregation and C-related enzyme activity in post-mining land on the Loess Plateau, China. *Land Degrad Dev*. 2022;33(7):1054–61.
13. Ghosh D, Maiti SK. Biochar-assisted eco-restoration of coal mine degraded land to meet United Nation Sustainable Development Goals. *Land Degrad Dev*. 2021;32(16):4494–508.
14. Bolan S, Sharma S, Mukherjee S, Kumar M, Rao ChS, Nataraj KC, et al. Biochar modulating soil biological health: A review. *Sci Total Environ*. 2024 Mar 1;914:169585.
15. Zhang Y, Wang J, Feng Y. The effects of biochar addition on soil physicochemical properties: A review. *CATENA*. 2021 Jul 1;202:105284.
16. Yuanita, Roby, F. Silvi Dwi Mentari, Haryatie Sarie. Use of Biochar to Improve the Quality of Post-Coal Mining Land at

- Pt. Puspa Juwita Flat Land Muara Village Badak District. 2023 Dec 20 [cited 2024 Feb 25]; Available from: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10409749>
17. Dzvene AR, Tesfuhuney WA, Walker S, Ceronio G. Management of Cover Crop Intercropping for Live Mulch on Plant Productivity and Growth Resources: A Review. *Air Soil Water Res.* 2023 Jan;16:11786221231180079.
 18. Scavo A, Fontanazza S, Restuccia A, Pesce GR, Abbate C, Mauromicale G. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. *Agron Sustain Dev.* 2022 Sep 5;42(5):93.
 19. Dewi T, Martono E, Hanudin E. The Shallot Growth and Yield from True Shallot Seed using Biochar, Compost, and Organic Pesticide in Wanasari, Brebes Regency. *J PANGAN.* 2023 Oct 12;32(1):41–52.
 20. Babur E, Süha Uslu Ö, Leonardo Battaglia M, Diatta A, Fahad S, Datta R, et al. Studying soil erosion by evaluating changes in physico-chemical properties of soils under different land-use types. *J Saudi Soc Agric Sci.* 2021 Apr 1;20(3):190–7.
 21. Adekiya AO, Ejue WS, Olayanju A, Dunsin O, Aboyeji CM, Aremu C, et al. Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. *Sci Rep.* 2020 Sep 30;10(1):16083.
 22. Yu H, Ling N, Wang T, Zhu C, Wang Y, Wang S, et al. Responses of soil biological traits and bacterial communities to nitrogen fertilization mediate maize yields across three soil types. *Soil Tillage Res.* 2019 Jan 1;185:61–9.
 23. Punia A, Singh SK. Chapter 1–Contamination of water resources in the mining region. In: Ahamad A, Siddiqui SI, Singh P, editors. *Contamination of Water* [Internet]. Academic Press; 2021 [cited 2024 Feb 26]. p. 3–17. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128240588000153>

24. Maftukhah R, Kral RM, Mentler A, Ngadisih N, Murtiningrum M, Keiblinger KM, et al. Post-Tin-Mining Agricultural Soil Regeneration Using Local Resources, Reduces Drought Stress and Increases Crop Production on Bangka Island, Indonesia. *Agronomy*. 2023 Jan;13(1):50.
25. Nurmalasari AI, Rahayu M, Budiastuti MTS, Kusumahendra MNE. Effectiveness of Biochar and Organic Fertilizer on Growth of Maize in Kayu Putih Agroforestry. In Atlantis Press; 2023 [cited 2024 Feb 26]. p. 3–10. Available from: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icsard-22/125985904>
26. Sihombing R. Pengaruh Penyaradan Kayu Hutan Alam dengan Mesin Pancang Tarik terhadap Kerusakan Tegakan Tinggal di PT Ratah Timber Company. *MEKANIK*. 2020 Feb 20;8(2):94–100.
27. Fauziah F, Fiqa AP, Lestari DA, Budiharta S. Carbon-stock estimation in three types of coal post-mining reclamation at East Kutai Regency, East Kalimantan. *J Penelit Kehutan Wallacea*. 2021 Aug 25;10(2):189.
28. D'Agui HM, van der Heyde ME, Nevill PG, Mousavi-Derazmahalleh M, Dixon KW, Moreira-Grez B, et al. Evaluating biological properties of topsoil for post-mining ecological restoration: different assessment methods give different results. *Restor Ecol*. 2022;30(S1):e13738.
29. Shen G, Wang Z, Liu C, Han Y. Mapping aboveground biomass and carbon in Shanghai's urban forest using Landsat ETM+ and inventory data. *Urban For Urban Green*. 2020 May 1;51:126655.
30. Lestari DM, Rizal S, Dahlianah I. Morfologi Jenis–Jenis Tumbuhan Pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara Bukit Asam Tanjung Enim. *Indobiosains*. 2022 Feb 1;22–7.
31. Arifin Z, Irawan D, Kasim M, Fajar M. Adsorpsi Logam Fe (II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Komposit Kitosan-Karbon Aktif Cangkang Buah Karet. *Semin Nas Tek Kim Kejuangan*. 2018 Jul 2;(0):9.



BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Ruspita Sihombing, S.T., M.T., IPM.

Ruspita Sihombing lahir di Pasar Lama, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara, pada 22 Agustus 1962. Ia merupakan anak kelima dari delapan bersaudara pasangan Turman Sihombing (alm.) dan Tiominar Manullang (alm.).

Pendidikan formalnya dimulai dengan menyelesaikan Diploma-3 Teknik Mesin bidang Teknik Produksi di Universitas Sumatera Utara (1982–1985). Ia kemudian melanjutkan program Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro, Jawa Tengah, dan program Magister Teknik Mesin bidang Konversi Energi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jawa Timur (2002–2004). Gelar doktor diraihinya dari Program Doktor Ilmu Kehutanan di Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur, dengan disertasi tentang peningkatan kapasitas mesin untuk produktivitas penyaradan kayu hutan alam.

Sebagai ahli di bidang *Teknik Mesin Manufaktur*, Ruspita fokus pada pengembangan inovasi teknologi sederhana. Beberapa hasil inovasinya meliputi:

- Alat Pemipil Jagung Portabel (2020 dan 2021) untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan kenyamanan kerja.
- Alat Pengaduk dan Pencetak Limbah untuk Pakan Ternak (2022) yang efisien dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja. Mesin Penggoreng Amplang dengan Penggerak Motor Listrik (2023) untuk meningkatkan hasil dan mempermudah kerja pengrajin.

- Alat Penyiram Otomatis Portabel dengan Tenaga Surya (2024) untuk pemulihan lahan pascatambang.
- Modifikasi Desain Mesin Pancang Tarik (2024) untuk efisiensi pengangkutan kelapa sawit di lahan berbukit.

Komitmennya terhadap inovasi teknologi terus memberikan kontribusi signifikan, baik bagi pengembangan industri lokal maupun keberlanjutan lingkungan.



Amiril Azizah, S.E., M.Si., Ph.D,

adalah staf pengajar pada Jurusan Administrasi bisnis Politeknik negeri Samarinda sejak tahun 1998 sampai sekarang. Menempuh Pendidikan Sarjana (S-1) di Fakultas Ekonomi Universitas Mulawarman dan melanjutkan pendidikan Magister Terapan (S-2) Di Universitas Gadjah Mada Kemudian melanjutkan Pendidikan Doktor (S-3) di Victoria University, Melbourne Australia. Pengalaman dalam organisasi saat ini sebagai Kepala Pusat Kajian dan Pengabdian pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Samarinda. Ketertarikan ilmu dalam kajiann adalah akuntansi, corporate governance, risk management, corporate reputation. Dalam bidang pengajaran mata kuliah yang diampu adalah Akuntansi, Komputer akuntansi, Perpajakan, Studi kelayakan Bisnis, Manajemen Keuangan, Marketing research, Innovation and technology of marketing.



Kiamah Fathirizki, A.K, S.Hut., M.Hut.

lahir di Samarinda pada 8 Oktober 1993, merupakan seorang dosen di Program Studi Pengelolaan Hutan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Beliau menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di bidang Ilmu Kehutanan di Universitas Mulawarman. Berbekal pengalaman kerja di

berbagai sektor kehutanan dan pertambangan, Kiamah memiliki spesialisasi dalam pengelolaan hutan, analisis kualitas lingkungan, serta kajian berbasis teknologi spasial.

Sebagai akademisi, beliau aktif menulis artikel ilmiah, di antaranya mengulas topik kualitas air, konservasi tanah, dan potensi karbon. Selain itu, Kiamah telah menghasilkan karya buku dan memperoleh sejumlah Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dalam bentuk peta analisis dan model spasial. Komitmennya pada pengembangan ilmu dan keberlanjutan tercermin dalam berbagai pelatihan, sertifikasi, dan pengabdian masyarakat, termasuk implementasi pertanian berkelanjutan.

Biodata ini mencerminkan dedikasinya dalam memberikan kontribusi nyata terhadap pengelolaan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan.



Pandhu Rochman, S.P., S.T.P., M.Sc.

adalah dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan di Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Beliau menyelesaikan studi S1 di Teknik Pertanian Biosistem dan S2 di Agribisnis, keduanya di Universitas Gadjah Mada. Keahliannya meliputi efisiensi penggunaan alat pertanian, agribisnis, dan pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan.

Sebagai akademisi, Pandhu telah terlibat dalam berbagai kajian, termasuk pengaruh ekosistem terarium terhadap minat wirausaha mahasiswa. Dalam bidang pengabdian masyarakat, beliau berkontribusi melalui kegiatan pemberdayaan kelompok tani dengan inovasi seperti pemanfaatan limbah serbuk kayu untuk pembuatan pupuk bokashi dan pelatihan pembuatan kompos dari limbah rumah tangga. Selain itu, Pandhu aktif dalam forum ilmiah dan telah mengikuti program Summer School Agroedutourism di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Biodata ini menggambarkan komitmen Pandhu dalam mengembangkan pendidikan dan inovasi di bidang agribisnis serta mendukung keberlanjutan sektor pertanian.



Adnan Putra Pratama, S.P., M.Sc.

lahir di Tolitoli pada 20 Oktober 1992, adalah dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan di Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Beliau menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Agribisnis di Universitas Tadulako dan S2 di bidang Ekonomi Pertanian di Universitas Gadjah Mada. Sebagai Asisten Ahli, beliau memiliki keahlian dalam manajemen industri pertanian, penyuluhan, serta kewirausahaan berbasis agribisnis.

Adnan aktif melakukan kajian, termasuk daya saing kelapa sawit dan pengembangan alat produksi otomatis untuk industri kecil. Dalam pengabdian masyarakat, beliau terlibat dalam pemberdayaan kelompok tani, pelatihan teknologi pertanian, dan penyuluhan pemenuhan gizi berbasis makanan sehat. Beliau juga telah menerbitkan buku di bidang pemasaran hasil pertanian dan memperoleh sejumlah Hak Kekayaan Intelektual (HKI) terkait inovasi agribisnis.

Biodata ini mencerminkan dedikasi Adnan dalam memajukan sektor agribisnis dan memberdayakan masyarakat melalui inovasi dan pendidikan.



Zainal Arifin, S.T., M.Eng.

lahir di Sukoharjo, Jawa Tengah pada 9 Mei 1978. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta tahun 2002 kemudian melanjutkan pendidikan pascasarjana S-2 pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM dan lulus tahun 2008.

Pada tahun 2020, penulis berhasil memperoleh gelar profesi Insinyur Profesional Madya (IPM) dari PII. Penulis berkarier sebagai dosen tetap di Jurusan Teknik Kimia Politeknik

Negeri Samarinda mulai 2003-sekarang dengan minat bidang riset yaitu Rekayasa Proses, Teknologi Separasi, dan Energi Terbarukan. Mata kuliah teori maupun praktikum yang diampu antara lain: Perpindahan Massa Termal, Perpindahan Massa Difusional, Manajemen Perawatan, Praktikum Pengendalian Proses, dan Praktikum Pilot Plant. Penulis juga aktif sebagai Asesor BNSP dan Reviewer Nasional Program Kreativitas Mahasiswa (PKM).



Wahyuni Eka Sari, S.Kom., M.Eng.

Wahyuni Eka Sari, lahir di kota Samarinda, menyelesaikan studi S1 bidang informatika tahun 2014 dan S2 bidang teknologi informasi tahun 2016. penulis menggeluti bidang pemrograman web dan android sejak tahun 2012. berpengalaman menjadi dosen sejak tahun 2016 hingga saat ini di Politeknik Negeri

Samarinda program studi Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, dan Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur



Dr. Ir. Agus Wiramsya Oscar, S.T., M.T., CPI., IPU.

adalah HSEC Director dan Kepala Teknik Tambang di PT. Insani Baraperkasa (IBP) mulai 2021 sampai sekarang dan dosen Tetap di Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin.

Revolusi Irigasi



Rancang Bangun Sistem Otomatis
Berdasarkan IoT untuk Lahan Pasca Tambang



Kemajuan teknologi memberikan peluang besar untuk mengatasi tantangan dalam berbagai sektor, termasuk optimalisasi lahan pasca tambang yang sering kali menghadapi persoalan terkait degradasi tanah dan minimnya produktivitas. Salah satu pendekatan inovatif yang kini menjadi solusi adalah pemanfaatan Internet of Things (IoT) dan energi surya sebagai teknologi utama dalam sistem irigasi otomatis. Melalui teknologi ini, tidak hanya efisiensi penggunaan air yang dapat dicapai, tetapi juga keberlanjutan pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber daya utama.

Buku ini hadir sebagai panduan dan inspirasi bagi para akademisi, praktisi, dan masyarakat umum yang tertarik dengan pengembangan teknologi berbasis IoT dan energi surya. Dalam konteks pengelolaan lahan pasca tambang, irigasi otomatis menjadi salah satu solusi terobosan untuk meningkatkan produktivitas lahan dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan.

Melalui buku ini, pembaca akan diajak untuk memahami prinsip-prinsip dasar teknologi IoT, mekanisme pemanfaatan energi surya, serta proses rancang bangun sistem irigasi otomatis. Tidak hanya itu, buku ini juga memberikan gambaran implementasi nyata, studi kasus, dan analisis manfaat yang telah terbukti efektif dalam pengelolaan lahan pasca tambang. Semua ini disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami tanpa mengurangi kedalaman informasi.



literasi nusantara



Anggota IKAPI No. 209/JT/2018
✉ penerbitlitnus@gmail.com
🌐 www.penerbitlitnus.co.id
📧 @litnuspenerbit
📱 literasinusantara_

☎ 085755971589

Pendidikan

+17

ISBN 978-623-127-361-1



9 786231 273611