

Gagasan Website Strawergize sebagai Sistem Pengawasan dan Pengendalian Konversi Limbah Padi untuk Energi Terbarukan di Daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara

Strawergize Website Idea as a Monitoring and Control System for Rice Straw Conversion into Renewable Energy in Underserved (3T) Areas of Southeast Sulawesi Province

Ufiya Sabrina Aqila Tamma¹, Dhiyaa Jauzaa Az Zahra², Elang Himawan³

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Program Studi Ilmu Komunikasi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Diponegoro

³Program Studi Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

¹ufiyaaqila@gmail.com, ²dhiyaaajauzaa13@gmail.com*, ³elanghimawan610@gmail.com*

Abstract

There are four regencies in Southeast Sulawesi that are still classified as underdeveloped, frontier, and outermost areas (3T) with limited access to electricity. Meanwhile, Southeast Sulawesi has significant potential to convert rice waste into electrical energy, as it was recorded as the fourth-largest rice producer nationally in 2024. However, there is currently no technology that supports the practical implementation of this potential. This study aims to address the challenges of processing rice waste into biomass power generation that has not been optimally developed in Southeast Sulawesi. Therefore, the Strawergize website was developed as a Community-based Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) platform designed to support renewable energy distribution from rice waste in 3T areas of Southeast Sulawesi. SCADA integrates the website with equipment used to monitor, control, and collect data from the biomass power generation process. The research methods using analysis include 4A, PESTEL, Porter's Five Forces, stakeholders, and AIDA. Data were collected through secondary data analysis of existing conditions and literature studies. Previous studies indicate that rice waste contains highly combustible materials with a higher heating value of up to 13.82 MJ/kg. The estimated energy potential of rice straw and rice husk in Southeast Sulawesi reaches 9,600 GJ/year and 1,700 GJ/year. The results show that the Strawergize website with Community-based SCADA has the potential to meet electricity needs and address challenges in converting rice waste into electrical energy. Thus, the Strawergize website can support renewable energy distribution in 3T areas of Southeast Sulawesi.

Keywords: *renewable energy, electricity conversion, rice waste, Sulawesi Tenggara.*

Abstrak

Terdapat 4 kabupaten di Provinsi Sulawesi Tenggara yang masih tergolong sebagai daerah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar) yang kesulitan mengakses listrik. Padahal, Provinsi Sulawesi Tenggara berpotensi besar untuk mengkonversi limbah padi menjadi energi listrik, sebagaimana tercatat sebagai penghasil padi terbesar ke-4 nasional pada tahun 2024. Namun, saat ini belum ada teknologi yang mendukung implementasi nyata potensi tersebut. Penelitian ini bertujuan mengatasi tantangan pengolahan limbah padi sebagai energi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) yang belum optimal di Provinsi Sulawesi Tenggara. Untuk itu dikembangkan website Strawergize, sebuah website berbasis *Community-based Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), yang dirancang untuk mendukung distribusi energi terbarukan dari limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. *Community-based* SCADA mengintegrasikan website dengan alat yang dipakai untuk mengawasi, mengendalikan, dan mengumpulkan data dari proses pengelolaan PLTBm. Metode penelitian mencakup analisis 4A, PESTEL, *Porter's Five Forces*, *Stakeholders*, dan evaluasi AIDA. Data dikumpulkan melalui analisis sekunder mengenai kondisi eksisting dan studi literatur. Penelitian terdahulu membuktikan bahwa limbah padi memiliki kandungan zat mudah terbakar yang sangat tinggi dengan nilai kalor atas mencapai 13,82 MJ/kg. Diperkirakan, potensi energi jerami dan sekam padi di Provinsi Sulawesi Tenggara masing-masing mencapai 9.600 GJ/Tahun dan 1.700 GJ/Tahun. Hasil kajian ini menunjukkan

bahwa website Strawergize dengan *Community-based* SCADA berpotensi efektif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan mengatasi tantangan konversi limbah padi menjadi listrik. Dengan demikian, website Strawergize dapat mendukung distribusi energi terbarukan di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara.

Kata kunci: energi terbarukan, konversi listrik, limbah padi, Sulawesi Tenggara.

Pendahuluan

Nun jauh dari Pulau Jawa, terdapat suatu daerah seluas 36.160 km² yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang amat melimpah, yakni Sulawesi Tenggara. Bumi Anoa ini sangat produktif dalam menghasilkan beragam sumber daya di beberapa sektor, seperti pertanian, kehutanan, perikanan, pertambangan, penggalian, perdagangan besar dan eceran, hingga konstruksi dan reparasi kendaraan^[1]. Melalui berbagai upaya tersebut, Sulawesi Tenggara berhasil mencapai pertumbuhan ekonomi. Menurut data milik Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara^[2], Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di daerah ini pada triwulan 2 tahun 2025 mengalami pertumbuhan sebesar 5,69%. Berdasarkan lapangan usaha, sektor pertanian berkontribusi dominan terhadap nilai PDRB di provinsi ini dengan persentase mencapai 24,57%. Ini menandakan bahwa aktivitas ekonomi di daerah Sulawesi Tenggara, khususnya dalam lapangan usaha pertanian, mengalami peningkatan secara umum.

Namun, di tengah-tengah kegemilangan tersebut, puluhan desa di Sulawesi Tenggara masih belum diberi kesempatan untuk bersinar. Terdapat 4 Kabupaten di wilayah ini yang masih tergolong sebagai daerah Tertinggal, Terdepan, dan Terluar (3T). Salah satu permasalahan yang belum teratasi adalah ketidakmerataan akses listrik di daerah-daerah 3T tersebut. Sebanyak 10,8 ribu rumah tangga di daerah Sulawesi Tenggara masih hidup dalam kegelapan, hanya ditemani cahaya bulan dari malam ke malam^[3]. Mayoritas daerah yang belum mendapatkan akses listrik yang memadai adalah daerah-daerah 3T yang ada di Sulawesi Tenggara. Kondisi ini sangat disayangkan sebab Sulawesi Tenggara yang kaya akan sumber daya justru memiliki realitas ketimpangan yang sangat besar. Terdapat banyak sumber daya yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik bagi masyarakat 3T di daerah Sulawesi Tenggara, baik melalui energi tak terbarukan ataupun energi baru terbarukan (EBT).

Sebagai daerah yang unggul di bidang pertanian, perhutanan, dan perikanan, Bumi Anoa ini memiliki potensi yang besar untuk memanfaatkan keunggulan tersebut sebagai pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm). Langkah pertama yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah 3T adalah dengan melakukan analisis potensi EBT serta merumuskan sistem pembangkit listrik yang relevan untuk diterapkan di daerah tersebut^[4]. Dari tahun ke tahun, padi menjadi salah satu produk yang mengalami peningkatan produksi di Sulawesi Tenggara. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 2025, produksi padi di Provinsi Sulawesi Tenggara mencapai 478.958,03 ton pada tahun 2022. Pada tahun 2023, produksinya mencapai 479.407,25 ton, dan pada 2024, produksi padi meningkat dengan signifikan mencapai 555.836,08 ton. Menariknya, salah satu daerah 3T di Sulawesi Tenggara yakni Kabupaten Konawe menyumbang angka yang paling tinggi di atas rata-rata produksi mencapai 216.347,48 ton di tahun 2024. Pengolahan padi hingga menjadi beras melalui berbagai tahapan. Di setiap proses pengolahannya, selalu tersisa limbah yang cukup banyak, seperti sekam padi dan jerami. Limbah-limbah tersebut menjadi pencemar lingkungan karena belum dimanfaatkan dengan baik. Padahal, limbah padi dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai sumber energi yang mampu menghasilkan energi listrik. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat di daerah 3T Sulawesi Tenggara belum memaksimalkan potensi tersebut.

Penelitian terdahulu sudah banyak memetakan potensi limbah padi sebagai sumber energi alternatif. Potensi energi dari limbah padi diperkirakan mencapai 11.300 GJ/tahun, dengan energi jerami mencapai 9.600 GJ/tahun dan sekam padi sebesar 1.700 GJ/tahun^[5]. Pemanfaatan limbah padi sebagai energi alternatif juga telah disosialisasikan kepada masyarakat. Di Kalimantan Utara, masyarakat telah diberikan pelatihan pembuatan briket yang kemudian dapat menjadi bahan bakar untuk energi alternatif^[6]. Penelitian-penelitian tersebut hanya sekadar menganalisis potensi limbah padi sebagai energi ataupun melakukan

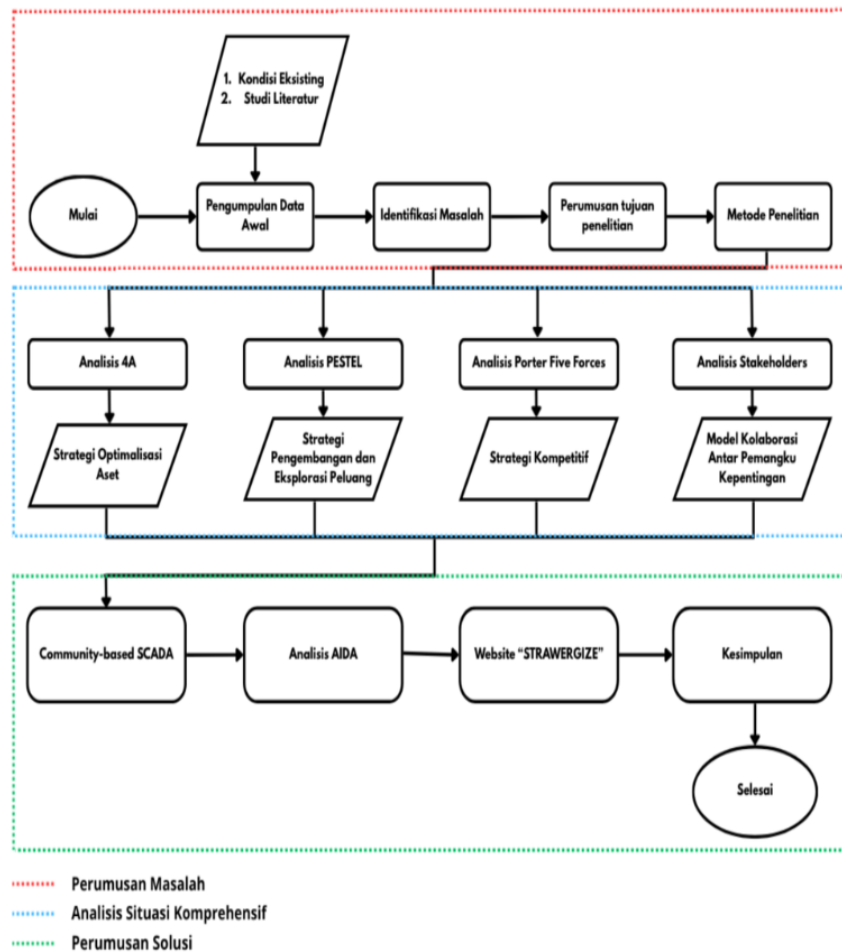
pengabdian berbentuk ceramah kepada masyarakat. Meskipun inovasi ini potensial, penelitian hanya sekadar menjadi tulisan akademis apabila penelitian-penelitian tersebut tidak diimplementasikan dalam gagasan yang nyata.

Oleh karena itu, karya tulis ini berupaya untuk menciptakan gagasan berupa inovasi website Strawergize yang diterapkan berdasarkan prinsip *Community-based Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Strawergize merupakan inovasi platform digital yang mendorong implementasi konversi listrik dari limbah padi di Sulawesi Tenggara sehingga dapat dijangkau dengan mudah oleh masyarakat di daerah 3T Sulawesi Tenggara. Platform ini berbasis *community-based* SCADA sehingga berfokus dalam merintis dan memonitor implementasi melalui komunitas. Platform ini menyatukan komunitas dari berbagai daerah untuk mendukung implementasi dengan menjadi tenaga ahli, *engineer*, donatur, maupun pembelajar pemula. Hal ini sekaligus dapat membuka lapangan pekerjaan dan mempromosikan energi baru terbarukan. *Pilot project* dari Strawergize dilaksanakan di daerah 3T yang belum mendapat aliran listrik namun kaya akan limbah padi, sehingga sekaligus dapat mendukung 100% rasio elektrifikasi nasional tahun 2029. Melalui fitur *real-time monitoring*, implementasi dapat terus berjalan secara berkelanjutan.

Karya tulis ini menawarkan gagasan yang dinamakan Strawergize sebagai solusi menyeluruh berupa website yang terintegrasi dengan berbagai *stakeholders* untuk tantangan distribusi energi listrik yang belum merata khususnya di daerah 3T Sulawesi Tenggara. Dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT), inovasi ini mampu meningkatkan pemerataan distribusi energi listrik di daerah 3T, khususnya di Sulawesi Tenggara. Dengan demikian, masyarakat dapat hidup dengan lebih sejahtera karena solusi ini mendorong pertumbuhan ekonomi lokal dan kemudahan akses di daerah 3T Sulawesi Tenggara. Inovasi ini selaras dengan nilai-nilai *Sustainable Development Goals* yang mendukung kehidupan berkelanjutan, khususnya pada poin ke 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), poin 9 (Infrastruktur, Industri, dan Inovasi), poin 11 (Kota dan Komunitas yang Berkelanjutan), dan poin 17 (Kemitraan untuk Mencapai Tujuan).

Metode Penelitian

Penulisan karya ilmiah ini dimulai dari perumusan masalah, analisis situasi komprehensif, dan perumusan solusi strategis untuk pengembangan PLTBm dari limbah padi di Daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara melalui website Strawergize. Alur berpikir dimulai dari mengumpulkan data awal mengenai kondisi eksisting dan penelitian terdahulu (studi literatur). Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah utama yang dihadapi, misalnya potensi PLTBm dari limbah padi yang hanya sebatas analisis dan belum mengarah ke inovasi teknologi pendukung. Kemudian, dilakukan penentuan tujuan dan metode penelitian untuk menjawab permasalahan tersebut. Alur berpikir tersebut ditunjukkan dalam kerangka pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Alur berpikir penelitian

Pada analisis situasi komprehensif, beberapa metode yang diterapkan adalah analisis 4A, analisis PESTEL, dan analisis *Porter's Five Forces*. Kemudian, analisis tersebut akan menghasilkan rekomendasi berupa pemanfaatan teknologi berbasis sistem *Community-based SCADA*. Semua analisis ini menghasilkan sebuah inovasi digital berupa *website* Strawergize yang mengintegrasikan teknologi PLTBm dari limbah padi dengan pemantauan *real-time* dalam *Community-based SCADA* untuk mewujudkan Daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara yang teraliri listrik secara inklusif dari pemanfaatan sumber daya lokal berupa limbah pertanian. Adapun rincian setiap analisis yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Analisis yang Digunakan dalam Penelitian

Analisis	Deskripsi	Tujuan
Analisis 4A	Analisis 4A digunakan untuk meninjau potensi pengolahan limbah padi menjadi energi listrik di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara berdasarkan aspek-aspek kunci, yakni <i>Attraction</i> (daya tarik), <i>Amenity</i> (fasilitas pendukung), <i>Accessibility</i> (aksesibilitas), dan <i>Ancillary</i> (fasilitas penunjang). Fokus utama analisis ini adalah mengidentifikasi potensi yang ada, pihak yang terlibat, fasilitas pendukung dan penunjang yang bisa dioptimalkan, serta aksi prioritas. Analisis ini diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan strategi yang efektif dalam upaya elektrifikasi berbasis limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Hasil analisis ini adalah gambaran kondisi eksisting beserta fasilitas pendukung dan penunjang yang dapat dioptimalkan.	Menyusun strategi yang efektif dalam upaya konversi listrik dari limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara.
Analisis PESTEL	Analisis PESTEL ((<i>Political, Economic, Social, Technological, Environmental, dan Legal</i>) bertujuan untuk mengidentifikasi faktor eksternal yang berpengaruh terhadap upaya konversi limbah padi menjadi energi listrik di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Analisis ini memberikan pandangan yang komprehensif terhadap peluang dan tantangan yang ada berdasarkan aspek politik, hukum, ekonomi, sosial, teknologi, dan lingkungan. Hasilnya dapat menjadi dasar dalam memanfaatkan peluang eksternal yang ada serta menghadapi tantangan dalam upaya konversi listrik dari limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara melalui website Strawergize dengan <i>Community-based SCADA</i> .	Memberikan arah dalam memanfaatkan peluang eksternal dan menghadapi tantangan dalam upaya konversi listrik dari limbah padi di wilayah studi melalui website Strawergize dengan <i>Community-based SCADA</i> .
Analisis <i>Porter's Five Forces</i>	Analisis <i>Porter's Five Forces</i> bertujuan untuk memahami kekuatan persaingan dalam pemanfaatan limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai bahan baku listrik PLTBm. Analisis ini mengidentifikasi pesaing, kekuatan tawar kepada pembeli dan pemasok bahan baku, intensitas kompetisi pasokan bahan baku dan industri listrik, serta produk substitusi sehingga dapat digunakan untuk evaluasi daya saing. Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan untuk merumuskan strategi kompetitif di pasar ^[7] .	Merumuskan strategi untuk mencapai posisi kompetitif di pasar.

Hasil dan Pembahasan

Analisis 4A

Dalam upaya konversi limbah padi menjadi listrik melalui website Strawergize dengan *Community-based SCADA*, maka analisis 4A menjadi fondasi utama untuk mengevaluasi potensi sumber daya yang ada. Analisis 4A tersebut termuat dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Rincian Analisis 4A

Analisis	Kelebihan	Kekurangan	Ancaman
<i>Attraction</i> (daya tarik)	Program energi terbarukan pertama yang memanfaatkan limbah padi di daerah 3T sehingga dapat menarik perhatian investor dan pemerintah.	Konsep yang masih baru sehingga belum banyak contoh sukses dari program ini.	Adanya program bantuan energi listrik lainnya seperti Program Bantuan Pasang Baru Listrik (BPBL) di daerah 3T sehingga prioritas dukungan terhadap program ini rendah.
<i>Amenity</i> (fasilitas pendukung)	Sektor pertanian lokal yang produktif sehingga berpotensi menjadi pusat pengembangan teknologi biomassa dari limbah padi.	Di banyak desa 3T, fasilitas seperti jalan dan bangunan masih terbatas. Kebutuhan mesin PLTBm juga belum ada.	Jika tidak ada dana operasional, fasilitas dan teknologi/mesin berpotensi terbelengkalai dan mengalami kerusakan.

<i>Accessibility</i> (aksesibilitas)	Sumber bahan baku berupa limbah padi yang dekat (dihasilkan sendiri).	Akses infrastruktur jalan di daerah 3T sering buruk menyebabkan biaya angkut limbah padi tinggi.	Cuaca ekstrem atau bencana bisa memutus akses jalan dan distribusi listrik.
<i>Ancillary</i> (fasilitas penunjang)	Peluang memunculkan usaha turunan berupa briket, pupuk organik, dan <i>biochar</i> .	SDM lokal belum terlatih untuk mengelola industri dan bisnis.	Perubahan kebijakan pemerintah terhadap daerah 3T bisa berpengaruh terhadap inovasi yang diterapkan disana.

Berdasarkan analisis 4A, didapatkan hasil berupa diperlukannya inovasi demi mengatasi keterbatasan fasilitas pendukung dan penunjang, serta ancaman terhadap daya tarik, fasilitas pendukung, dan fasilitas penunjang pembangunan PLTBm di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Hal ini bertujuan agar memprioritaskan langkah utama yang bisa ditempuh dan dikendalikan, di luar dari kebijakan pemerintah dan kondisi cuaca yang tidak menentu. Maka dari itu, disarankan adanya strategi berupa digitalisasi yang mengintegrasikan informasi *real-time* untuk menggali dukungan dari masyarakat luas terhadap fasilitas yang ada. Selain itu, digitalisasi diharapkan dapat mendorong manajemen sumber daya terpadu terutama dalam pelatihan SDM setempat untuk mengelola PLTBm, misalnya dengan mendatangkan tenaga ahli yang bisa melatih SDM setempat. Digitalisasi juga dapat meningkatkan sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan sektor swasta melalui pembentukan komunitas berbasis website. Pada akhirnya, inovasi ini akan mendorong pemberdayaan masyarakat di daerah 3T dalam kemandirian energi berbasis potensi lokal.

Analisis PESTEL

Analisis PESTEL (*Political, Economic, Social, Technological, Environmental, dan Legal*) menjadi alat yang efektif untuk melihat faktor-faktor eksternal dari peraturan pemerintah, kondisi ekonomi dan dinamika sosial, perkembangan teknologi, permasalahan lingkungan, serta aspek hukum yang berpengaruh terhadap perkembangan dan implementasi *Community-based SCADA* melalui website Strawergize. Berikut ini adalah rincian dari analisis PESTEL:

1. Politik (*Political*) dan Hukum (*Legal*)

Pengembangan PLTBm yang mengonversikan limbah organik seperti limbah padi memerlukan dukungan besar dari aspek politik dan hukum. Indonesia menjadi salah satu negara yang berkomitmen penuh untuk mewujudkan cita-cita global, yakni *Sustainable Development Goals*^[8]. Cita-cita ini diamini dalam visi-misi Indonesia Emas 2045. Pemerintah telah mengatur berbagai regulasi yang ditujukan untuk mencapai tujuan ini, salah satunya telah termaktub dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi. Ini menandakan bahwa regulasi mendukung adanya transisi energi bersih. Lebih lanjut, implementasi aturan tersebut kemudian dituliskan dalam Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.

Lebih jauh lagi, Pemerintah Daerah Sulawesi Tenggara juga mencantumkan unsur-unsur inklusivitas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Periode 2025-2029. Di dalam RPJMD tersebut, Pemerintah Sulawesi Tenggara memiliki tujuan dan sasaran untuk mewujudkan transformasi ekonomi melalui pembangunan inklusif dan berkelanjutan, penciptaan lapangan kerja, kewirausahaan, dan pengembangan ekonomi kreatif. Di sisi lain, adanya PLTBm dari limbah padi ini dapat mendukung tujuan dan sasaran berupa transformasi ekonomi tersebut secara berkelanjutan.

Melalui regulasi-regulasi tersebut, dapat dimaknai bahwa pemerintah pusat dan daerah memiliki komitmen yang kuat untuk mendorong transisi energi bersih di Indonesia maupun di Sulawesi Tenggara melalui perumusan kebijakan dan strategi. Oleh karena itu, gagasan yang diajukan dalam karya tulis ilmiah ini, yakni website Strawergize dengan *Community-based SCADA* berpotensi besar untuk mendapat dukungan pemerintah.

2. Ekonomi (*Economic*)

Pembangunan suatu daerah sangat erat kaitannya dengan kondisi ekonomi di daerah tersebut. Salah satu alat ukur kondisi ekonomi suatu daerah adalah analisis ketimpangan pendapatan. Ketimpangan tersebut salah satunya dapat diukur melalui Koefisien Gini. Rata-rata Koefisien Gini di Sulawesi Tenggara pada tahun 2016-2019 sangat bervariasi dan mengalami fluktuasi. Rata-rata Koefisien Gini pada periode tersebut berada pada 0,401. Ini menunjukkan bahwa kondisi ketimpangan di daerah Sulawesi Tenggara berada pada tingkat sedang menuju tinggi^[9]. Penelitian tersebut juga menemukan bahwa tingkat kemiskinan masyarakat Sulawesi Tenggara berada pada angka 11,99%. Ini menunjukkan bahwa sebagian masyarakat Sulawesi Tenggara masih berada pada kategori miskin. Daerah 3T menjadi salah satu daerah yang paling rentan akan kemiskinan dan ketimpangan. Kemudahan akses energi memiliki pengaruh terhadap perkembangan ekonomi^[10]. Oleh karena itu, pemerataan energi listrik menjadi masalah krusial dalam mengatasi permasalahan ini.

3. Sosial (*Social*)

Faktor sosial sangat mempengaruhi keberhasilan implementasi inovasi di suatu daerah. Daerah 3T di Sulawesi Tenggara salah satunya memiliki kondisi geografis yang menantang. Salah satu daerah 3T di Sulawesi Selatan, yakni Kabupaten Konawe Selatan, hanya dapat diakses melalui jalur laut dengan waktu tempuh satu hingga dua jam^[11]. Tidak hanya itu, masyarakat daerah ini juga memiliki tingkat pendidikan yang rendah. Mayoritas masyarakat atau sebesar 30,34% berada pada kondisi tidak sekolah dan 22,52% masyarakatnya hanya lulusan sekolah dasar (SD)^[12]. Untuk mengimplementasikan inovasi tertentu, pemberdayaan masyarakat lokal dan edukasi menjadi kunci penting supaya program ini mampu diterima di masyarakat. Oleh karena itu, Strawergize sebagai website yang integratif dan inklusif juga menyediakan upaya edukasi bagi masyarakat lokal supaya mampu berdaya dan sejahtera melalui pendatangan tenaga ahli yang terus dimonitor dalam website.

4. Teknologi (*Technological*)

Pembangunan daerah 3T menjadi prioritas pemerintah sejak tahun 2020^[13]. Daerah 3T merupakan daerah-daerah yang timpang jika dibandingkan dengan daerah lain. Salah satu problematika utama di daerah 3T adalah tingkat aksesibilitas yang terbatas, termasuk keterbatasan akses teknologi^[14]. Masyarakat daerah 3T biasanya tidak mampu mengakses fasilitas-fasilitas yang umum di daerah lain, seperti energi listrik. Akibatnya, muncul berbagai masalah yang mengakar, seperti tingkat kemiskinan yang tinggi, tingkat pendapatan yang rendah, tingkat pendidikan yang rendah, dan kualitas SDM yang rendah karena masalah utamanya belum dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan adanya website Strawergize yang merupakan teknologi perintis konversi limbah padi menjadi energi listrik, daerah 3T di Sulawesi Tenggara diharapkan dapat mengakses energi listrik dengan mudah dan tingkat ketimpangan akan menurun karena pemerataan listrik.

5. Lingkungan (*Environmental*)

Padi merupakan makanan pokok yang umum dimakan oleh masyarakat Indonesia, termasuk di Sulawesi Tenggara. Produksi padi di daerah Sulawesi Tenggara mengalami kenaikan setiap tahunnya. Di lain sisi, limbah padi yang dihasilkan pun meningkat karena pengolahan padi menjadi beras melalui tahapan yang panjang dan setiap tahapannya menghasilkan limbah. Oleh karena masyarakat daerah 3T di Sulawesi Tenggara masih belum mampu memanfaatkan limbah padi tersebut, terjadilah pembuangan limbah sembarangan yang kemudian mengganggu kehidupan masyarakat. Ini menunjukkan bahwa perlu adanya inovasi dan strategi yang mampu mengatasi permasalahan masifnya limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Oleh karena itu, website Strawergize berbasis *Community-based* SCADA mampu menjadi solusi yang tepat untuk permasalahan ini.

Analisis Porter's Five Forces

Analisis *Porter's Five Forces* adalah konsep yang digunakan untuk merumuskan strategi bersaing. Analisis bertujuan untuk menganalisis kekuatan kompetitif yang meliputi ancaman pendatang baru, kekuatan tawar-menawar pemasok dan pembeli, ancaman produk pengganti, serta persaingan industri, peluang, dan tantangan yang ada dalam website Strawergize dengan *Community-based SCADA*. Berikut adalah rincian dari analisis *Porter's Five Forces*:

1. **Ancaman Pendatang Baru (*Threat of New Entrants*)**
Hambatan dalam upaya konversi listrik dari limbah padi di Provinsi Sulawesi Tenggara meliputi investasi awal atau modal yang besar, kebijakan pemerintah, serta SDM lokal dan aksesibilitas infrastruktur yang terbatas. Namun, pasar energi terbarukan di daerah 3T masih relatif terbuka, sesuai target elektrifikasi nasional 100% pada tahun 2029. Dengan demikian, adanya pasar energi terbarukan yang terbuka memungkinkan adanya ancaman dari pendatang baru yang dapat dipengaruhi juga oleh hambatan masuk (aksesibilitas dan pembiayaan) dan kecepatan perubahan teknologi.
2. **Kekuatan Tawar Pemasok (*Bargaining Power of Suppliers*)**
Pemasok bahan baku utama inovasi ini adalah petani dengan konsistensi pasokan bergantung pada musim panen. Selain itu, kualitas limbah padi bervariasi yang dapat mempengaruhi efisiensi pembangkit. Jika di daerah 3T tersebut ada sedikit kelompok tani tapi dalam skala besar, kekuatan tawar yang ada bisa tinggi. Begitupun sebaliknya, jika ada banyak kelompok tani dengan skala lebih kecil, kekuatan tawar bisa berkurang. Digitalisasi dapat mendorong berkurangnya kekuatan tawar pemasok limbah padi ini dengan menyediakan lebih banyak informasi dan opsi petani yang menghasilkan limbah padi. Dengan demikian, digitalisasi melalui website Strawergize dengan *Community-based SCADA* ini dapat mengurangi ketergantungan pada pemasok tertentu^[15].
3. **Kekuatan Tawar Pembeli (*Bargaining Power of Buyers*)**
Di daerah 3T, permintaan listrik cukup tinggi karena akses listrik terbatas serta pembeli membutuhkan pasokan yang stabil. Selain itu, terdapat tantangan berupa harga listrik diatur oleh pemerintah, sehingga ruang penetapan harga terbatas. Digitalisasi melalui website Strawergize dengan *Community-based SCADA* dapat mengatasi tantangan tersebut melalui peningkatan transparansi harga penjualan listrik, menawarkan nilai tambah perekonomian berupa produk samping, dan mempermudah akses informasi bagi konsumen terutama untuk mendapatkan pasokan listrik yang stabil.
4. **Ancaman Produk Pengganti (*Threat of Substitutes*)**
PLTBm menggunakan sumber daya lokal, sehingga lebih berkelanjutan dibanding diesel. Namun, terdapat tantangan dari sumber energi alternatif seperti PLTS (solar) sudah ada dan relatif mudah dipasang di daerah 3T. Biaya investasi awal PLTS terus turun sehingga menjadi pesaing kuat. Digitalisasi melalui website Strawergize dengan *Community-based SCADA* dapat mengurangi ancaman ini dengan menawarkan keunggulan kompetitif yang membedakan produk dan layanan dari pesaing, yakni berbasis potensi lokal dari pemanfaatan limbah padi sebagai siklus ekonomi sirkular. Siklus ini bermanfaat bagi keberlanjutan lingkungan serta dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat setempat.
5. **Kekuatan Persaingan Industri (*Industry Rivalry*)**
Belum banyak PLTBm berbahan limbah padi di Sulawesi Tenggara, sehingga tingkat persaingan masih rendah. Namun, persaingan bisa datang dari proyek energi terbarukan lain, seperti PLTS dan PLTA. Tantangan lainnya adalah jika ada lebih dari satu proyek PLTBm, kompetisi untuk pasokan limbah padi bisa meningkat. Digitalisasi melalui website Strawergize dengan *Community-based SCADA* dapat membantu dalam menghadapi persaingan dengan meningkatkan efisiensi dan transparansi operasional, serta menawarkan nilai tambah yang membedakan dari pesaing.

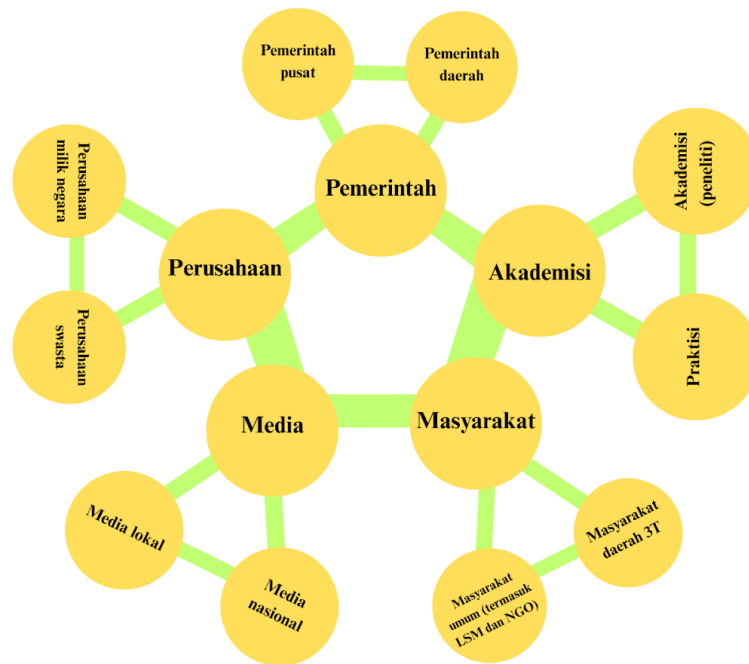
Analisis Stakeholders

Analisis *stakeholders* adalah konsep yang digunakan untuk mengidentifikasi pemangku kepentingan utama yang memiliki peran penting dalam implementasi inovasi. Analisis ini digunakan untuk menganalisis peran dan pengaruh yang dimiliki oleh setiap pemangku kepentingan. Melalui analisis ini, dapat ditentukan cara mereka berinteraksi yang mempengaruhi keberhasilan implementasi. Rincian analisis *stakeholders* terdapat dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rincian Analisis *Stakeholders*

<i>Stakeholder</i>	Kepentingan	Pengaruh	Peran	Strategi Pemberdayaan
Pemerintah	Pengembangan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat 3T.	Tinggi	Pembuat kebijakan, pengatur regulasi, dan pemberi dana.	Menyusun kebijakan yang relevan untuk implementasi gagasan ini.
Akademisi	Penelitian, data analisis, dan penerapan disiplin ilmu untuk solusi praktis.	Tinggi	Peneliti, penyedia rekomendasi berbasis data, serta perancang dan eksekutor pelatihan.	Melakukan riset terkait program pelatihan masyarakat berbasis data dan dukungan ilmiah lainnya.
Masyarakat 3T	Kesejahteraan, inklusivitas, dan pemberdayaan.	Tinggi	Penerima manfaat sekaligus operator Strawertzige dengan <i>Community-based</i> SCADA.	Terlibat secara langsung dalam perencanaan, pelaksanaan proyek, sekaligus mengoperasikan Strawertzige dan PLTBm diawali dengan pelatihan.
Masyarakat Umum	Pendukung gagasan.	Tinggi	Pendukung realisasi gagasan melalui pemberian donasi, <i>volunteer</i> , dan bersedia mempelajari kursus-kursus yang tersedia di Strawertzige.	Mempelajari kursus-kursus yang tersedia di Strawertzige, memantau perkembangan Strawertzige, dan memberi bantuan donasi maupun tenaga (<i>volunteer</i>).
Tokoh Masyarakat	Penghubung dan penggerak masyarakat.	Tinggi	Penggerak dan penghubung masyarakat dengan <i>stakeholders</i> lainnya.	Membangun kepercayaan dan memotivasi partisipasi masyarakat setempat.
Perusahaan Listrik Negara (PLN)	Penyebaran kompetensi teknis.	Tinggi	Kolaborator dari akademisi untuk memberikan pelatihan terhadap masyarakat terkait teknis kelistrikan sekaligus pendamping masyarakat dalam realisasi gagasan ini.	Memberikan pelatihan teknis terkait kelistrikan kepada masyarakat dan berkolaborasi dengan akademisi untuk menyusun pelatihan yang efektif.
Petani	Penyedia dan distributor baku.	Tinggi	Penyedia dan distributor limbah padi.	Memberikan suplai limbah padi ke daerah-daerah dengan PLTBm.
NGO, LSM, dan Media	Advokat, pengawas, pelapor, dan peningkatan <i>awareness</i> .	Tinggi	Pemantau, advokat, penyebar informasi, sekaligus fasilitator program ini.	Memberdayakan dan meningkatkan <i>awareness</i> masyarakat.

Seluruh *stakeholders* memiliki pengaruh penting karena analisis *stakeholders* ini didasarkan pada *penta helix collaboration*. Melalui kolaborasi ini, Strawertzige dengan *Community-based* SCADA dapat diimplementasikan dengan efektif. Adapun *penta-helix collaboration* antar *stakeholder* ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut ini.



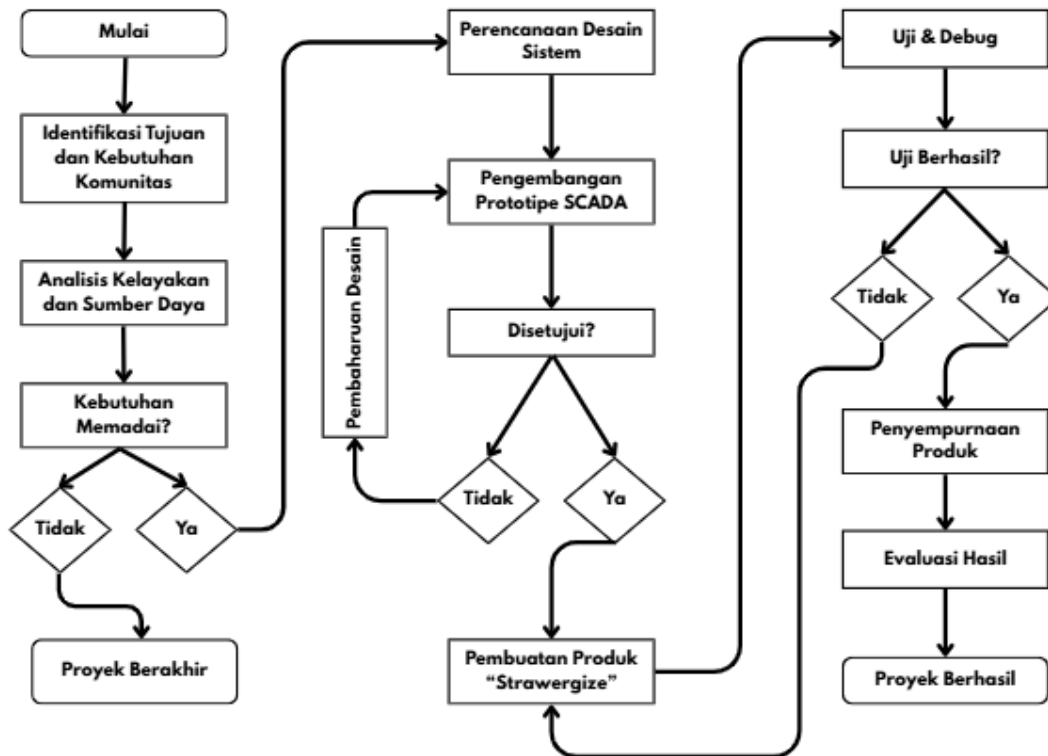
Gambar 2. Penta-helix collaboration antar stakeholder

Sistem Kerja *Community-based* SCADA

Berdasarkan hasil analisis 4A, PESTEL, dan *Porter's Five Forces*, sistem kerja *Community-based* SCADA pada website Strawergize dirancang sebagai mekanisme terpadu yang menjawab keterbatasan infrastruktur, SDM, dan akses listrik di daerah 3T. Sistem ini bekerja dengan mengintegrasikan perangkat PLTBm berbasis limbah padi dengan sensor IoT yang terpasang pada setiap tahapan produksi, mulai dari ketersediaan bahan baku, proses konversi energi, hingga distribusi listrik. Data operasional dikirim secara *real-time* ke website Strawergize sebagai pusat SCADA, sehingga kondisi teknis pembangkit dapat dipantau dan dikendalikan jarak jauh oleh komunitas, tenaga ahli, dan mitra terkait. Pendekatan ini menjawab hasil analisis 4A yang menunjukkan keterbatasan *amenity* dan *ancillary* di daerah 3T, karena pengawasan tidak sepenuhnya bergantung pada kehadiran fisik ahli di lapangan, melainkan pada sistem digital yang adaptif dan efisien.

Lebih lanjut, sistem kerja *Community-based* SCADA menempatkan masyarakat lokal sebagai aktor utama, bukan sekadar penerima manfaat. Berdasarkan analisis sosial, ekonomi, dan teknologi dalam PESTEL, Strawergize memfasilitasi pelatihan SDM, pembagian peran komunitas, serta transparansi data kinerja PLTBm yang dapat diakses oleh pemerintah dan swasta. Model ini memperkuat kepercayaan, mengurangi risiko kegagalan operasional, dan meningkatkan daya saing sebagaimana tercermin dalam analisis *Porter's Five Forces*. Dengan sistem pengambilan keputusan berbasis data *real-time*, distribusi listrik menjadi lebih andal, pemanfaatan limbah padi menjadi lebih optimal, serta berpotensi muncul peluang ekonomi turunan bagi masyarakat. Dengan demikian, *Community-based* SCADA tidak hanya menyelesaikan masalah teknis konversi energi, tetapi juga menjadi solusi struktural untuk ketimpangan listrik, pemberdayaan komunitas, dan keberlanjutan energi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara.

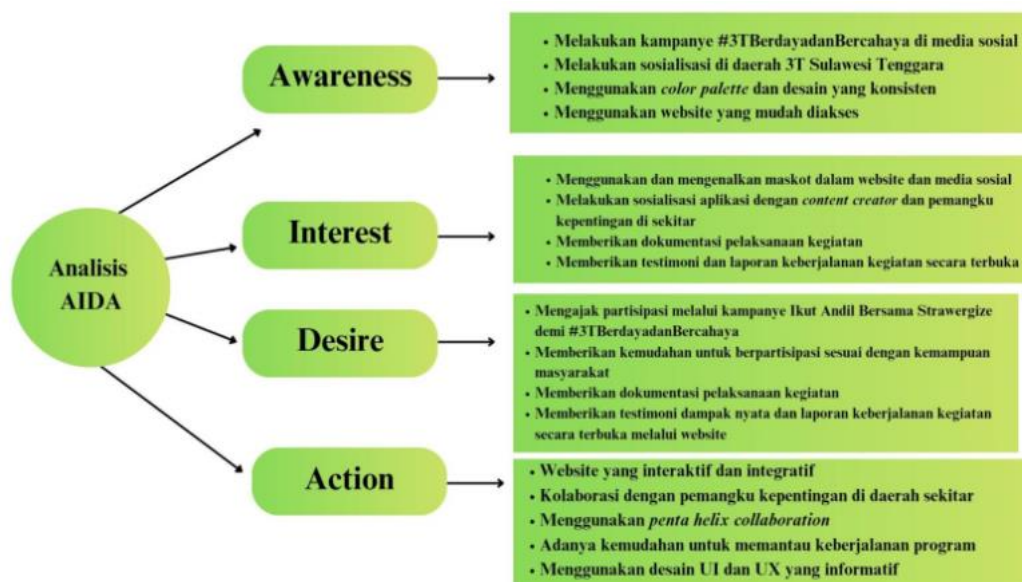
Berdasarkan rangkaian analisis yang telah dilakukan, dirumuskan sistem kerja *Community-based* SCADA pada aplikasi Strawergize sebagai kerangka operasional yang mengintegrasikan perencanaan, implementasi, pemantauan, dan evaluasi konversi limbah padi menjadi energi listrik berbasis komunitas. Alur sistem ini menggambarkan tahapan kerja yang berkesinambungan mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi kinerja sistem, sehingga memastikan keberlanjutan operasional, keterlibatan aktif masyarakat, serta efektivitas distribusi energi listrik di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Alur sistem ini terdapat dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Alur sistem kerja *Community-based SCADA*

Evaluasi AIDA

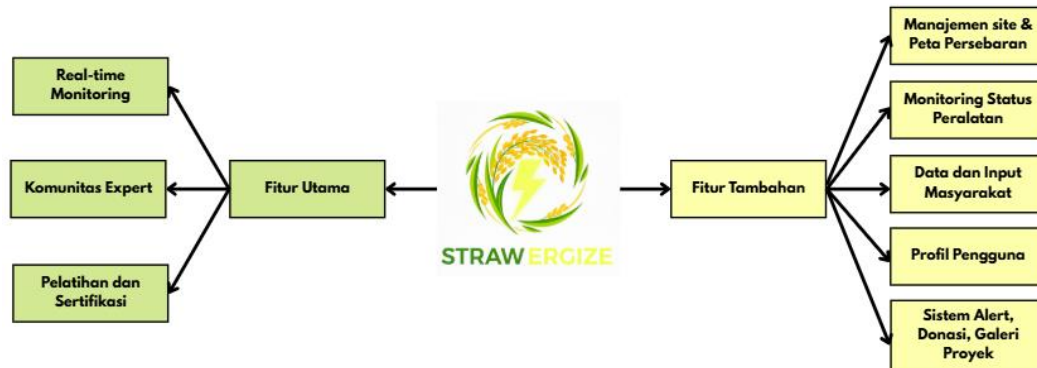
Analisis AIDA (*Awareness, Interest, Desire, dan Action*) merupakan sebuah model atau konsep diterapkan untuk meningkatkan efektivitas platform Strawergize dalam memperkenalkan, menarik minat, dan mendorong interaksi *stakeholders* dengan fitur-fitur yang ada. Strategi ini dirancang untuk menganalisis potensi ketertarikan pengguna terhadap website Strawergize berdasarkan minat dan pengalaman pengguna sekaligus mendukung pengembangan ekonomi kreatif dan lapangan pekerjaan pada masyarakat daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara melalui konversi energi listrik dari limbah padi. Adapun gambaran analisis AIDA terdapat dalam Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Rincian evaluasi AIDA

Sistem Kerja Strawergize

Tujuan sistem kerja website Strawergize adalah mengintegrasikan teknologi *Community-based* SCADA dengan platform digital yang berfungsi sebagai alat penjangkauan, edukasi, dan kolaborasi komunitas untuk menghasilkan PLTBm dari limbah padi di daerah 3T Provinsi Sulawesi Tenggara. Melalui situs ini, seluruh proses dapat dilakukan secara terstruktur dan transparan. Terdapat fitur utama dan fitur tambahan website Strawergize sebagaimana dapat dilihat dalam Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Fitur-fitur pada website Strawergize

Pada *landing page* (halaman utama), Strawergize menampilkan slogan “Revolusi Energi Terbarukan Indonesia” sebagai representasi visi utamanya dalam menghadirkan solusi energi terbarukan berbasis potensi lokal. Fitur dalam *landing page* ini diantaranya adalah dua tombol aksi: "Mulai Monitoring" yang akan mengarahkan pengguna ke *dashboard* utama berisi grafik *real-time*, status sistem, dan kontrol operasional; serta "Lihat Demo" yang akan menampilkan tur simulasi atau video untuk memperlihatkan cara kerja platform tanpa perlu login. Halaman ini berfungsi sebagai pintu gerbang bagi pengelola proyek untuk masuk ke sistem *monitoring* atau bagi calon pengguna/*stakeholder* untuk melihat *preview* fitur-fitur yang ditawarkan. Lebih lanjut, *landing page* pada Strawergize dapat dilihat dalam Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. *Landing page* website Strawergize

Selanjutnya, *dashboard overview* berfungsi sebagai ringkasan umum dari sistem konversi energi berbasis biomassa. Melalui halaman ini, pengguna dapat memantau total daya listrik yang dihasilkan, jumlah stasiun pembangkit aktif, cakupan wilayah yang teraliri listrik, serta jumlah masyarakat penerima manfaat. Data yang ditampilkan bersifat *real-time* sehingga mencerminkan kondisi operasional terkini. Contoh *dashboard overview* pada website Strawergize dapat dilihat dalam Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Contoh *dashboard overview* website Strawergize

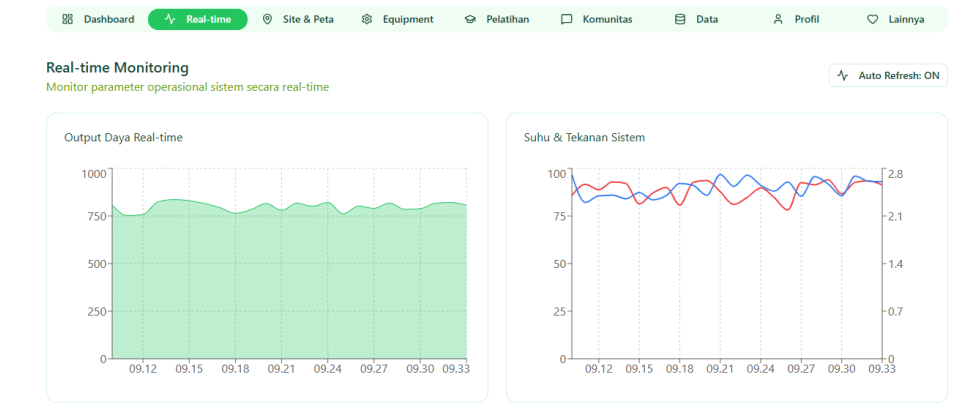
Pada halaman berikutnya, ditampilkan fitur-fitur unggulan yang merepresentasikan tiga pilar utama platform Strawergize sebagai fondasi pengelolaan energi berbasis komunitas, yakni *real-time monitoring*, komunitas *expert*, serta pelatihan dan sertifikasi. Setiap fitur dirancang tidak hanya sebagai antarmuka digital, tetapi sebagai pintu masuk strategis yang menghubungkan pengguna dengan fungsi inti sistem dalam mendukung pemantauan, pengendalian, dan pemberdayaan masyarakat. Melalui integrasi ini, Strawergize menawarkan kemudahan akses, transparansi proses, serta peningkatan efektivitas pengelolaan energi terbarukan yang dapat dirasakan langsung manfaatnya oleh seluruh pemangku kepentingan. Halaman ini dapat dilihat dalam Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Halaman fitur unggulan website Strawergize

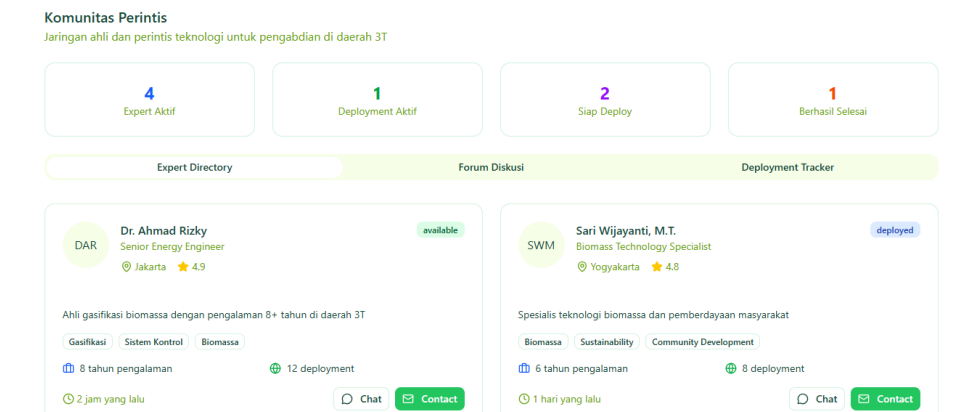
Lebih lanjut, setiap fitur unggulan dijelaskan seperti berikut ini.

1. *Real-time monitoring*, yakni fitur yang memungkinkan pengawasan parameter teknis sistem konversi secara langsung. Parameter yang dimonitor meliputi keluaran daya listrik, suhu dan tekanan sistem, serta tingkat konsumsi bahan bakar berupa sekam atau jerami padi. Melalui pemantauan ini, sistem dapat menjaga stabilitas operasional dan mendeteksi potensi gangguan lebih dini. Contoh berjalannya fitur ini dapat dilihat dalam Gambar 9 berikut ini.



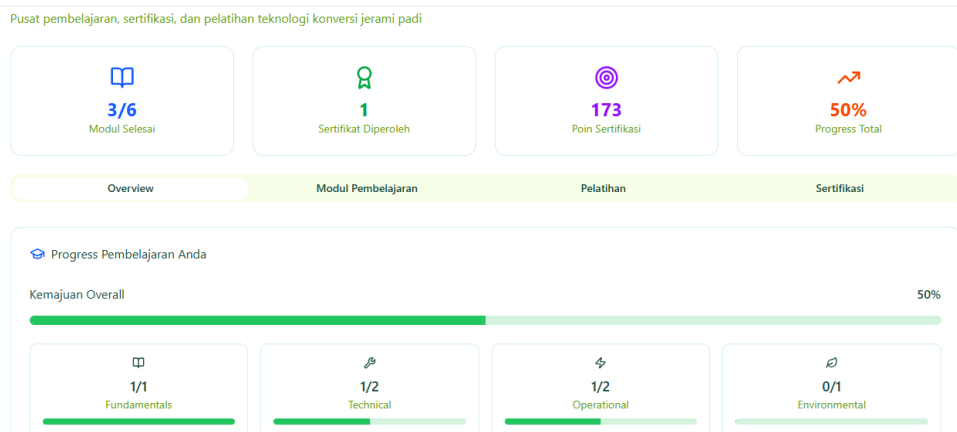
Gambar 9. Fitur *real-time monitoring* website Strawergize

2. Komunitas *expert*, yakni fitur yang dirancang sebagai ruang kolaborasi strategis yang mempertemukan komunitas, pengelola proyek, dan tenaga ahli dalam pengembangan energi terbarukan di daerah 3T. Melalui direktori ahli dan teknisi, Strawergize mempermudah akses terhadap pengetahuan dan pendampingan teknis yang relevan dengan kebutuhan lapangan. Setiap profil berfungsi sebagai jalur komunikasi langsung untuk konsultasi dan koordinasi, sehingga mempercepat pemecahan masalah, meningkatkan kualitas implementasi teknologi, serta memperkuat peran kolaboratif dalam memastikan keberhasilan dan keberlanjutan proyek energi berbasis komunitas. Contoh berjalannya fitur ini dapat dilihat dalam Gambar 10 berikut ini.



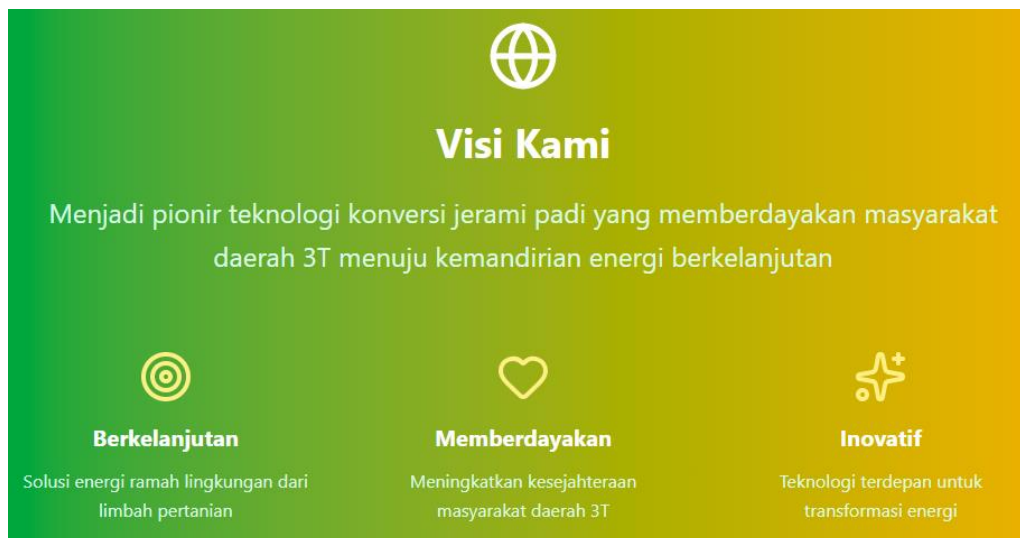
Gambar 10. Contoh fitur komunitas *expert* website Strawergize

3. Fitur pelatihan dan sertifikasi, yakni fitur yang dirancang sebagai instrumen utama penguatan kapasitas sumber daya manusia dalam pengelolaan energi terbarukan berbasis komunitas. Melalui *dashboard* terintegrasi, pengguna dapat memantau perkembangan kompetensi secara mandiri sekaligus memperoleh rekomendasi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan teknis di lapangan. Sistem ini mendorong pembelajaran berkelanjutan, standarisasi keahlian, serta peningkatan profesionalisme operator dan komunitas sehingga mendukung keberlanjutan operasional dan keandalan implementasi teknologi energi di daerah 3T. Contoh berjalannya fitur ini dapat dilihat dalam Gambar 11 berikut ini.



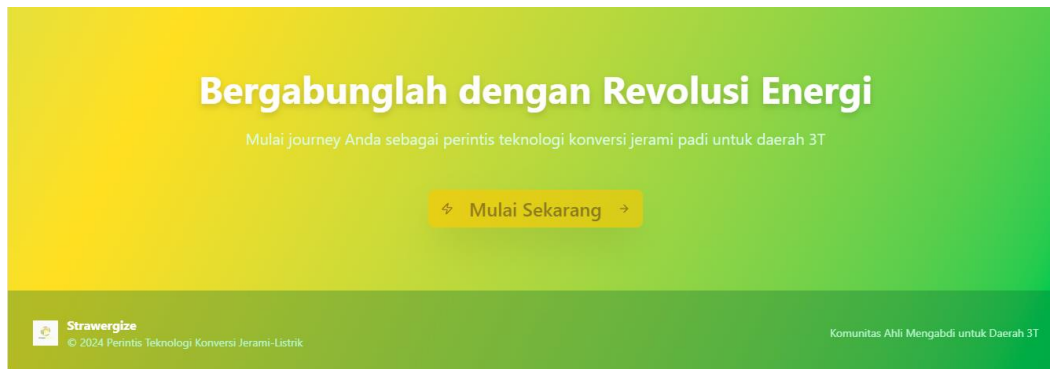
Gambar 11. Contoh fitur pelatihan dan sertifikasi website Strawergize

Halaman selanjutnya adalah visi yang menjadi landasan naratif yang menjelaskan arah, komitmen, dan tujuan jangka panjang platform Strawergize. Melalui penjabaran nilai keberlanjutan, pemberdayaan, dan inovasi, halaman ini menegaskan bahwa Strawergize tidak hanya berperan sebagai platform teknologi, tetapi juga sebagai ekosistem yang mendorong dampak nyata bagi lingkungan dan masyarakat. Setiap nilai dihubungkan dengan implementasi konkret dan bukti capaian sehingga membangun kepercayaan pengguna sekaligus memperkuat posisi Strawergize sebagai solusi energi terbarukan berbasis komunitas yang berorientasi pada dampak jangka panjang. Halaman visi website Strawergize dapat dilihat dalam Gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Visi website Strawergize

Halaman penutup dirancang sebagai titik penggerak partisipasi yang menegaskan ajakan kolektif untuk terlibat dalam ekosistem Strawergize. Melalui elemen ajakan bertindak, platform mendorong pengguna untuk bertransformasi dari pengamat menjadi bagian aktif dalam upaya pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas. Integrasi dengan media sosial memperluas jangkauan kolaborasi dan arus informasi, sementara penegasan identitas komunitas di bagian akhir memperkuat rasa kepemilikan dan keberlanjutan gerakan yang dibangun bersama. Halaman penutup website Strawergize ditunjukkan dalam Gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Halaman penutup website Strawergize

Di samping fitur utama, Strawergize juga memiliki fitur tambahan yang dapat dikembangkan setelah fitur utama berjalan. Fitur ini salah satunya adalah manajemen site dan peta persebaran yang dirancang sebagai pusat kendali berbasis spasial untuk memastikan transparansi dan efektivitas pengelolaan pembangkit biomassa. Melalui integrasi peta interaktif dan sistem *monitoring* lokasi, pengguna dapat memantau kinerja operasional setiap *site* secara spesifik dan kontekstual. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data, optimalisasi distribusi energi, dan evaluasi dampak pemanfaatan limbah padi terhadap masyarakat secara lebih terukur sehingga mendukung pengelolaan energi terbarukan yang adaptif dan berkelanjutan. Berjalannya fitur ini dicontohkan dalam Gambar 14 berikut ini.

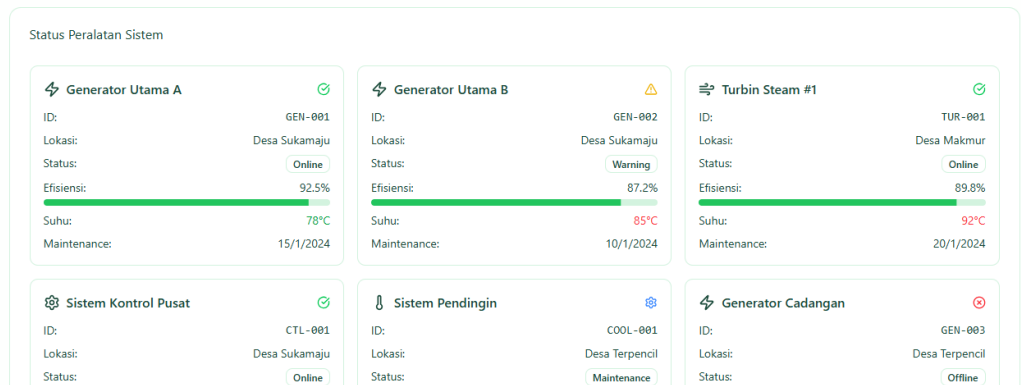


Gambar 14. Fitur manajemen *site* dan peta persebaran website Strawergize

Fitur tambahan selanjutnya yakni monitoring status peralatan yang dirancang sebagai sistem pengawasan *real-time* untuk menjaga keandalan dan keberlangsungan operasional pembangkit. Melalui visualisasi status aset dan akses mendalam terhadap kinerja setiap unit, platform memungkinkan deteksi dini gangguan, perencanaan perawatan yang lebih tepat, dan respons cepat terhadap potensi kegagalan sistem. Pendekatan ini memperkuat efisiensi operasional, meminimalkan risiko *downtime*, dan memastikan pasokan energi berbasis biomassa tetap stabil bagi masyarakat di daerah 3T. Berjalannya fitur ini dicontohkan dalam Gambar 15 berikut ini.

Status Equipment

Monitor kondisi dan performance peralatan sistem

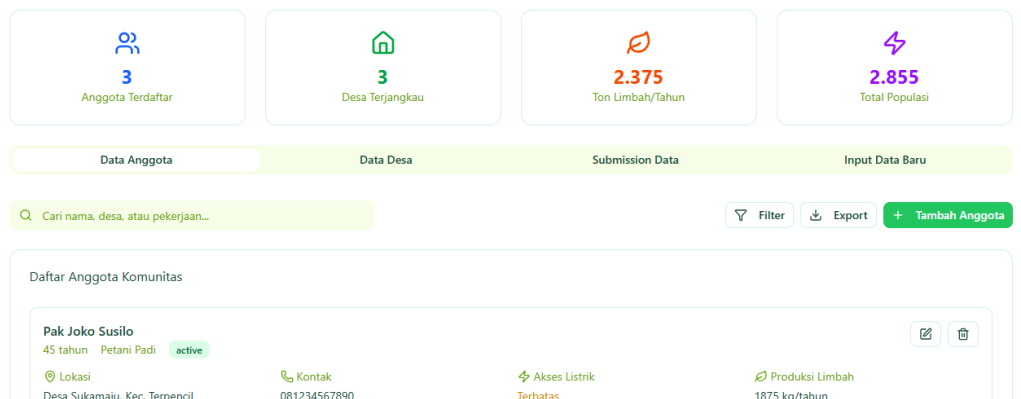


Gambar 15. Fitur *monitoring* status peralatan website Strawergize

Fitur tambahan selanjutnya yakni data dan input masyarakat berupa manajemen data komunitas dirancang sebagai fondasi tata kelola partisipatif dalam pengembangan energi terbarukan di daerah 3T. Melalui sistem pengelolaan data yang terstruktur dan mudah diakses, platform mendukung pendataan masyarakat secara akurat, pemantauan keterlibatan komunitas, dan pengambilan keputusan berbasis informasi. Integrasi fitur pencarian, pengelompokan, dan ekspor data memperkuat akuntabilitas, efisiensi pengelolaan program, dan keberlanjutan pemberdayaan masyarakat sebagai aktor utama dalam website Strawergize. Berjalannya fitur data dan input masyarakat dicontohkan dalam Gambar 16 berikut ini.

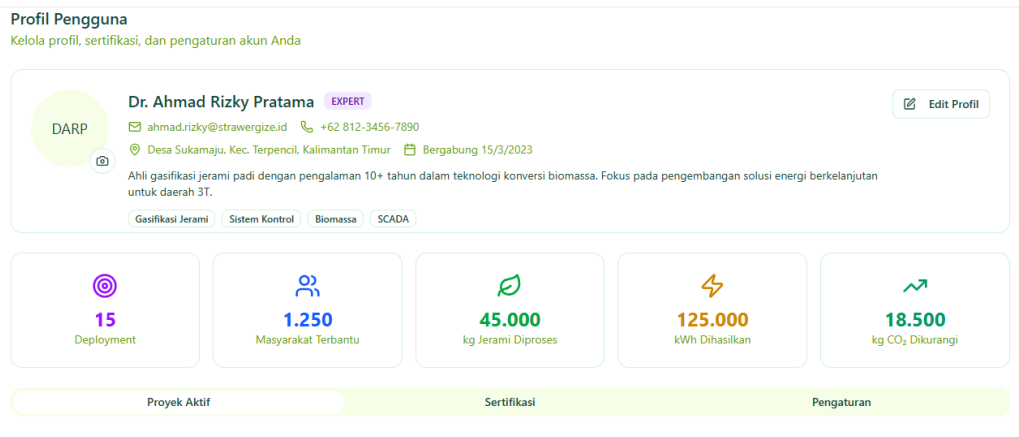
Data & Input Masyarakat 3T

Kelola data anggota komunitas, input data baru, dan monitoring submission dari masyarakat



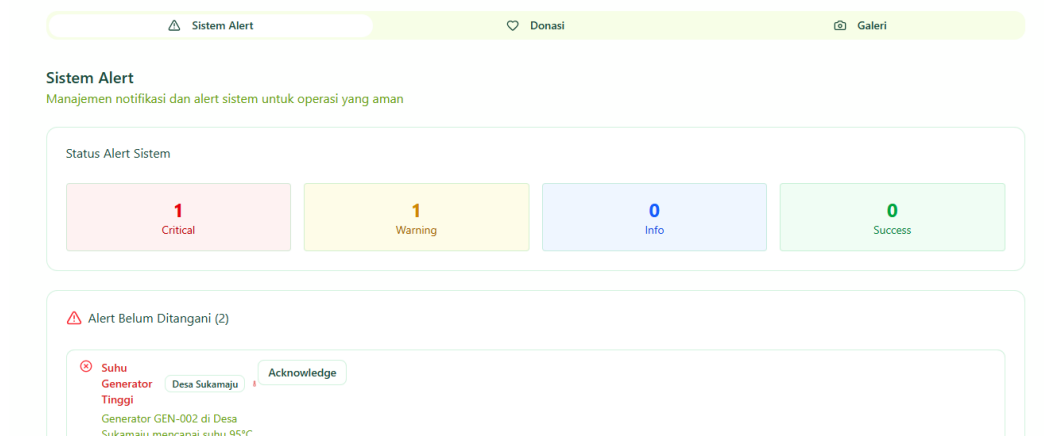
Gambar 16. Fitur data dan input masyarakat website Strawergize

Selain itu, terdapat pula fitur tambahan berupa profil pengguna yang dirancang sebagai pusat kendali personal yang merefleksikan peran, kontribusi, dan perkembangan individu dalam website Strawergize. Melalui integrasi data proyek, sertifikasi, dan capaian kinerja, platform mendorong transparansi kontribusi serta penguatan identitas digital setiap pengguna. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah pengelolaan aktivitas dan preferensi akun, tetapi juga memotivasi partisipasi berkelanjutan dan akuntabilitas individu dalam mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas di daerah 3T. Berjalannya fitur ini dicontohkan dalam Gambar 17 berikut ini.



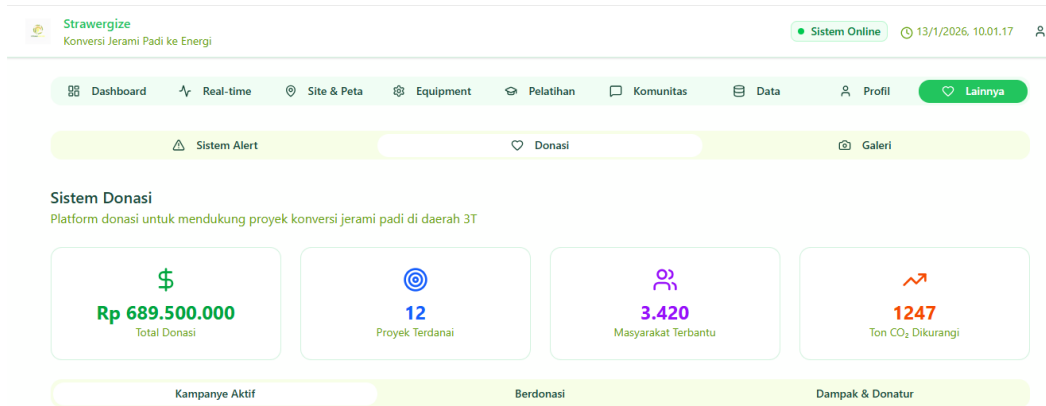
Gambar 17. Fitur profil pengguna website Strawergize

Fitur selanjutnya adalah sistem alert berupa manajemen notifikasi dan alarm yang dirancang sebagai mekanisme respons cepat dalam menjaga stabilitas dan keselamatan operasional sistem pembangkit. Melalui pengelompokan tingkat keparahan dan alur penanganan yang terstruktur, platform memungkinkan identifikasi prioritas masalah secara *real-time*, koordinasi penanggung jawab, dan dokumentasi tindak lanjut secara sistematis. Pendekatan ini memperkuat ketangguhan operasional, meminimalkan risiko gangguan berulang, dan memastikan kontinuitas pasokan energi terbarukan bagi masyarakat di daerah 3T. Berjalannya fitur ini dicontohkan dalam Gambar 18 berikut ini.



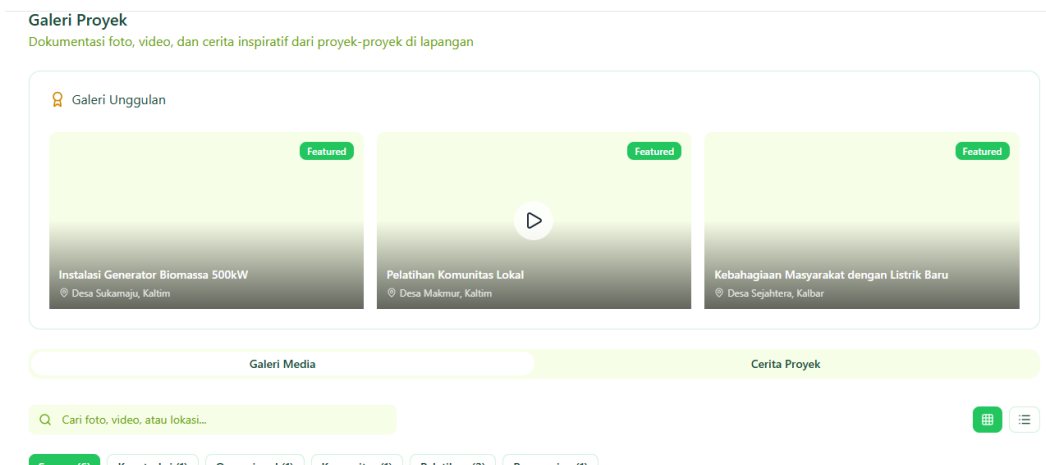
Gambar 18. Fitur sistem *alert* website Strawergize

Fitur tambahan selanjutnya adalah sistem donasi yang dirancang sebagai penghubung antara pengelolaan teknis platform dan partisipasi publik dalam pengembangan energi terbarukan. Melalui struktur navigasi yang terintegrasi, mekanisme donasi membuka ruang keterlibatan langsung dalam pendanaan proyek berbasis komunitas. Transparansi alur kontribusi dan pelaporan dampak memperkuat kepercayaan, mendorong kolaborasi lintas pemangku kepentingan, dan memastikan keberlanjutan pendanaan bagi inisiatif energi di daerah 3T. Berjalannya fitur sistem donasi dicontohkan dalam Gambar 19 berikut ini.



Gambar 19. Fitur sistem donasi website Strawergize

Fitur tambahan terakhir yakni galeri dokumentasi yang dirancang sebagai ruang penceritaan visual yang merepresentasikan capaian dan dampak nyata implementasi Strawergize di lapangan. Melalui penyajian dokumentasi proyek secara terkurasi, platform menampilkan proses, hasil, dan pembelajaran dari setiap tahap pengembangan energi berbasis komunitas. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, tetapi juga membangun kepercayaan, menginspirasi partisipasi, serta memperkuat daya tarik kolaborasi bagi mitra, donor, dan masyarakat luas. Berjalannya fitur galeri ini dicontohkan dalam Gambar 20 berikut ini.



Gambar 20. Fitur galeri website Strawergize

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting, daerah 3T di Provinsi Sulawesi Tenggara masih menghadapi permasalahan ketimpangan akses listrik di tengah melimpahnya potensi limbah padi sebagai sumber energi biomassa. Produksi padi yang terus meningkat berbanding terbalik dengan pemanfaatan limbahnya, sehingga menimbulkan persoalan lingkungan sekaligus peluang energi yang belum dioptimalkan. Analisis 4A, PESTEL, dan *Porter's Five Forces* menunjukkan bahwa kendala utama terletak pada keterbatasan infrastruktur, sumber daya manusia, akses teknologi, dan koordinasi antarpemangku kepentingan, bukan pada ketersediaan bahan baku energi itu sendiri.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini merancang website Strawergize berbasis *Community-based SCADA* sebagai solusi terintegrasi dalam konversi limbah padi menjadi energi listrik. Sistem ini menggabungkan teknologi IoT, pemantauan *real-time*, pengendalian jarak jauh, serta pengelolaan data berbasis komunitas sehingga memungkinkan pengawasan dan pengambilan keputusan yang lebih efisien meskipun berada di wilayah terpencil. Melalui pendekatan berbasis komunitas, Strawergize tidak hanya

berfungsi sebagai sistem teknis, tetapi juga sebagai platform edukasi, kolaborasi, dan pemberdayaan masyarakat lokal dalam pengelolaan PLTBm secara berkelanjutan.

Lebih lanjut, peran Strawergize dengan *Community-based* SCADA berpotensi mendorong pengembangan energi baru terbarukan sekaligus peningkatan sosial-ekonomi masyarakat di daerah 3T. Transparansi data, keterlibatan multipihak, dan peluang ekonomi turunan dari pengelolaan limbah padi membuka ruang bagi penciptaan lapangan kerja, peningkatan kapasitas SDM, dan penguatan ekonomi lokal. Dengan demikian, Strawergize menjadi solusi struktural yang tidak hanya menjawab kebutuhan listrik, tetapi juga mendukung pembangunan berkelanjutan, pemerataan energi, dan pencapaian target elektrifikasi nasional di Provinsi Sulawesi Tenggara.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperdalam aspek teknis dan ekonomi, seperti analisis kelayakan finansial, efisiensi operasional PLTBm berbasis limbah padi, serta dampak jangka panjang terhadap pengurangan emisi dan kesejahteraan masyarakat. Pengembangan fitur lanjutan pada platform Strawergize, termasuk kecerdasan buatan untuk prediksi gangguan dan optimasi produksi energi, juga dapat menjadi arah inovasi berikutnya guna memperkuat posisi platform sebagai ekosistem energi terbarukan berbasis komunitas yang adaptif dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan artikel ilmiah ini. Dalam proses penulisan, penulis telah banyak memperoleh ilmu dan bantuan dari berbagai pihak mulai dari proses pengerjaan hingga selesai. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito S.T., M. T., selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan telah memberi penulis banyak inspirasi, pengetahuan, serta kritik dan saran.
2. Keluarga penulis yang senantiasa memberi dukungan penuh kepada penulis.

Daftar Rujukan

- [1] A. N. Rahma, "Dinamika Ekonomi Sulawesi Tenggara: Analisis Sektor Unggulan dengan Pendekatan LQ dan DLQ," 2025. [Online]. Tersedia di: <https://dipb.kemenkeu.go.id/kanwil/sultra/id/data-publikasi/berita-terbaru/3266-dinamika-ekonomi-sulawesi-tenggara-analisis-sektor-unggulan-dengan-pendekatan-lq-dan-dlq.html>. Diakses: 2 Jan. 2026.
- [2] *Produk Domestik Regional Bruto Provinsi Sulawesi Tenggara Menurut Pengeluaran 2020–2024*, Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara, 11 Apr. 2025. [Online]. Tersedia di: <https://sultra.bps.go.id/id/publication/2025/04/11/5f9e3a72ddc006197798a775/produk-domestik-regional-bruto-provinsi-sulawesi-tenggara-menurut-pengeluaran-2020-2024.html>
- [3] "108 Ribu Rumah Tangga di Sultra Belum Teraliri Listrik," *Kendariinfo.com*, 2025. [Online]. Tersedia di: <https://kendariinfo.com/108-ribu-rumah-tangga-di-sultra-belum-teraliri-listrik/>. Diakses: 2 Jan. 2026.
- [4] S. Ariyani, D. A. Wicaksono, F. Fitriana, R. Taufik, dan G. Germanio, "Studi Perencanaan dan Monitoring System Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Remote Area," *Techne: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 20, no. 2, pp. 113–124, 2021, doi: 10.31358/techne.v20i2.273.
- [5] B. Sudia, N. E. Sudarsono, N. Endriatno, dan P. Aksar, "Potensi Limbah Padi sebagai Sumber Energi Alternatif di Provinsi Sulawesi Tenggara," *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 44–49, 2020, doi:10.33772/djitm.v12i1.14820
- [6] S. M. Ulva, D. Sulaiman, S. Syahdan, A. L. R. Sari, A. Arif, dan R. D. Christyanti, "Pelatihan Pembuatan Briket Berbahan Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Alternatif Desa Sajau Hilir," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, vol. 3, no. 4, pp. 1339–1344, 2025, doi:10.59837/jpmba.v3i4.2418

- [7] P. Racherla dan C. Hu, "A Framework for Knowledge-Based Crisis Management in the Tourism and Hospitality Sectors," *Tourism Management*, 2022, doi:10.1177/1938965509341633
- [8] F. Hidranto, "Indonesia di Jalan Menuju SDGs 2030: Tantangan dan Komitmen Pembangunan Berkelanjutan," *indonesia.go.id*, 2024. [Online]. Tersedia di: <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8618/indonesia-di-jalan-menuju-sdgs-2030->. Diakses: 2 Jan. 2026.
- [9] A. Kasman dan W. O. R. Ariani, "Studi Pengaruh Ketimpangan Pendapatan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Tingkat Kemiskinan di Provinsi Sulawesi Tenggara," *Jurnal Ekonomi*, vol. 9, no. 1, pp. 159–170, 2024. (no DOI)
- [10] C. Raghutla dan K. R. Chittedi, *Energy Access and Economic Development: Evidence from Developing Regions*, London: Academic Energy Press, 2022. (no DOI).
- [11] *Profil dan Kondisi Akses Wilayah Daerah Tertinggal, Terdepan, dan Terluar di Indonesia*, Badan Gizi Nasional, Jakarta, 2025. [Online]. Tersedia di: Badan Gizi Nasional official site. (no DOI).
- [12] A. Fadhlurrahman, *Kondisi Sosial dan Tingkat Pendidikan Masyarakat di Wilayah 3T Indonesia*, Jakarta: Penerbit Sosial Indonesia, 2025. (no DOI).
- [13] A. Febriyanto dan Darmawan, "Determinan Pembangunan Desa Tertinggal, Terdepan, dan Terluar (3T) di Indonesia," *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, vol. 3, no. 4, 2024, doi:10.56799/ekoma.v3i4.3660
- [14] A. Kurniawan dan B. Simandjorang, "Accelerating Sustainable Development Goals (SDGs) by Transformation of Civil Servant Management in Indonesia: Case Study in the Frontier, Outermost, and Least Developed Regions (3T)," in *Proc. Third International Conference Administration Science (ICAS 2021)*, 2022, doi:10.4108/eai.15-9-2021.2315279
- [15] M. A. Miradji, W. A. S. Vercelly, R. M. Faiz, M. K. Aisyah, dan A. Yuherda, *Inovasi dalam Manajemen Strategi: Membangun Keunggulan Kompetitif Bisnis di Era Digital*, Surabaya: Universitas PGRI Adi Buana, 2023, doi:10.36456/jms.v2i1.8913