

FORESTY: INOVASI BERBASIS IOT UNTUK MEMINIMALISASI ANGKA DEFORESTASI DENGAN MEMANFAATKAN *MACHINE LEARNING* SEBAGAI AKSI *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)*

Mukhammad Sholikhuddin, Rizky Yama, Aditya Wibawa Sakti, Ph.D.

Universitas Pertamina

Abstrak

Hutan memiliki peran dalam menyerap lebih dari 7 miliar metrik ton karbon dioksida setiap tahun. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia mengalami penurunan luas lahan hutan atau deforestasi mencapai 115.459 ha pada periode 2019-2020. Angka deforestasi paling besar terdapat di kawasan Kalimantan, yakni seluas 41,5 ribu ha, Bali dan Nusa Tenggara 21,3 ribu ha, Sumatera 17,9 ribu ha, Sulawesi 15,3 ribu ha, Kepulauan Maluku 19,9 ribu ha, dan Papua 8,5 ribu ha. Adapun luas kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Indonesia sebanyak 358.867 ha pada 2021 yang mana meningkat 20,85% dibandingkan pada 2020 dengan luas 296.942 ha. Pada proses penelitian, penulis menggunakan tiga metode, yaitu studi literatur, observasi, dan studi kasus. Ketiga metode tersebut dikombinasikan satu sama lain yang bertujuan untuk mempermudah dalam mengkaji permasalahan. Dari permasalahan di atas, penulis menciptakan inovasi bernama FORESTY, yakni sistem peringatan pintar yang berguna dalam mendeteksi aktivitas deforestasi. FORESTY memanfaatkan teknologi *Image Recognition* berbasis *Artificial Intelligence (AI)* yang dapat dipantau melalui aplikasi. Sumber energi utama yang digunakan pada inovasi ini berasal dari panas matahari yang disimpan pada baterai. Kombinasi sistem *audio analyzer* dengan *Artificial Intelligence (AI)* pada FORESTY berfungsi untuk mendeteksi aktivitas manusia yang sedang melakukan proses *illegal logging*. Inovasi ini juga mendukung *Sustainable Development Goals (SDGs)* tujuan ke-3, 13, dan 15, serta realisasi konsep *smart city* di Indonesia. FORESTY mempunyai potensi yang besar untuk dapat direalisasikan dalam kehidupan nyata, serta berperan dalam meningkatkan kualitas kesehatan manusia, mengatasi perubahan iklim, dan menjaga kelestarian ekosistem hutan dan lingkungan.

Kata Kunci: *Deforestasi, IoT, Renewable energy, SDGs, Smart city*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dikutip dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2015-2020, luas hutan Indonesia mengalami penurunan sebesar 2,1 ha yang disebabkan oleh deforestasi. [1] Selain itu, penurunan luas lahan tutupan pohon atau deforestasi di Indonesia mencapai seluas 115.459 ha. Deforestasi paling besar terjadi di kawasan Kalimantan, yakni seluas 41,5 ribu ha, selanjutnya Bali dan Nusa Tenggara mencapai 21,3 ribu ha, Sumatera 17,9 ribu ha, Sulawesi 15,3 ribu ha, Kepulauan Maluku 19,9 ribu ha, dan Papua 8,5 ribu ha. Sementara itu, pada rentang tahun 2015-2021, sebanyak 973.573 ha luas hutan di Indonesia mengalami kebakaran. [2] Sebagian besar hilangnya hutan dikelompokkan di 24 wilayah bagian yang mengalami deforestasi di Amerika Latin, Afrika sub-Sahara, Asia Tenggara, dan Oseania. Beberapa muncul dalam analisis WWF sebelumnya dalam Laporan Hutan Hidup 2015, termasuk Amazon, Afrika Tengah, Mekong, dan Indonesia. Selain itu, front baru telah muncul di Afrika Barat (misalnya Liberia, Pantai Gading, Ghana), Afrika Timur (misalnya Madagaskar) dan Amerika Latin, termasuk Amazon di Guyana dan Venezuela dan Hutan Maya di Meksiko dan Guatemala. Sejumlah 24 wilayah yang mengalami deforestasi mencakup area seluas 710 juta hektar. Setengah dari kawasan ini berhutan (377 juta hektar atau sekitar seperlima dari total kawasan hutan dunia di daerah tropis dan subtropis), dengan hutan primer atau utuh mencapai sekitar dua pertiga (256 juta hektar). Lebih dari 10% kawasan hutan mengalami deforestasi, sekitar 43 juta hektar hilang dalam rentang tahun 2004- 2017. [3]

Menurut para ilmuwan, hutan hujan tropis adalah rumah bagi sekitar 80% dari semua spesies di planet ini, termasuk yang belum ditemukan. Deforestasi di daerah-daerah ini mengganggu ekosistem, menghancurkan habitat kritis, dan mengakibatkan kepunahan banyak spesies potensial. Deforestasi juga berkontribusi terhadap pemanasan global—deforestasi tropis menyumbang sekitar 20% dari jumlah emisi gas rumah kaca dan memiliki dampak signifikan terhadap ekonomi global. Sementara beberapa orang mungkin mendapat manfaat langsung dari kegiatan terkait deforestasi, keuntungan jangka pendek mereka tidak dapat mengimbangi kerugian ekonomi jangka panjang. [4]

Berdasarkan permasalahan tersebut, kami menciptakan sebuah inovasi *teknologi smart alert* terbaru dan terefisien. Inovasi ini adalah sistem peringatan pintar yang berguna dalam mendeteksi aktivitas deforestasi dengan memanfaatkan sistem *Image Recognition* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) yang dapat dipantau melalui aplikasi. Pengguna dapat memantau perubahan suhu, kelembaban, dan intensitas api secara

realtime. Selain itu, kombinasi sistem *audio analyzer* dengan *TensorFlow* sebagai pengenalan gambar berguna untuk menangkap aktivitas manusia yang sedang melakukan proses *illegal logging*. Jika terdeteksi aktivitas deforestasi, aplikasi akan menampilkan pesan notifikasi. Secara keseluruhan inovasi ini menggunakan energi terbarukan dari sinar matahari sebagai energi utamanya yang disimpan dalam baterai sehingga jika terjadi keadaan darurat atau malam hari, sistem tetap dapat bekerja dengan maksimal.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan sistem *smart alert* agar dapat memantau kondisi hutan secara *realtime*?
2. Bagaimana cara mewujudkan sistem peringatan terjadinya kerusakan hutan melalui sebuah inovasi *smart alert*?
3. Bagaimana memineralisasi angka kerusakan hutan melalui sebuah inovasi *smart alert*?

C. Tujuan Penelitian

1. Menciptakan sebuah inovasi yang dapat mempermudah pengguna dalam memantau kondisi hutan secara *realtime*.
2. Menciptakan sebuah inovasi yang dapat memperingati jika terjadi kebakaran ataupun penebangan hutan secara ilegal dengan biaya yang terjangkau dan ramah lingkungan.
3. Memineralisasi angka deforestasi yang setiap tahunnya meningkat secara signifikan khususnya pada Indonesia.

D. Manfaat Penelitian

Adapun pihak-pihak yang memperoleh dampak positif dari implementasi FORESTY diantaranya:

1. Pemerintah : FORESTY mendukung realisasi program pemerintah yang berkaitan dengan perlindungan ekosistem hutan dan seisinya.
2. Masyarakat sekitar : Dampak terhadap masyarakat yakni dapat meningkatkan kualitas hidup melalui peningkatan kualitas udara yang dihasilkan oleh hutan.
3. Lingkungan : Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai salah satu solusi untuk menekan peristiwa kerusakan hutan yang disebabkan oleh deforestasi dan kebakaran hutan yang setiap tahunnya mengalami peningkatan melalui sebuah inovasi *smart alert*.
4. Keanekaragaman hayati : Kelestarian varietas tumbuhan dan habitat hewan.

5. Sektor ekonomi : Pemenuhan kebutuhan pangan, sandang, dan industri melalui kekayaan hutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Hutan

Hutan merupakan kesatuan ekologis berbentuk hamparan tanah terdiri dari sumber daya hayati terutama pepohonan di habitat aslinya dan tidak dapat dipisahkan antara satu dengan yang lain.[5]

B. Jenis Hutan

1. Hutan Lindung

Menurut Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999, hutan lindung ialah suatu kawasan hutan yang berperan sebagai sistem penyangga kehidupan, meliputi kemampuannya dalam mengendalikan tata air, mencegah erosi dan banjir, memelihara kesuburan tanah, dan mencegah intrusi air laut (naiknya batas antara permukaan air tanah dengan permukaan air laut ke arah daratan).[7]

2. Hutan Konservasi

Hutan Konservasi merupakan hutan yang terdiri dari; Kawasan Pelestarian Alam (KPA) yang meliputi Taman Hutan Raya dan Taman Wisata Alam serta Taman Buru dan Taman Nasional; Kawasan Suaka Alam (KSA), yang meliputi Cagar Alam dan Suaka Margasatwa.[8]

3. Hutan Produksi

Hutan produksi yaitu sebidang tanah yang disisihkan untuk adanya produksi hasil kayu yang digunakan dalam industri, pembangunan, dan ekspor.[9]

C. Macam Kerusakan Hutan

1. Ilegal Logging

Secara harfiah, kata "*illegal*" berarti tidak dapat dilaksanakan, dilarang, atau melawan hukum. Log (*logging* berarti melakukan penebangan kayu dan membawa ke tempat gergajian). Secara umum, *illegal logging* mengacu pada tindakan terkait kehutanan atau serangkaian kegiatan yang melibatkan penebangan, pengangkutan, pengolahan, pembelian, dan penjualan (ekspor-impor) kayu yang bertentangan dengan hukum atau dapat mengakibatkan kerugian dan kerusakan hutan.[10]

2. Kebakaran hutan

Kebakaran didefinisikan sebagai pembakaran sesuatu yang menimbulkan risiko bahaya atau mengakibatkan bencana baik karena kesalahan manusia atau pembakaran spontan yang tidak terkendali. Asal usul kebakaran secara alami termasuk petir yang menyambar pohon atau bangunan, gesekan antara cabang-cabang tanaman kering yang disebabkan oleh ayunan angin yang menghasilkan panas atau percikan api, dan letusan gunung berapi yang menyebarkan potongan-potongan batu bara panas. [11]

BAB III **METODE PENELITIAN**

A. Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan kuantitatif yang mana identik dengan proses pengolahan data statistik berupa angka sebagai bentuk pengujian hipotesis tertentu yang menghasilkan informasi. Pendekatan ini dapat mengukur data secara terstruktur dan mengkuantitatifkan serta menggeneralisasi hasil dari penelitian menggunakan metode statistik. [12]

B. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan tiga metode dalam pengumpulan data, yaitu studi literatur, observasi, dan studi kasus. Berikut adalah penjelasan dari ketiga metode tersebut.

3. Studi Literatur

Teknik penyusunan yang sistematis dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan langkah-langkah yang akan diambil. Studi literatur dapat dilakukan dengan membaca buku, jurnal ilmiah, paper, dan media internet. Pengumpulan data lebih terfokus pada data-data pendukung daripada data utama. Hal tersebut dikarenakan oleh data utama diperoleh dari metode pengumpulan data yang dilakukan secara langsung di tempat kejadian (data primer). Pada tahap ini dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan:

- a) Data dampak kerusakan hutan terhadap ekosistem.
- b) Data dampak kerusakan hutan terhadap pemanasan global.
- c) Implementasi energi terbarukan yang dapat diterapkan dalam pembuatan inovasi.
- d) Jenis pengimplementasian teknologi yang sesuai dengan kondisi hutan.

Data-data yang didapatkan dari studi literatur tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan FORESTY.

4. Studi Observasi

Untuk memastikan kondisi yang ada, studi observasional dilakukan dengan mengamati atau menganalisis secara langsung lokasi penelitian. Teknik ini memvalidasi validitas desain penelitian yang digunakan. Perencanaan studi observasi akan dilakukan selama 4-6 bulan yang mana peneliti melakukan tinjauan secara langsung ke lapangan yang akan dijadikan sebagai tempat implementasi FORESTY. Lokasi perencanaan pengimplementasian akan difokuskan pada daerah yang memiliki area hutan yang luas dan rentan terjadinya deforestasi seperti pada Pulau Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Adapun alat penunjang yang digunakan selama melakukan studi observasi ini meliputi alat penunjang penelitian diantaranya alat perekam kamera, buku catatan, dan laptop sebagai pengolahan data.

5. Studi Kasus

Metode ini digunakan untuk mengetahui sebuah fenomena secara mendalam dengan sumber data/informasi dari cara atau metode lain. Tujuan dilakukan studi kasus agar data atau informasi yang didapatkan lebih luas. Studi kasus mengkaji program, acara, atau kegiatan secara mendalam dari perspektif individu, kelompok, pendirian, atau organisasi. Peristiwa yang dipilih adalah peristiwa kehidupan nyata saat ini yang tidak ada di masa lalu atau jauh di masa lalu.[13]

C. Metode Pengolahan Data

Hasil dari penelitian akan disajikan ke dalam bentuk tabel yang mencakup tiga macam variabel, meliputi variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat. Setelah data berhasil dikumpulkan, maka dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk mengetahui hubungan dan pengaruh satu sama lain.

1. Variabel Kontrol

Variabel kontrol atau disebut dengan variabel yang dikendalikan dengan dibuat secara konstan sehingga terjadi adanya sifat konstan dari pengaruh variabel bebas. Variabel kontrol digunakan sebagai pembanding dalam penelitian.[14] Oleh karena itu, yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini ialah lokasi pengimplementasian FORESTY, yakni daerah ataupun kawasan yang memiliki hutan yang luas.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas yang bersifat mempengaruhi, menyebabkan perubahan, atau timbul dari variabel terikat disebut sebagai variabel bebas.[15] Variabel ini dapat menjadi penyebab dalam pengaruh perubahan terhadap variabel lain. Variabel bebas dalam

penelitian ini yaitu kerusakan hutan dan oknum yang melakukan aktivitas deforestasi.

3. Variabel Terikat

Suatu variabel yang menurut pendapat peneliti akan dipengaruhi oleh variabel lain dalam suatu percobaan dikenal sebagai variabel terikat (variabel dependen).[16] Variabel terikat pada penelitian ini yaitu kelestarian hutan yang terjaga serta ekosistem dan habitat makhluk hidup di dalamnya..

BAB IV

HASIL ATAU PEMBAHASAN

A. Uraian Pembahasan

Sustainable Development Goals (SDGs) adalah aksi global yang disepakati oleh para pemimpin dunia, termasuk Indonesia, yang bertujuan untuk mengakhiri angka kemiskinan, mengurangi kesenjangan sosial dan masalah lingkungan. [17] Terdapat tiga tujuan SDGs yang terkait dengan inovasi ini, yaitu tujuan ketiga, tiga belas, dan lima belas yang secara berturut membahas tentang kesehatan yang baik dan kesejahteraan, penanganan perubahan iklim, dan menjaga ekosistem darat.

Pada tujuan SDGs ketiga membahas tentang kesehatan yang baik dan kesejahteraan yang mana dampak yang dihasilkan dari kebakaran hutan berdampak pada kondisi kesehatan manusia. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Prof. Ari Fahrial Syam, menyatakan bahwa hipoksia (kekurangan oksigen akibat kabut asap) dapat membahayakan organ tubuh. Hipoksia sistemik kronis dapat membahayakan hati, jantung, ginjal, dan perut. Kadar oksigen yang relatif rendah menyebabkan terjadinya penurunan parah suplai oksigen ke jantung. Keadaan tersebut dapat mengakibatkan infark atau kematian jaringan. [18]

Aldehid dan Polynuclear Aromatic Hydrocarbon (PAH) adalah zat hidrokarbon yang berhubungan dengan kualitas udara dan kesehatan manusia. Aldehid yang terkandung di dalam asap akan mengakibatkan iritasi mata, hidung, dan perut. Selain itu, asap kebakaran juga dapat mencapai ke negara tetangga atau dikenal dengan istilah *transboundary haze pollution*. Keadaan atmosfer netral (massa udara akan tetap) akan menimbulkan asap yang bertahan di daerah asalnya. Peristiwa tersebut juga akan berbahaya bagi kesehatan dan dapat mengganggu aktivitas manusia.

Seluruh oksidasi sempurna dari bahan bakar organik dan *pyrosynthesis* (rantai secara parsial) dibentuk oleh produk kimia yang dihasilkan selama proses pembakaran. Zat atau komponen yang sebagai sumber polusi di udara yang akan menjadi produk ialah

partikel-partikel, CO, NO, SO, dan ozon. Senyawa CO adalah emisi paling besar yang dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil dari pembakaran. Karbon monoksida bersama dengan uap air dapat mencapai 90% total emisi atmosfer dari kebakaran. Sementara itu, emisi C yang dihasilkan sebesar 80–90%. Senyawa bahan kimia tersebut merupakan bagian dari gas rumah kaca yang akan berdampak pada kondisi iklim global melalui terjadinya pemanasan atmosfer bumi. Hal tersebut bersangkutan dengan tujuan SDGs ketiga belas tentang penanganan perubahan iklim. Perubahan iklim yang ekstrem juga menimbulkan ancaman baru terhadap ketersediaan pangan. [19]

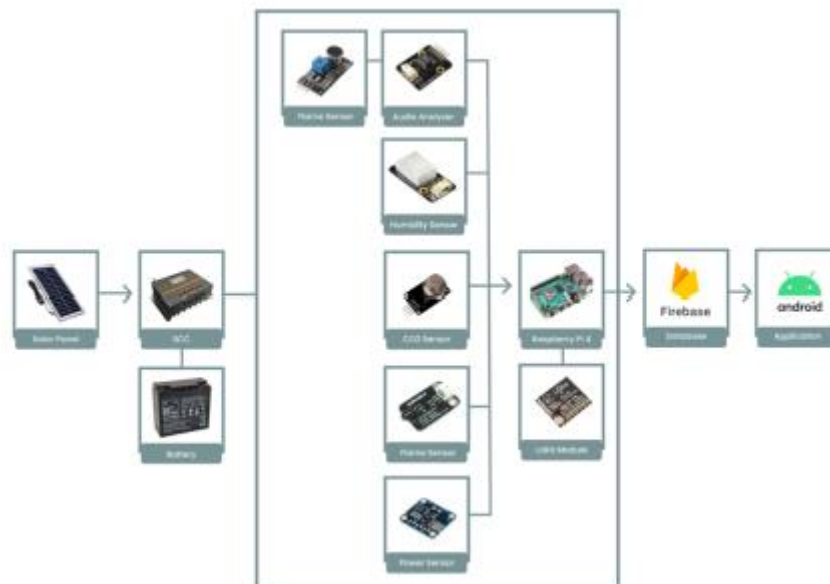
Dampak kebakaran hutan juga dapat berdampak bagi suksesi alami dan perubahan dalam ekosistem hutan. Hal ini terkait dengan tujuan SDGs kelima belas. Berdasarkan pola kebakaran yang terjadi, perubahan pola vegetasi menjadi akibat dari kebakaran sehingga menghasilkan pola mozaik yang tersusun dari berbagai fase suksesi. Kebakaran terbuka yang dialami oleh hutan akan memungkinkan terjadinya pertumbuhan spesies eksotik dan gulma, serta mengganggu keseimbangan ekologis antar spesies. Direktur Kebijakan dan Advokasi WWF-Indonesia, Aditya Bayunanda, mengatakan bahwa kabut asap yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan (KARHUTLA) berdampak pada satwa hutan Indonesia, dan pendekatan per jenis satwa di suatu kawasan memprihatinkan. [20] Tumbuhan hutan berperan dalam regulasi iklim regional, lokal, hingga global. Pohon memberikan perlindungan dan retensi air, yang memberikan efek pendinginan dalam iklim panas. Selain itu, pohon bertindak sebagai tempat perlindungan terhadap badai dan membantu mengurangi kehilangan panas di cuaca dingin. Air yang menguap dari pepohonan dilepaskan ke atmosfer, lalu kembali sebagai hujan di tingkat regional. Vegetasi yang hilang di tempat-tempat seperti lembah Amazon dan Afrika Barat dapat menurunkan curah hujan rata-rata regional, pertumbuhan tanaman terkait dengan siklus karbon dalam skala global. [19] Selain berdampak pada ekosistem dan ekologi darat, berkurangnya luas area hutan juga dapat menimbulkan berbagai macam bencana alam, diantaranya yaitu banjir, tanah longsor, kekeringan yang meningkat, dan erosi. Data dari UNESCO, Indonesia memiliki lahan gambut seluas 20,2 ha. Jumlah ini setara dengan 88% dari total lahan gambut di Asia Tenggara. Namun, seiring berjalannya waktu, jumlah tersebut dapat berkurang yang diakibatkan oleh pencucian tanah oleh air hujan secara terus menerus. [20]

B. Gagasan Solusi

FORESTY: Inovasi Berbasis IoT untuk Meminimalisasi Angka Deforestasi Dengan Memanfaatkan *Machine Learning* sebagai Aksi *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan sebuah ide gagasan inovasi dengan menggunakan teknologi *artificial intelligence*. Pada era saat ini banyak terjadi kasus kerusakan hutan yang mana jumlah

tersebut dapat meningkat setiap tahunnya. Bentuk kerusakan hutan tersebut diantara-Nya yaitu penggundulan dan alih fungsi hutan atau yang kita kenal dengan deforestasi, dan kasus kebakaran hutan. FORESTY dapat memberikan kemudahan kepada pengguna untuk memantau kondisi hutan secara *realtime*.

Desain sistem yang diterapkan pada FORESTY yakni memanfaatkan 5 macam komponen sebagai *input* data. Keempat komponen tersebut mempunyai peranan masing-masing diantara-Nya, *humidity* sensor untuk pengukuran suhu dan kelembaban di area hutan, CO2 sensor pengukuran karbon monoksida, *infrared* sensor untuk mendeteksi adanya sumber api, *microphone module* berfungsi sebagai menangkap suara alat berat, *power module* untuk memantau energi yang dihasilkan oleh panel surya. Keempat komponen tersebut diproses pada mikrokontroler *Raspberry Pi 4* dan diteruskan ke *firebase* menggunakan *LoRa module*. *Firebase* berfungsi sebagai *database* penyimpanan *cloud* dari data yang telah diolah oleh mikrokontroler. Selanjutnya data tersebut akan ditampilkan berupa informasi yang terintegrasi dengan aplikasi yang dapat dipantau secara *realtime*. Sistem FORESTY menggunakan panas matahari sebagai sumber energi utama yang disimpan pada baterai. Sistem panel surya yang diterapkan juga mempunyai keunggulan, yakni dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah datangnya sinar matahari sehingga energi yang dihasilkan dapat diserap secara maksimal. Cara pengoperasian FORESTY hanya dengan menekan tombol *power* dan sistem akan bekerja secara otomatis. Gambar berikut adalah skema kerja dari FORESTY



Gambar 4.2.1 Desain Sistem FORESTY
Sumber: Data Pribadi

Pada sistem FORESTY juga didukung oleh teknologi *artificial intelligence* berbasis *deep learning*. Teknologi yang diterapkan tersebut berfungsi untuk mendeteksi

adanya aktivitas penebangan pohon, yang mana menggunakan data dari suara yang dihasilkan alat berat yang digunakan dalam proses penebangan dan kamera untuk sistem *image recognition* mendeteksi postur dan aktivitas manusia yang melakukan penebangan pohon sebagai input parameter. Suara yang ditangkap oleh *microphone module* akan diproses dan dilakukan pengklasifikasian apakah suara tersebut berasal dari alat berat atau tidak. Begitu juga dengan sistem *image recognition* yang diterapkan memanfaatkan *webcam* kamera beresolusi 2K untuk menangkap gambar. Gambar yang dihasilkan akan diproses dengan teknologi *deep learning* melalui beberapa tahap mulai dari pemrosesan *Hue, Saturation, dan Value (HSV)*, dilanjutkan dengan proses *face recognition, pose detection*, dan terakhir dilakukannya *klasifikasi*. Semua proses tersebut memanfaatkan *TensorFlow* sebagai *library* untuk menerapkan *deep learning* dan algoritma lainnya. Berikut cara kerja *image recognition* secara detail.



Gambar 4.2.2 Cara Kerja *Image Recognition*
Sumber: Data Pribadi

Berikut merupakan konsep tampilan aplikasi FORESTY, dengan desain yang menarik dan minimalis informasi yang ditampilkan dapat mudah dimengerti oleh pengguna. Pada aplikasi pengguna dapat menerima pesan notifikasi ketika sistem mendeteksi adanya aktivitas perusakan hutan. Pengguna juga dapat memantau kondisi hutan secara *realtime*.



Gambar 4.2.3 Tampilan Aplikasi FORESTY
Sumber: Data Pribadi

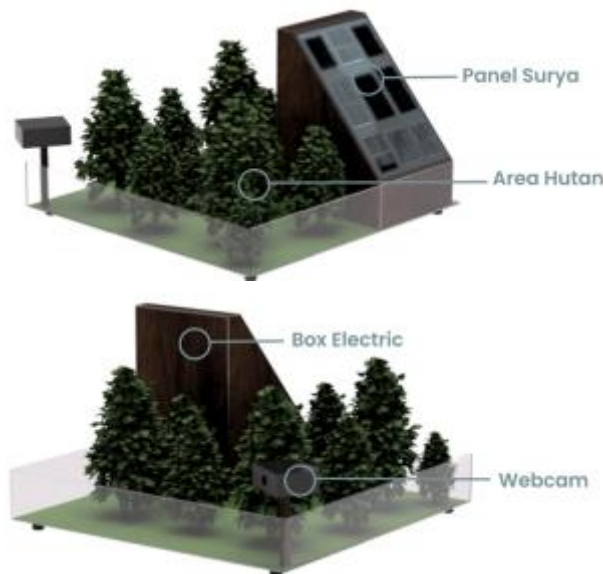
Pada konsep pengimplementasian, FORESTY mempunyai dimensi panjang, lebar, dan tinggi sebesar 30cm x 30cm x 20cm yang mana akan diletakkan pada dahan

pohon supaya tidak mudah diketahui oleh manusia dan tersamarkan dengan lingkungan sekitar. Desain FORESTY terinspirasi dari rumah burung agar manusia tidak curiga dan hanya akan menganggap sebagai rumah burung pada umumnya



Gambar 4.2.4 Konsep Desain Pengimplementasian
Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah konsep desain FORESTY skala prototipe. Terdapat *box electric* yang berisikan komponen sistem. *Webcam* untuk pengambilan gambar kondisi hutan, dari gambar yang dihasilkan akan digunakan sebagai *input data image recognition*. Selain itu, terdapat panel surya sebagai sumber energi utamanya yang disimpan pada baterai.



Gambar 4.2.5 Konsep Desain Prototipe
Sumber: Data Pribadi

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

FORESTY memiliki fitur *realtime monitoring* yang mana terdapat fitur *alert*

system yang memberikan informasi tentang aktivitas deforestasi. Keunggulan tersebut dioperasikan melalui aplikasi yang telah disediakan.

FORESTY mengoptimalkan kelestarian hutan di Indonesia dengan teknologi *artificial intelligence* (AI) dan integrasi IoT dan big data merupakan strategi yang sangat tepat dalam meminimalisasi kerusakan hutan dan meningkatkan kelestarian hutan. Penggunaan *TensorFlow* sebagai pengenalan gambar diharapkan dapat berguna untuk menangkap aktivitas manusia yang sedang melakukan proses *illegal logging* sehingga dapat meminimalisasi kasus kerusakan hutan di Indonesia.

FORESTY yang bertujuan untuk meminimalisasi angka deforestasi akan mulai dirasakan setelah 2 tahun dari launching. Dampak positif dari turunnya angka kerusakan hutan dipastikan akan mempengaruhi sektor ekosistem, meliputi satwa, tumbuhan, dan kelestarian hutan. Hasil *forecasting* dari manfaat penerapan FORESTY yaitu antara lain: jumlah kematian satwa hutan akibat dari kerusakan hutan pada tahun 2032 menurun sebesar 40%; peningkatan kelestarian tumbuhan meningkat sebesar 25% dari keadaan normal; dan kelestarian hutan bertambah 20-30% pada tahun 2032.

B. Saran

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan simpulan yang telah dijelaskan sebelumnya, penyusun memberikan beberapa saran, diantaranya sebagai berikut.

1. Kepada Pemerintah

Pemerintah diharapkan memberikan dukungan positif terhadap pengembangan dan penerapan hasil karya ilmiah. Kebijakan pemerintah meliputi aturan dalam penanganan dan perlindungan hutan diperlukan untuk mendukung adanya implementasi FORESTY.

2. Kepada Masyarakat

Masyarakat diharapkan dapat turut berkontribusi dalam pengimplementasian FORESTY dengan cara ikut dalam aksi peduli hutan, seperti reboisasi, kampanye alam, dan bersikap tegas terhadap adanya deforestasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. F. Vania, "Hutan Indonesia Berkurang 2,1 Hektar Sepanjang 2015-2020," <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/06/03/hutanindonesia-berkurang-21-hektar-sepanjang-2015-2020>, 2021.

- [2] V. A. Dihni, “Berapa Luas Lahan Berhutan Indonesia pada 2020,” <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/07/berapaluas-lahan-berhutan-indonesia-pada-2020>, 2022.
- [3] M. Cruppe, “Deforestation Fronts,” https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/ocuxmdil_Deforestation_fronts__drivers_and_responses_in_a_changing_world__full_report__1_.pdf?_ga=2.33721060.456166452.1648051648-1322878611.1648051646, 2021.
- [4] V. Yunia, “Sebab dan Akibat Deforestasi,” <https://environmentindonesia.com/sebab-dan-akibat-deforestasi/>, 2015. [5] R. Agung et al., Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2018. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2018.
- [5] Rome, “Global Forest Resources Assessment 2010,” <http://www.fao.org/3/a-al489e.pdf>, 2010.
- [6] M. Silviana, R. Sulaeman, and Y. Oktorini, “Pemantauan Perubahan Perubahan Lahan Hutan yang Dilindungi Bukit Suligi Kabupaten Kampar Provinsi Riau,” *Jurnal Ilmu-ilmu Kehutanan*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [7] A. H. Putra, F. Oktari, and A. M. Putriana, “Deforestasi dan Pengaruhnya Terhadap Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan di Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat,” *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 10, no. 2, pp. 191–200, 2019.
- [8] A. S. Zain, *Kaidah-Kaidah Pengelolaan Hutan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 1995.
- [9] F. N. Eleanora, “Tindak Pidana Illegal Logging Menurut UndangUndang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” *Jurnal Hukum*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [10] T. Notohadinegoro, “Pembakaran dan Kebakaran Lahan,” Yogyakarta, 2006.
- [11] M. Anshori and S. Iswati, *Metodologi Penelitian Kuantitatif*, Edisi ke-1. Surabaya: Airlangga University Press, 2019.
- [12] M. Rahardjo, “Studi Kasus dalam Penelitian Kualitatif: Konsep dan Prosedurnya,” *Disertasi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2017.
- [13] C. P. Putri, “Pengaruh Gender dalam Keragaman Ruang Dewan Terhadap ESGD (Environmental, Sosial, and Governance) Disclosure,” *Skripsi*, Universitas Airlangga, Surabaya, 2020.
- [14] M. A. Sodik and Siyoto. S., *Dasar Metodologi penelitian*, Edisi ke1. Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015.
- [15] H. Hardani, H. Andriani, R. A. Fardani, J. Ustiawaty, E. F. Utami, and .D.J. Sukmana, *Metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2020.
- [16] SDGs, “Sustainable Development Goals,” <https://www.sdg2030indonesia.org/>, 2017.
- [17] Kementerian Dalam Negeri, “Penelitian Membuktikan, Paparan Asap Berpengaruh Besar terhadap Kesehatan,” <https://litbang.kemendagri.go.id/website/penelitian-membuktikanpaparan-asap-berpengaruh-besar-terhadap-kesehatan/>, 2019.

- [18] B. H. Saharjo, Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan, Edisi ke1. Bogor: IPB Press, 2018.
- [19] National Geographic Indonesia, “Tak Hanya Manusia, Karhutla Ancam Kehidupan Satwa Liar di Sumatra,” <https://nationalgeographic.grid.id/read/131857166/tak-hanyamanusia-karhutla-ancam-kehidupan-satwa-liar-di-sumatra>, 2019.