

Pemetaan Lahan Lamtoro Sebagai Basis Data Hutan Tanaman Energi di Kabupaten Bone Bolango

Muhammad Irfan Maulana
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
Muhammadirfan9929@gmail.com

Sardi Salim
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
sardi@ung.ac.id

Yasin Mohamad*
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
yasinmohamad@ung.ac.id*

Diterima : Agustus 2022
Disetujui : Oktober 2022
Dipublikasi : Januari 2023

Abstrak – Pengembangan energi terbarukan sebagai energi alternatif atau dapat diperoleh dari tumbuhan yang salah satunya adalah tanaman lamtoro. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sebaran lahan tanaman lamtoro dan analisis kesesuaian lahan untuk budidaya tanaman lamtoro di Kabupaten Bone Bolango sebagai basis data pengembangan hutan tanaman energi. Metode penelitian yang digunakan dalam pemetaan sebaran lahan tanaman lamtoro adalah metode ground check (survey lapangan) dan metode dalam analisis kesesuaian lahan menggunakan metode overlay dan scoring setiap parameter yang digunakan dan diolah menggunakan software arcGIS. Hasil pemetaan sebaran lahan tanaman lamtoro pada tiga Kecamatan yang berada di Kabupaten Bone Bolango sebesar 1,604 ha pada Kecamatan Kabila dapat menghasilkan energi listrik sebesar 5.071 kWh/ha/tahun, 3,118 ha pada Kecamatan Tilongkabila dapat menghasilkan energi listrik sebesar 9.857 kWh/ha/tahun dan 22,070 ha pada Kecamatan Kabila Bone dapat menghasilkan energi listrik sebesar 69.767 kWh/ha/tahun. Menurut hasil analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro di Kabupaten Bone Bolango, mendapatkan empat kelas kesesuaian lahan yaitu S1 (sangat sesuai) dengan besar lahan seluas 6245 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 19.741.622 kWh/ha/tahun, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) dengan besar lahan seluas 56617 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 178.977.009 kWh/ha/tahun, kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan besar lahan seluas 13442 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 42.492.696 kWh/ha/tahun dan kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas 111440 ha.

Kata Kunci – Kesesuaian Lahan; Pemetaan; Tanaman Lamtoro

Abstract – The development of renewable energy as alternative energy can be obtained from plants, one of which is the lamtoro (*leucaena leucocephala*) plants. The research aimed to analyze the distribution of land for lamtoro plants and analysis of land suitability for cultivation of lamtoro plants in Bone Bolango Regency as a database for the development of energy plantation forest. The research method used in mapping the distribution of land for lamtoro plants was the ground check (field survey) method, whereas the method in land suitability analysis applied overlay and scoring methods in each parameter used and processed using ArcGIS software. The results of mapping distribution of land for lamtoro plants in three sub-districts in Bone Bolango Regency were that 1,604 ha in Kabila Subdistrict could produce electrical energy of 5.701 kWh/ha/year, 3,118 ha

in Tilongkabila Subdistrict could produce electrical energy of 9.857 kWh/ha/year and 22,070 ha in Kabila Bone Subdistrict could produce electrical energy of 69.767 kWh/ha/year. In accordance with the results of land suitability classes, including class S1 (very suitable) with an area of 6245 ha which could produce electrical energy of 19.741.622 kWh/ha/year, class S2 (fairly suitable) with an area of 56617 ha which could produce electrical energy of 178.977.009 kWh/ha/year, class S3 (marginally suitable) with an area of 13442 ha which could produce electrical energy of 42.492.696 kWh/ha/year and class N (not suitable) with an area of 111440 ha.

Keywords -- Land Suitability; Mapping; Lamtoro plant

I. PENDAHULUAN

Telah menjadi hal yang mendasar bahwa minyak bumi menjadi sumber energi yang paling dibutuhkan di dunia, termasuk di Indonesia. Selain itu juga terdapat banyak sumber energi yang lain seperti, gas bumi, *hydropower*, matahari, panas bumi, laut, biogas, gambut serta biomassa, dan lain sebagainya. Dimana ketersediaannya memungkinkan untuk menggantikan ketergantungan terhadap minyak bumi mengingat situasi saat ini ketersediaan dari minyak bumi semakin terbatas. [1]. Kontribusi sub sektor kehutanan berbasis hutan tanaman energi yang dugagas pada rancangan ini yakni upaya pengotimalan dari kebermanfaatan nilai ekonomis produsen pembudidayaan tumbuhan yang menghasilkan energi, pengoptimalan manfaat atau pasokan sisa hasil pengolahan kayu serta EBT untuk memenuhi energi yang dibutuhkan dalam skala nasional yang didapatkan dari olahan energi biomassa dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional, serta peningkatan tingkat penghasilan dari rakyat di lingkungan tersebut hingga terciptanya lapangan pekerjaan [2].

Kayu tanaman lamtoro yang telah dijemur selama 18 jam dibawah sinar matahari langsung memiliki nilai kadar air sebesar 40% [3] dan mengandung kalor dengan nilai yang besar yakni pada angka 4.197 kkal/kg [4], sehingganya memiliki kecocokan untuk dicampurkan dengan batubara atas dasar kecocokan nilai kalor tersebut yang juga merupakan bahan bakar utama pada PLTU, lebih

lanjut batubara yang digunakan pada PLTU mempunyai kalor dengan angka pada kisaran 4,000 kkal/kg yang merupakan batubara dengan kualitas rendah yakni lignite atau batubara muda [5]. Lebih lanjut pada saat ini PLTU yang memanfaatkan pencampuran antara batubara dengan kayu lamtoro sudah semakin banyak, Pembangkit Listrik Temnaga uap yang berada dikecamatan anggrek, Gorontalo utara merupakan salah satu yang menjalankan co-fering yakni pemanfaatan pencampuran antara batubara dengan kayu lamtoro dengan jumlah takaran 1-5% untuk 1000 ton batubara setiap harinya [6].

Kabupaten Bone Bolango ialah kabupaten terbesar kedua di Provinsi Gorontalo yakni besaran wilayahnya sebesar 1984,31 Km² [7]. Kabupaten Bone Bolango memiliki luas Kawasan hutan 140182,88 Ha [8], suhu rata-rata sekitar 26° - 28°C dan curah hujan antara 0-330 mm [9], dengan demikian tanaman lamtoro dapat beradaptasi dengan baik pada iklim yang Provinsi Gorontalo terlebih khusus di Bone Bolango dan juga merupakan salah satu tanaman yang berpotensi menjadi sumber energi alternatif. Selain itu Huang dkk dalam mengembangkan sumber energi alternatif, menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memperkirakan potensi Photovoltaic (PV) semua wilayah administratif China [10]. Dalam membantu pengembangan sumber energi alternatif dapat mengaplikasikan Sistem Informasi Geografis (SIG), dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pemetaan, dapat memudahkan pengelolaan data spasial (keruangan) maupun data non spasial yang berkaitan dengan potensi sumber energi alternatif. Analisis spasial meliputi beberapa parameter *settlement* (permukiman), *forest* (hutan), *Agricultural farming* (Pertanian) dan *other areas of use* (penggunaan lahan lainnya) merupakan komponen penting dalam analisis suatu lahan [11], Sehingga penyajian informasi ketersediaan data mengenai potensi sumber energi alternatif dalam membantu pemanfaatan dan pengembangan energi dapat disajikan lebih efektif.

Berdasarkan uraian diatas, besarnya kemungkinan tanaman lamtoro dapat mudah beradaptasi dan dapat dibudidayakan sebagai hutan tanaman energi di Kabupaten Bone Bolango serta memiliki potensi untuk dapat dijadikan sumber energi alternatif, maka penulis melakukan penelitian tentang "Pemetaan dan Analisis Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Sebagai Basis Data Informasi Hutan Tanaman Energi Di Kabupaten Bone Bolango". Atas dilaksanakannya penelitian ini harapannya bisa menjadi basis data sumber energi alternatif dan dapat terlihat penyajian informasi dalam bentuk peta tematik terkait sebaran tanaman lamtoro dan informasi kesesuaian lahan tanaman lamtoro di Kabupaten Bone Bolango serta perkiraan energi listrik yang dapat dihasilkan agar dapat dimanfaatkan dengan baik guna membantu mengurangi penggunaan minyak bumi/energi fosil dan pengembangan hutan tanaman energi di Kabupaten Bone Bolango.

II. METODE

A. Metode Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini, metode penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang dijalankan yaitu sesuai KBBI dapat dijabarkan yakni metode

penelitian dilaksanakan melalui penggambaran objek penelitian yang selaras dengan kenyataan dengan melewati beberapa rangkaian analisis data. Penelitian ini melakukan pemetaan dan analisis kesesuaian lahan. Proses Analisa yang dijalankan dengan prosedur scoring (pemberian skor) serta overlay (penyatuan data). Penelitian ini menggunakan data primer hasil dari ground check (survey lapangan) lahan tanaman lamtoro dan data sekunder merupakan data spesifik dimana bersumber dari website resmi mengenai instansi yang berkaitan dengan data.

Setelah hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro sudah selesai, selanjutnya akan menghitung perkiraan besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dari hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro tersebut, dengan mengkonversikan volume kayu tanaman lamtoro ke kWh secara matematis.

B. Analisis Data

Berikut ini merupakan tahapan yang dijalankan sekama penelitian berlangsung:

1. Studi Literatur

Yakni proses pengumpulan data yang dijalankan dengan menganalisis artikel-artikel ilmiah dimana artikel ilmiah tersebut memiliki keterkaitan dengan penggunaan biomassa untuk alternatif dalam penggunaan bahan bakar, pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro sebagai basis data informasi sumber energi alternatif dan hutan tanaman energi.

2. Pengumpulan Data

Diperlukan data sekunder serta primer dalam pelaksanaan penelitian ini. Data primer bersumber dari ground check (survey lapangan) di lokasi penelitian serta data sekunder sumbernya ialah literatur berupa hasil penelitian terdahulu, website resmi yang memuat data berupa instansi pemerintahan yang memiliki keterkaitan dengan data yang diperlukan, data mengenai sisi geografis, serta literatur yang memuat teori serta bahan Analisa dimana bahan Analisa tersebut memiliki keterkaitan dengan studi yang sedang dijalankan.

3. Pengolahan Data

a. Pemetaan Lahan Tanaman Lamtoro Di Kabupaten Bone Bolango

Pemetaan lahan tanaman lamtoro yang sudah ada di Kabupaten Bone Bolango dilakukan dengan metode *ground check* (survey lapangan). Untuk lokasi pemetaan lahan tanaman lamtoro yang sudah ada yaitu pada tiga Kecamatan di Kabupaten Bone Bolango yakni Kabila, Tilongkabila serta Kabila Bone. Langkah kerja dalam pemetaan lahan tanaman lamtoro yang sudah ada ini adalah melakukan *ground check* di lokasi penelitian guna menguatkan terkait adanya tanaman lamtoro di daerah tersebut, setelah itu dilanjutkan dengan pengambilan titik koordinat dan *tracking area* (*polygon*) lahan yang terdapat tanaman lamtoro menggunakan *global positioning system* (GPS). Langkah selanjutnya adalah pengolahan data hasil *ground check* lahan tanaman lamtoro menggunakan *software ArcGIS 10.3* untuk mendapatkan peta tematik lahan tanaman lamtoro.

b. Analisis Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Di Kabupaten Bone Bolango

Pada penelitian ini dijalankan metode analisis daya berupa *scoring* dan *overlay*. *Overlay* adalah sebuah tahap penggabungan beberapa layer yang memiliki perbedaan ataupun peta dimana peta tersebut berisi data yang terisyarat ataupun melakukan pencocokan kaeakteristik yang diinginkan yang selaras dengan ketentuan penyesuaian lahan pada karakteristik lahan. Metode *scoring* adalah sebuah cara yang digunakan dalam proses evaluasi keselarasan lahan melalui penentuan harkat/skor pada tiap-tiap parameter lahan guna mengetahui capaian lahan yang dimiliki. Adapun langkah – langkah analisis kesesuaian lahan sebagai berikut:

- 1) Pada proses Analisa ini awal dari kerangka kerjanya yakni memberikan skor/harkat dengan bobot 0 sampai dengan 3 terhadap masing – masing parameter lahan sesuai dengan syarat tumbuh tanaman lamtoro atau kayu energi [12]. Syarat tumbuh tanaman lamtoro atau kayu energi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Syarat Tumbuh Tanaman Lamtoro atau Kayu Energi

Kualitas/Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	Sangat Sesuai (S1)	Cukup Sesuai (S2)	Sesuai Marginal (S3)	Tidak Sesuai (N)
Temperatur (°C)	28-23	22-18	17-16	<16
Curah Hujan (mm)	>1300	1300-1000	600-<1000	<600
Drainase	Baik, Sedang	Agak Cepat, Agak Terhambat	Terhambat	Sangat Terhambat, Sangat Cepat
Tekstur	Agak Halus, Sedang	Agak Kasar, Halus	Sangat Halus	Kasar
Kedalaman Efektif (cm)	>100	75-100	50-<75	<50
KTK (CEC) (cmol)	>16	≤16		
pH H ₂ O	6,1 – 7,2	5,5 – 6,0 7,3 – 7,5	4,5 – 5,4	<4,5
C Organic (%)	>0,4	≤0,4		
Batuan Permukaan (%)	< 4	4 – 15	>15 - 40	>40
Kelerengan (%)	<8	8-<16	16-30	>30

Sumber: [13]

- 2) Setelah memberikan skor/harkat terhadap masing – masing parameter lahan, selanjutnya melakukan *overlay* masing – masing parameter lahan diantaranya, peta administrasi Kabupaten Bone Bolango, peta pemanfaatan lahan Kabupaten Bone Bolango, peta suhu udara Kabupaten Bone Bolango, peta kemiringan lereng Kabupaten Bone Bolango, peta jenis tanah

Kabupaten Bone Bolango serta peta curah hujan Kabupaten Bone Bolango untuk mendapatkan satuan peta lahan (SPL) dimana dimanfaatkan dalam satuan Analisa data.

- 3) Selanjutnya akan dilaksanakan penjumlahan total skor/harkat masing – masing parameter lahan (Jumlah Skor = Skor Temperatur + Skor Curah Hujan + Skor Jenis Tanah + Skor Kelerengan + Skor Penggunaan Lahan) menggunakan *tools field calculator* pada *software ArcGIS 10.3*.

- 4) Kemudian menentukan interval kelas kesesuaian lahan dengan persamaan sebagai berikut [14]:

$$I = \frac{R}{N} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

I = Lebar kelas interval

R = Jarak Interval (skor tertinggi – skor terendah)

N = Jumlah Kelas (S1, S2, S3, N)

- 5) Berdasarkan *scoring* masing – masing parameter lahan dan syarat tumbuh tanaman lamtoro atau kayu energi tersebut maka dapat diperoleh nilai skor dan interval kelas kesesuaian lahan untuk menentukan kesesuaian lahan tanaman lamtoro.

- 6) Kemudian setelah melakukan *overlay* dan *scoring*, digunakan *tools dissolve* pada *software ArcGIS 10.3* untuk membantu meleburkan objek – objek yang mempunyai atribut yang sama, sehingga dapat dibuat peta kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango.

4. Perhitungan Perkiraan Besaran Energi Yang Dapat Dihasilkan Dari Hasil Pemetaan Dan Analisis Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro

Langkah – langkah dalam melakukan perhitungan perkiraan besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dari luas lahan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro dapat dilihat pada persamaan berikut [15]:

Potensi Per Hektar

Untuk menghitung potensi per hektar dengan mengansumsikan jarak tanam tanaman lamtoro pada lahan tidak kritis adalah 3x6 meter, maka terdapat 555 pohon/hektar (Permenhut Nomor: P.65/Menhut-II/2014), sehingga persamaan rumus yang digunakan pada penelitian ini selaras dengan yang dipergunakan (Roliadi *et all*, 2010) adalah:

$$V = Lbds \times T \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

Lbds = Luas bidang dasar

T =Tinggi rata – rata 2 meter siap tebang

Lbds dalam kayu tanaman lamtoro bisa diganti menjadi riap tumbuh tanaman lamtoro 20 m³/ha/tahun [16], sehingga persamaan rumus yang digunakan adalah:

$$V = 20 \times U \times T \dots \dots \dots (3)$$

$$V/ha = V \times JB/ha \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

20 = riap tumbuh tanaman lamtoro

U = Umur pohon (1 tahun)

T = Tinggi rata – rata (2 meter)
 JB/ha = Jumlah batang per hektar
 V/ha = Volume per hektar

Perhitungan Potensi Total

Setelah potensi lahan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro didapatkan, untuk menghitung potensi total kayu tanaman lamtoro dari luas lahan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro bisa untuk dilakukan perhitungan mengenai rumus berikut ini:

$$V_p = V_t \times FE \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

V_p = Volume kayu potensial
 V_t = Volume total lahan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro
 FE = Faktor eksploitasi Hutan sebesar 70% [17]

Analisis Perkiraan Potensi Produksi Energi

Setelah potensi total kayu tanaman lamtoro dari luas lahan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro didapatkan, untuk memperkirakan potensi produksi energi dihitung dengan kadar air kayu tanaman lamtoro sebesar 10,13% [4] dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$V_b = V_p - (V_p \times KA) \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

V_b = Volume kayu setelah volume dikalikan KA
 V_p = Volume kayu potensial
 KA = Kadar air kayu lamtoro sebesar 10,13%

Pendediaan bahan utama ditentukan dengan berdasar pada hasil dari penghitungan pada satuan ton yakni mengkonversikan dari m³ menjadi ton dengan berdasar pada rumus standar yakni:

$$V_e = V_b \times AK \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

V_e = Volume kayu dikonversi ke ton (ton/ha/tahun)
 V_b = Volume kayu setelah volume dikalikan KA
 AK = Angka konversi meter kubik (m³) ke ton (0,95) sesuai dengan Surat Edaran.484/BIKPHH-1/2012

Dengan berdasar pada rumus sebelumnya maka tanaman lamtoro memiliki potensi untuk menghasilkan energi untuk dijadikan bahan utama energi dengan menggunakan rumus yakni:

$$We = \frac{V_e}{K_t} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

We = Suplai energi listrik/ha/tahun (kWh/ha/tahun)
 V_e = Volume kayu dikonversi ke ton (ton/ha/tahun)
 K_t = Angka konversi 1 ton sebesar 4,197 kkal (nilai kalor kayu lamtoro dikutip dari penelitian [4]).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Kabupaten Bone Bolango

1. Kondisi Geografis

Kabupaten Bonebolangi memiliki letak geografi yakni 0°27'-1°01' lintang Utara serta diantara 121°23'-122°44' Bujur Timur, ketinggian 0 – 1500 m di atas permukaan laut. Laut Sulawesi serta kecamatan atinggola merupakan batas dari bagian utaranya, sementara batas pada wilayah timurnya yakni Sulawesi utara, pada wilayah selatan berbatasan dengan teluk tomini serta pada wilayah barat berbatasan langaung kecamatan kota selatan, utara serta telaga.

Terdapat 165 desa serta 18 kecamatan berada di daerah ini. Dengan pinogu sebagai kecamatan paling luas dengan total luas 486 km². Selanjutnya untuk kecamatan dengan wilayah paling kecil yaitu 5,62 km² dari luas Kabupaten adalah Kecamatan Bulango Selatan. Peta Administrasi Kabupaten Bone Bolango dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Bone Bolango

2. Kondisi Iklim

a. Curah Hujan

Dengan berdasarkan pada data curah hujan 2021 dimana bersumber pada Stasiun, informasi mengenai curah hujan kabupaten bonebolango yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Bone Bolango oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Hasil peta curah hujan Kabupaten Bone Bolango diolah menggunakan *Software ArcGIS 10.3* dengan metode *Polygon Thiessen* yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



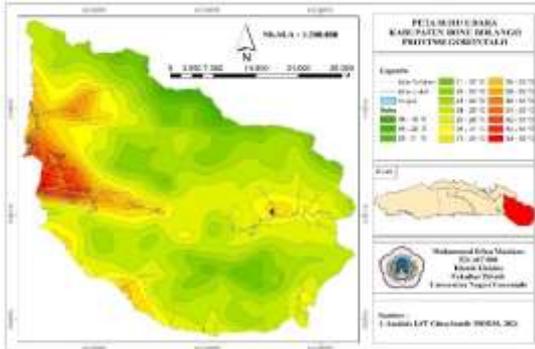
Gambar 2. Peta Curah Hujan Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan Gambar 2 dan hasil perhitungan rata – rata curah hujan Kabupaten Bone Bolango, diperoleh rata – rata curah hujan sebesar 937 mm pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember tahun 2021.

b. Suhu Udara atau Temperatur

Suhu permukaan merupakan pendefinisian dari keadaan temperatus pada bagian luar sebuah objek. dimana

temperatur pada bagian luar ini memiliki perbedaan antar satu sama lain dengan berdasar pada karakteristik dari objek tersebut. Pada penelitian ini data temperatur didapatkan dengan melakukan analisis LST (*Land Surface Temperature*) citra MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) tahun 2021 menggunakan *Software ArcGIS 10.3*. LST memiliki pendefinisian yakni temperature rata-rata dari permukaan sebuah objek dimana dijabarkan melalui ruang lingkup sebuah pixel dengan beragam karakteristik permukaan. Peta suhu udara Kabupaten Bone Bolango tahun 2021 dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

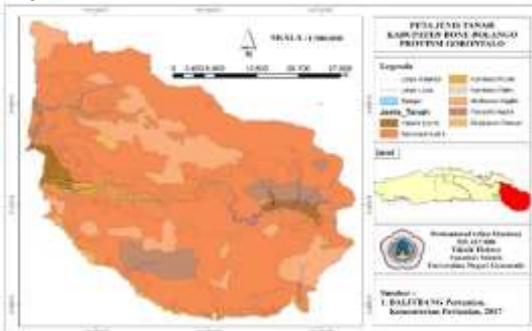


Gambar 3 Peta Suhu Udara Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa suhu udara Kabupaten Bone Bolango bervariasi yaitu 18 – 35 °C dan nilai minimum dan maksimum suhu udara yaitu 18°C nilai minimum dan 35°C nilai maksimum.

3. Kondisi Tanah

Pada penelitian ini data jenis tanah yang digunakan diperoleh dari BALITBANG Pertanian, Kementerian Pertanian Tahun 2017. Berdasarkan data jenis tanah yang diperoleh dari BALITBANG Pertanian, Kementerian Pertanian. Peta jenis tanah Kabupaten Bone Bolango dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



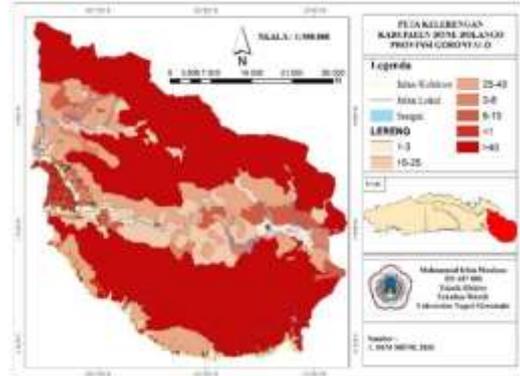
Gambar 4 Peta Jenis Tanah Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan Gambar 4 Kabupaten Bone Bolango memiliki tujuh jenis tanah yang didominasi jenis tanah Kambisol Eutrik seluas 138084 ha dan jenis tanah Kambisol Gleik merupakan yang tidak dominan seluas 134 ha.

4. Kondisi Kelerengan

Sumber dari data mengenai kemiringan lereng dalam penelitian ini ialah data *Shuttle Radar Topography Mission*

(SRTM) tahun 2020 dimana terdapat ragam kelas klasifikasi kemiringan lereng. Didalam kemiringan lereng ini memuat dari yang tercuram hingga terlandai. Pada pembuatan peta ini dilakukan melalui proses digital yaitu membuat pengklasifikasian data SRTM kedalam bentuk (%). Peta kemiringan lereng Kabupaten Bone Bolango dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



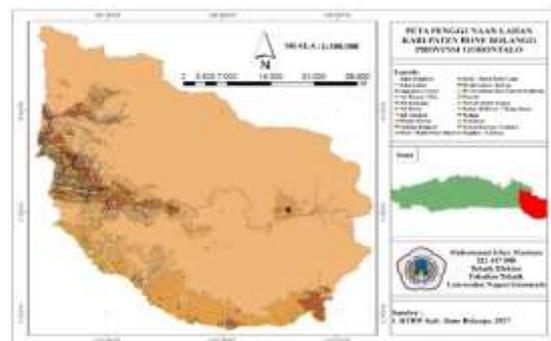
Gambar 5 Peta Kelerengan Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa Kabupaten Bone Bolango memiliki tujuh kategori kelas kemiringan lereng yang didominasi kelas kemiringan lereng sangat curam yaitu >40% seluas 114978 ha dan kelas kemiringan lereng datar yaitu <1% seluas 2859 ha merupakan yang tidak dominan.

5. Kondisi Penggunaan Lahan

Adakah hasil dari segala bentuk hasil penggunaan lahan oleh manusia dengan tujuan sebagai pemenuhan kebutuhan dasar dalam sisi spiritual maupun material. Konsep penggunaan lahan memiliki peran yang vital terhadap penentuan dari ketersediaan lahan serta sebagai pemahaman akan sebuah objek penelitian. Alhasil dapat bermanfaat dalam pengambilan keputusan mengenai proses pengembangan terhadap wilayah tersebut.

Pada penelitian ini data penggunaan lahan diperoleh dari RTRW Kabupaten Bone Bolango tahun 2017. Peta penggunaan lahan Kabupaten Bone Bolango dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa Kabupaten Bone Bolango didominasi penggunaan lahan hutan rimba dan taman nasional seluas 143018 ha dan penggunaan lahan air rawa seluas 0,3 ha merupakan yang tidak dominan.

B. Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango

Proses Analisa keselarasan lahan guna mengembangkan tanaman kakao dijalankan dengan cara *overlay* (tumpang tindih) pada studi ini tiap-tiap parameter (penggunaan lahan, curah hujan, jenis tanah, temperature, suhu udara serta kemiringan lereng) dimana selanjutnya dilakukan emberin bobot serta nilai pada tiap-tiap parameter. Dengan berdasar pada scoring serta *overlay* diperoleh total nilai dari setiap area yakni nilai serta standar minimum jumlah keseluruhan nilai paling tinggi dengan jumlah nilai keseluruhan. Yang akhirnya didapatkan interval (I) yaitu [14]:

$$I = \frac{R}{N}$$

Maka interval kelas kesesuaian lahan:

$$I = \frac{12 - 0}{4} = 3$$

Jadi, berdasar pada hasil analisa *scoring* didapatkan 4 (empat) kelas interval keselarasan lahan untuk tanaman lamtoro. Interval dalam tiap-tiap skor keseluruhan kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Interval Kelas Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro

Kelas Kesesuaian Lahan	Total Skor
S1 (Sangat Sesuai)	10 – 12
S2 (Cukup Sesuai)	7 – 9
S3 (Sesuai Marginal)	4 – 6
N (Tidak Sesuai)	0 – 3

Sumber: Hasil perhitungan interval kelas kesesuaian [14]

Berdasar pada Tabel 2 diperoleh hasil Analisa scoring terhadap Kabupaten Bone Bolango, pengklasifikasian kelas keselarasan lahan dengan patokan FAO (1976) yakni kelas S1 (Sangat Sesuai) merupakan interval 10 – 12, kelas S2 (Cukup Sesuai) ialah interval 7 – 9, kelas S3 (Sesuai Marginal) ialah interval 4 – 6, kelas N (Tidak Sesuai) adalah 0 – 3.

2. Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro

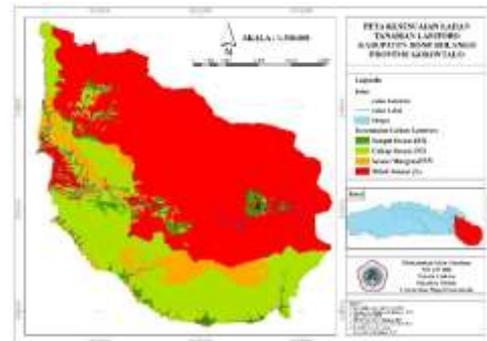
Penyesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango berdasar pada hasil *overlay* (tumpang tindih) masing-masing parameter karakteristik lahan (penggunaan lahan, temperature udara, kemiringan lereng jenis tanah hingga curah hujan) dan analisis *scoring* sesuai dengan syarat tumbuh tanaman lamtoro atau kayu energi. Maka diperoleh kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango

Kelas Kesesuaian Lahan	Luas Lahan (ha)	Persentase Penggunaan Lahan (%)
S1 (Sangat Sesuai)	6245	3
S2 (Cukup Sesuai)	56617	30
S3 (Sesuai Marginal)	13442	7
N (Tidak Sesuai)	111440	59
Total	187744	100

Sumber: Hasil analisis *overlay* dan *scoring*

Berdasarkan pada proses Analisa terhadap kesesuaian lahan lamtoro Kabupaten Bone Bolango, berikutnya mendapatkan hasil mengenai kasta kesesuaian lahan yang paling memadai guna mendukung upaya mengembangkan tanaman lamtoro yakni kelas kesesuaian lahan S1 (Sangat Sesuai) atas luas 6245 ha atau 3% atas luas keseluruhan wilayah Kabupaten Bone Bolango, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) atas 56617 ha atau 30% atas keseluruhan luas wilayah Kabupaten Bone Bolango, kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas 13442 ha atau 7% dari luas wilayah Kabupaten Bone Bolango dan kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas 111440 ha atau 59% dari luas wilayah Kabupaten Bone Bolango. Peta kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango seperti terdapat dalam Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango

Dengan berdasar pada Gambar 7 memberikan gambaran mengenai tingkat keselarasan lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango dengand didominasi oleh kelas keselarasan lahan N lahan N (Tidak Sesuai) dari luas 111440 ha ataupun 59% dari luas wilayah Kabupaten Bone Bolango, hal ini diakibatkan karena adanya penggunaan lahan yang peruntukannya tidak dapat diubah, seperti hutan rimba atau taman nasional, sawah, dan pemukiman atau tempat kegiatan.

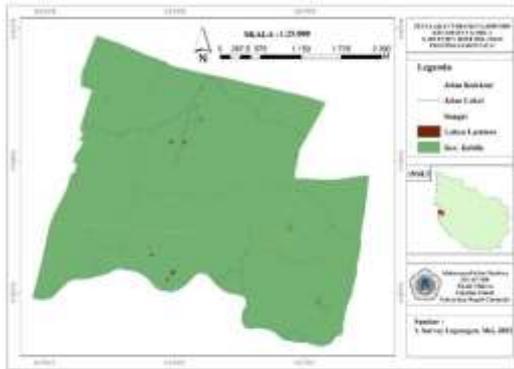
3. Pemetaan Lahan Tanaman Lamtoro di Kabupaten Bone Bolango

Pemetaan lahan tanaman lamtoro yang terdapat di Kabupaten Bone Bolango dilakukan dengan metode *ground check* (survey lapangan) dan diolah menggunakan *software ArcGIS 10.3*. Untuk lokasi pemetaan lahan tanaman lamtoro yang berada pada 3 Kecamatan pada Kabupaten Bone Bolango, yakni pada Kecamatan Kabila,

Tilongkabila dan Kabila Bone. Berikut hasil pemetaan lahan tanaman lamtoro di wilayah-wilayah tersebut.

a. Kecamatan Kabila

Berdasar pada hasil survey lapangan dan pengolahan data menggunakan *software* ArcGIS 10.3, penyebaran lahan tanaman lamtoro Kecamatan Kabila bisa ditinjau dalam Gambar 8 berikut.

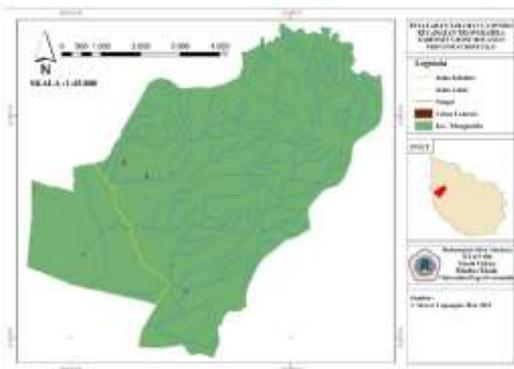


Gambar 8 Sebaran Lahan Tanaman Lamtoro Kecamatan Kabila

Berdasarkan Gambar 8, terdapat 38 sebaran lahan tanaman lamtoro yang ada di Kecamatan Kabila dengan total luas sebaran lahan sebesar 1,604 ha, lahan terluas sebesar 0,213 ha atau 13,310% dari luas wilayah Kecamatan Kabila dan lahan terkecil sebesar 0,001 ha atau 0,065% dari luas wilayah Kecamatan Kabila.

b. Kecamatan Tilongkabila

Berdasarkan hasil survey lapangan dan pengolahan data menggunakan *software* ArcGIS 10.3, sebaran lahan tanaman lamtoro Kecamatan Tilongkabila dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



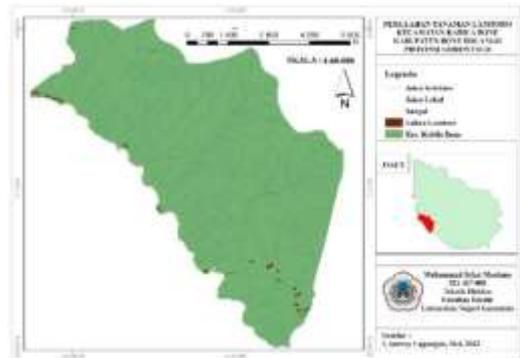
Gambar 9 Sebaran Lahan Tanaman Lamtoro Kecamatan Tilongkabila

Berdasarkan Gambar 9, terdapat 23 sebaran lahan tanaman lamtoro yang ada di Kecamatan Tilongkabila dengan total luas sebaran lahan sebesar 3,118 ha, lahan terluas sebesar 0,446 ha atau 14,308% dari luas wilayah Kecamatan Tilongkabila dan lahan terkecil sebesar 0,009 ha atau 0,286% dari luas wilayah Kecamatan Tilongkabila.

c. Kecamatan Kabila Bone

Berdasarkan hasil survey lapangan dan pengolahan data menggunakan *software* ArcGIS 10.3, sebaran lahan

tanaman lamtoro Kecamatan Kabila Bone dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10 Sebaran Lahan Tanaman Lamtoro Kecamatan Kabila Bone

Berdasarkan Gambar 10, terdapat 17 sebaran lahan tanaman lamtoro yang sudah ada di Kecamatan Kabila Bone dengan total luas sebaran lahan sebesar 22,070 ha, lahan terluas sebesar 2,447 ha atau 11,087% dari luas wilayah Kecamatan Kabila Bone dan lahan terkecil sebesar 0,794 ha atau 3,596% dari luas wilayah Kecamatan Kabila Bone.

4. Perkiraan Besaran Energi Listrik Yang Dapat Dihasilkan

a. Kesesuaian Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango didapatkan kriteria kelas kesesuaian lahan S1 (Sangat Sesuai) atas luas 6245 ha, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) dengan luas 56617 ha, kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas 13442 ha dan kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas 111440, dengan demikian kelas kesesuaian S1, S2 dan S3 jika seluruh luas lahannya digunakan untuk pengembangan hutan tanaman energi atau budidaya tanaman lamtoro, maka dapat dihitung perkiraan besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dengan melakukan persamaan (2) – (8). Hasil perhitungan perkiraan besaran energi listrik yang dihasilkan dari hasil analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro Bone Bolango bisa dianalisa dalam Tabel 4 dibawah.

Tabel 4 Perkiraan Besaran Energi Listrik Dari Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Kabupaten Bone Bolango

N O	Kelas Kesesuaian Lahan	Potensi per Hektar (m ³ /Ha)	Potensi Total (m ³ /Ha)	Volume Kayu Setelah Dikalikan Kadar air (m ³ /Ha)	Konversi m ³ ke dalam ton (ton/ha/tahun)	Perkiraan Prediksi Energi Listrik (kWh/ha/tahun)
1	Kesesuaian Lahan S1 (Sangat Sesuai)	138.639.000	97.047.300	87.216.409	82.855.588	19.741.622
2	Kesesuaian Lahan S2 (Cukup Sesuai)	1.256.897.400	879.828.180	790.701.585	751.166.506	178.977.009
3	Kesesuaian Lahan S3 (Sesuai Marginal)	298.412.400	208.888.680	187.728.257	178.341.844	42.492.696

Sumber: Perhitungan Perkiraan Energi Listrik dari Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Kabupaten Bone Bolango [15]

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan energi listrik, kelas kesesuaian lahan S1 (Sangat Sesuai) atas luas 6245 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 19.741.622 kWh/ha/tahun, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) dengan luas 56617 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 178.977.009 kWh/ha/tahun dan kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas 13442 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 42.492.696 kWh/ha/tahun.

b. Pemetaan Lahan Tanaman Lamtoro di Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan hasil pemetaan lahan tanaman lamtoro terhadap 3 Kecamatan pada Kabupaten Bone Bolango didapatkan luas lahan sebesar 1,604 ha di Kecamatan Kabila, luas lahan sebesar 3,118 ha di Kecamatan Tilongkabila, dan luas lahan sebesar 22,070 ha di Kecamatan Kabila Bone, dengan demikian dapat dihitung perkiraan besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dengan melakukan persamaan (2) – (8). Hasil perhitungan perkiraan besaran energi listrik yang dihasilkan dari hasil pemetaan lahan tanaman lamtoro di tiga Kecamatan yang terdapat di Kab. Bone Bolango bisa dianalisis dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Perkiraan Besaran Energi Listrik Dari Hasil Pemetaan Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango

No	Kecamatan	Potensi per Hektar (m ³ /Ha)	Potensi Total (m ³ /Ha)	Volume Kayu Setelah Dikalikan Kadar air (m ³ /Ha)	Konversi m ³ ke dalam ton (ton/ha/tahun)	Perkiraan Prediksi Energi Listrik (kWh/ha/tahun)
1	Kabila	35.609	24.926	22.401	21.281	5.071
2	Tilongkabila	69.220	48.454	43.546	41.368	9.857
3	Kabila Bone	489.954	342.968	308.225	292.814	69.767

Sumber: Perhitungan Perkiraan Energi Listrik dari Hasil Pemetaan Lahan Tanaman Lamtoro Kabupaten Bone Bolango [15]

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan energi listrik, Kecamatan Kabila dengan luas 1,604 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 5.071 kWh/ha/tahun,

Kecamatan Tilongkabila dengan luas 3,118 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 9.857 kWh/ha/tahun dan Kecamatan Kabila Bone dengan luas 22,070 ha dapat menghasilkan energi listrik sebesar 69.767 kWh/ha/tahun.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan dan analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro di Kabupaten Bone Bolango sebagai basis data sumber energi alternatif dan pengembangan hutan tanaman energi, sehingga kesimpulan yang diperoleh yakni:

- 1). Dengan berdasar dari survey lapangan serta pemetaan lahan tanaman lamtoro terhadap 3 Kecamatan yang pada Kabupaten Bone Bolango, Kecamatan Kabila memiliki lahan tanaman lamtoro dimana luas lahan secara keseluruhan sejumlah 1,604 ha, Kecamatan Tilongkabila memiliki lahan tanaman lamtoro dimana secara keseluruhan mempunyai luas lahan sejumlah 3,118 ha dan Kecamatan Kabila Bone memiliki lahan tanaman lamtoro dimana secara keseluruhan mempunyai lahan seluas 22,070 ha; 2). Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango, mendapatkan empat kelas kesesuaian lahan yakni S1 (sangat sesuai) dengan luas 6245 ha, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) dengan luas 56617 ha, kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas 13442 ha dan kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas 111440 ha; 3). Perkiraan besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dengan mengacu pada hasil Analisa kesesuaian lahan tanaman lamtoro Kabupaten Bone Bolango kelas kesesuaian lahan S1 (sangat sesuai) mempunyai luas 6245 ha dapat menghasilkan energi listrik 19.741.622 kWh/ha/tahun, kelas kesesuaian lahan S2 (Cukup Sesuai) seluas 56617 ha dapat menghasilkan energi listrik 178.977.009 kWh/ha/tahun, kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) seluas 13442 ha dapat menghasilkan energi listrik 42.492.696 kWh/ha/tahun, serta berdasarkan hasil pemetaan lahan tanaman lamtoro dari Kecamatan yang ada di Kabupaten Bone Bolango, Kecamatan Kabila dengan luas 1,604 ha dapat menghasilkan energi listrik 5.071 kWh/ha/tahun, Kecamatan Tilongkabila dengan luas 3,118 ha dapat menghasilkan energi listrik 9.857 kWh/ha/tahun dan Kecamatan Kabila Bone dengan luas 22,070 ha dapat menghasilkan energi listrik 69.767 kWh/ha/tahun.

REFERENSI

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM," *Jurnal IPTEK*, p. 75, 2015.
- [2] Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Menggagas Energi Biomassa Hutan Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Policy Brief Volume 11 No.2*, 2017.
- [3] J. Ilham, Y. Mohamad, I. Oktaviani "Pengujian Biobriket Dari Limbah Kayu Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, pp. 119-125, 2022.

- [4] Z. C. F. F. Tekat Dwi Cahyono, "Analisis Nilai Kalor dan Kelayakan Ekonomis Kayu Sebagai Bahan Bakar Substitusi Batu Bara di Pabrik Semen," *Forum Pascasarjana Vol. 31*, pp. 105-116, 2008.
- [5] N. L. P. Azhar Adhitama Prasetyo, "Pembuatan Arang Kayu Lamtoro Menggunakan Metode Pirolisis Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)," *Prosiding Teknik Pertambangan*, p. 90, 2021.
- [6] T. P. PLN, "PLTU Anggrek-UPDK Gorontalo Uji Coba Co-fering Manfaatkan Kayu Lamtoro Sebagai Bahan Campuran Batubara.," 24 juli 2020.
- [7] Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo, "Luas Wilayah Provinsi Menurut Kabupaten/Kota," 2019.
- [8] Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo, "Luas Kawasan Hutan Provinsi Menurut Kabupaten/Kota," 2017.
- [9] Badan Pusat Statistik Kab. Bone Bolango, "Indikator Iklim Kab. Bone Bolango," 2019.
- [10] AG. Djafar, Y. Mohamad "Method To Assess The Potential Of Photovoltaic Panel Based On Roof Design," *International Journal of Applied Power Engineering* , vol. 11(3), pp. 186-198, 2022.
- [11] M. P. Sardi Salim, "River Flow Modelling For Sustainable Operation Of Hydroelectric Power Plant In The Taludaa-Gorontalo Watershed," *The Indonesian Journal Of Geography Vol.53 No.3*, 2021.
- [12] M. A. R. I Made Teja Geni Astra, "Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Geografis Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Jeruk di Kabupaten Gianyar," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi & Aplikasinya*, p. 253, 2017.
- [13] W. C. K. L. K. d. M. Budi Hadi Narendra, "Penilaian Potensi Lahan Kritis Untuk Pengembangan Hutan Tanaman Energi Di Lombok Timur," *penelitian hutan dan konservasi alam*, pp. 119-131, 2019.
- [14] E. A. A. N. Andreas Raja Halomoan Pakpahan, "Pemetaan Kesesuaian Lahan Tanaman Kakao Di Kabupaten Muaro Jambi," p. 11, 2021.
- [15] H. S. A. Dedi Hudaedi, "Potensi Gamal (*Gliricidia sepium*) Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Studi Kasus : Kabupaten Manggarai Timur (NTT)," *Journal of Env. Engineering & Waste Management, Vol. 3, No. 1*, pp. 15-16, 2018.
- [16] Wikipedia, 12 februari 2022. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Lamtoro>.
- [17] D. W. E. Soekarno, "Faktor Eksploitasi Pada Hutan Produksi Terbatas Di IUPHHK-HA PT. Kemakmuran Berkah Timber," *JURNAL Penelitian Hasil Hutan Vol. 31 No. 2*, p. 151, 2013.