

PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI PENEBAANG LIAR MENGGUNAKAN SENSOR SUARA BERBASIS *IoT-RASPBERRY PI*

I Putu Gede Surya Angga Pranata¹, I Made Suartika², I Wayan Arta Wijaya²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Bukit, Jimbaran, Bali

suryaangga27@gmail.com¹, madesuartika@unud.ac.id², artawijaya@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Kawasan hutan lindung memiliki fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan. Kawasan hutan lindung Ekasari Jembrana Bali memiliki luas 1.603 hektar. Pada hutan lindung Ekasari banyak terjadi aksi penebangan liar. Pada tahun 2020 terdapat dua kasus pencurian kayu. Jenis kayu yang dicuri yaitu kayu buluh dan sonokeling. Selain dua kasus tersebut pada tahun 2018 sampai dengan 2019 terdapat lebih dari 10 kasus penebangan liar yang terjadi, maka diperlukan sebuah alat yang mampu mendeteksi terjadinya penebangan liar di hutan lindung. Sistem kerja alat ini menggunakan modul kamera *Pi NoIR* untuk mengambil gambar dan sensor suara FC-04 untuk mendeteksi kebisingan suara gergaji mesin dengan nilai ≥ 55 dB. Alat ini menggunakan mikrokontroler *Raspberry Pi* yang berfungsi untuk menerima dan mengolah data, sehingga mampu menampilkan peringatan pada *website* dan aplikasi telegram. Alat ini memiliki luas jangkauan pendeteksian mencapai 1,1304 hektar, sehingga dibutuhkan sebanyak 1.418 buah alat pada seluruh kawasan hutan lindung Ekasari Jembrana Bali.

Kata Kunci: Hutan lindung, Penebangan liar, *Raspberry Pi*, Sensor suara, Modul kamera

ABSTRACT

Protected forest areas have the main function of protecting life support systems. The protected forest area of Ekasari Jembrana Bali has an area of 1.603 hectares. In the Ekasari protected forest there are many illegal logging actions. In 2020 there were two cases of wood theft. The types of wood stolen were reed and rosewood. In addition to these two cases, in 2018 to 2019 there were more than 10 cases of illegal logging that occurred, it is necessary to have a tool that is able to detect the occurrence of illegal logging in protected forests. The working system of this tool uses a Pi NoIR camera module to take pictures and a sound sensor FC-04 to detect the sound of a chainsaw with a value of 55 dB. This tool uses a Raspberry Pi microcontroller which functions to receive and process data, so that it is able to display warnings on websites and telegram applications. This tool has a detection range of 1,1304 hectares, so 1.418 tools are needed in the entire protected forest area of Ekasari Jembrana Bali.

Key Words : *Protected forest, Illegal logging, Raspberry Pi, Sound sensor, Camera module*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki area hutan yang sangat luas serta kaya akan berbagai macam jenis pohon. Hutan – hutan di Indonesia dibagi berdasarkan fungsinya, salah satunya yaitu hutan lindung. Hutan lindung merupakan hutan yang dilindungi keberadaannya karena berperan penting menjaga ekosistem [1]. Seiring berjalannya waktu, hutan lindung di Indonesia menjadi hutan yang paling terancam di dunia [2].

Kawasan hutan lindung merupakan kawasan resapan air yang memiliki curah hujan tinggi dengan struktur tanah yang mudah meresap air [3]. Sebagian besar kawasan hutan lindung memiliki sumber daya manajemen terbatas, dengan kurangnya dana, personel, dan fasilitas yang membatasi kemampuan untuk mengendalikan kegiatan ilegal atau pelanggaran [4]. Kasus terbaru yang dihadapi oleh Dinas Kehutanan Provinsi Bali yaitu pencurian kayu sejumlah 37

batang pohon sonokeling di hutan lindung Jembrana Bali pada 29 Juli 2020.

Berdasarkan pemaparan yang sudah disampaikan, upaya yang dilakukan oleh Dinas Kehutanan Provinsi Bali dalamantisipasi terjadinya pencurian kayu pada hutan lindung yaitu menggunakan Alat Pendeteksi Penebang Liar yang berfungsi mendeteksi aktivitas penebang liar melalui pendeteksian suara gergaji mesin. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pendeteksi penebang liar menggunakan sensor suara berbasis *IoT-Raspberry Pi* pada hutan Lindung Ekasari Jembrana Bali.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Hutan

Hutan dari segi fungsinya ialah jenis yang dinilai dari peranannya dan manfaatnya bagi kehidupan manusia. Oleh karena itu, hutan dari segi fungsinya membutuhkan pengelolaan yang baik agar kelangsungan dan kelestarian hutan dapat terjaga [5]. Fungsi dari hutan lindung yaitu melindungi suatu daerah atau wilayah dari bencana alam, seperti tanah longsor, kekeringan, banjir bandang, dan bencana ekologis lainnya.

2.2 Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi atau *Raspi* merupakan komputer *single-board* berukuran kecil yang memiliki prosesor, RAM dan *port hardware* yang mampu bekerja seperti halnya komputer pada umumnya serta mampu terhubung langsung dengan jaringan *Wifi*, LAN, maupun *Bluetooth*. Spesifikasi *raspberry pi 3 model B* ini memiliki CPU *Quad Core A53 @1.2 GHz*, RAM 1 GB, GPU 400 Mhz *Video Core IV* yang didukung dengan koneksi *wireless 802.11n*, *Bluetooth 4.0* dan *port ethernet 10/100 Mbps* [6]. Bentuk fisik *Raspberry Pi 3 Model B* ditunjukkan pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. *Raspberry Pi 3 Model B* [6]

Spesifikasi *Raspberry Pi 3 Model B* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Raspberry Pi 3 Model B* [6]

Spesifikasi	Keterangan
SoC	BCM2837
Processor	1.2GHz 64-bit <i>quad-core</i> ARMv8 CPU
Memory / RAM	1 GB SDRAM 400MHz
GPU	<i>VideoCore IV 3D graphics core</i>
Wireless Adapter / LAN	802.11 <i>In Wireless LAN</i>
Bluetooth	<i>Bluetooth 4.1 (built in), Bluetooth Low Energy (BLE)</i>
GPIO	40 Pin
Port USB	4 USB Ports
Card Storage	<i>Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push)</i>
Jaringan	<i>Ethernet Port</i>
External Audio and Video	<i>Full HDMI port, Camera interface (CSI), Display interface (DSI), Combined 3.5mm audio jack and composite video</i>
Sistem Operasi	Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux ARM, RISC OS

2.3 Sensor Suara FC-04

Sensor suara adalah modul sensor yang mendeteksi besaran suara untuk diubah menjadi besaran listrik yang akan diolah oleh mikrokontroler. Modul suara ini bekerja berdasarkan prinsip kekuatan gelombang suara yang masuk [7]. Bentuk fisik sensor suara FC-04 ditunjukkan pada gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Sensor Suara FC-04 [7]

2.4 Modul Kamera Pi NoIR v2

Kamera *Pi NoIR v2* merupakan modul kamera berukuran kecil yang mampu terintegrasi langsung dengan *port CSI* pada *Raspberry Pi*. Spesifikasi dari kamera *Pi NoIR* antara lain menggunakan *chipset* Sony IMX219 8 *Megapixel* dengan resolusi 3280 x 2464 *pixel* [8]. Bentuk fisik modul kamera *Pi NoIR v2* ditunjukkan pada gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Modul Kamera *Pi NoIR v2* [8]

2.5 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi sinar matahari yang sampai ke bumi kemudian ditangkap oleh modul atau kolektor solar yang akan mengubah energi elektromagnetik dalam sinar matahari tersebut menjadi energi listrik. Bentuk fisik PLTS ditunjukkan pada gambar 4 di bawah.



Gambar 4. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) [9]

2.5.1 Prinsip Kerja PLTS

Untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh PLTS, dapat digunakan persamaan 1 [10]:

$$E = I \times A \times \phi$$

Keterangan:

- E = Daya yang diproduksi (W)
- I = Intensitas radiasi matahari rata – rata yang diterima selama satu jam (W/m)
- A = Luas area (m²)
- Φ = Faktor Efisiensi PLTS

Untuk menentukan ukuran kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian, dapat digunakan persamaan 2 [10]:

$$\text{Kapasitas modul surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian (Wh)}}{\text{insolasi matahari (h)}} \times 1,1 \quad (2)$$

Insolasi matahari dapat dihitung dengan persamaan 3 [10]:

$$\text{Insolasi Matahari (h)} = \frac{\text{Iradiasi Matahari (kWh/m}^2\text{)}}{1 \text{ KW/m}^2} \quad (3)$$

Untuk menentukan jumlah modul surya, dapat digunakan persamaan 4 [10]:

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{\text{Daya total PLTS (W)}}{\text{Daya modul surya (W)}} \quad (4)$$

2.5.2 SCC (Solar Charge Controller)

SCC adalah komponen penting lainnya pada sebuah PLTS. SCC akan mengubah *output* dari modul surya agar mencapai tingkat tegangan yang sesuai dengan baterai yang akan digunakan. Selain itu SCC memiliki fungsi menjaga pengisian baterai secara optimal [11]. Bentuk fisik SCC (*Solar Charge Controller*) ditunjukkan pada gambar 5 di bawah.



Gambar 5. SCC (*Solar Charge Controller*) [11]

2.5.3 Baterai

Baterai pada PLTS akan menyimpan energi yang telah dihasilkan oleh modul

surya pada saat siang hari. Baterai yang biasanya digunakan pada PLTS adalah baterai sekunder yang cara kerjanya dapat diisi ulang agar sesuai dengan sistem pada PLTS [11]. Bentuk fisik baterai PLTS ditunjukkan pada gambar 6 di bawah.



Gambar 6. Baterai PLTS [11]

Untuk menghitung kapasitas baterai yang diperlukan, maka terlebih dahulu dihitung jumlah energi listrik yang dibutuhkan dalam satuan ampere hours (Ah) [10]. Untuk menentukan jumlah energi dalam Ah, dapat digunakan persamaan 5 [10]:

$$Ah_{batt} = \frac{E}{V_s}$$

Keterangan:

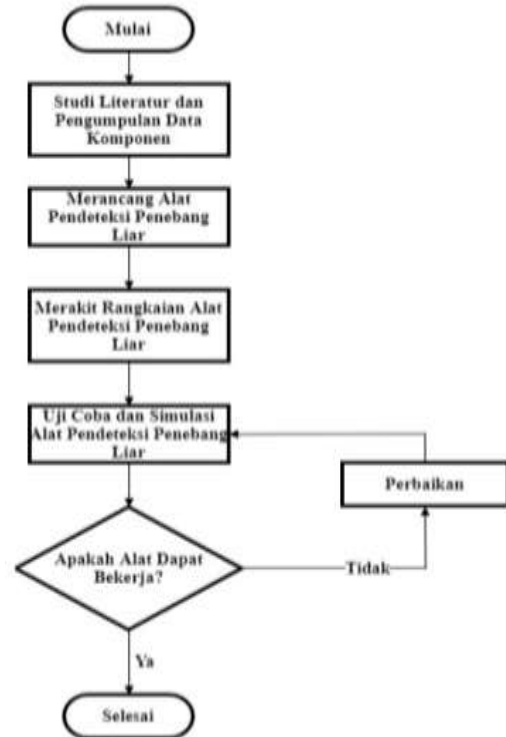
- Ahbatt = Energi Listrik Baterai (Ah)
- E = Total Pemakaian Energi yang Dibutuhkan (Wh)
- VS = Tegangan Sistem (V)

2.6 Internet of Things (IoT)

Internet of Things yaitu sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga dimungkinkan adanya mesin untuk saling berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara *independent* [12].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Lindung Ekasari Jembrana Bali dan Kampus Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Januari sampai April 2021. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir (Flowchart) Penelitian

Penelitian mengenai Perancangan Alat Pendeteksi Penebang Liar Menggunakan Sensor Suara Berbasis *IoT-Raspberry Pi*, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur dan pengumpulan *data sheet* dan spesifikasi komponen yang berhubungan dengan perancangan Alat Pendeteksi Penebang Liar.
2. Perancangan skema penelitian.
 - a. Perancangan perangkat keras elektronika menggunakan mikrokontroler *Raspberry Pi 3 Model B*, sensor suara FC-04, modul kamera PiNoIR v2, modul surya, SCC, Modul XL4015 DC-DC *Step Down* 5A, serta Baterai.
 - b. Perancangan komunikasi antara komponen elektronika dengan *Raspberry Pi 3 Model B*.
 - c. Perancangan komunikasi *Raspberry Pi 3 Model B* ke perangkat *IoT*.
3. Perakitan Alat Pendeteksi Penebang Liar.
4. Pengujian dan simulasi Alat Pendeteksi Penebang Liar Berbasis *IoT-Raspberry Pi*.
5. Membahas data hasil uji coba alat.
6. Kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hutan Lindung Ekasari Jembrana Bali

Hutan Lindung Ekasari Jembrana Bali terletak di Desa Ekasari Kecamatan Melaya Kabupaten Jembrana. Hutan Lindung Ekasari yang berada di bawah Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Bali Barat, Dinas Kehutanan Provinsi Bali. Hutan Lindung Ekasari Jembrana memiliki luas 1.603 hektar. Kawasan Hutan Lindung Ekasari Jembrana dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hutan Lindung Ekasari Jembrana Via Google Earth

4.2 Kebisingan Suara pada Hutan Lindung Ekasari

Pada perancangan alat pendeteksi penebang liar memerlukan data kebisingan suara di dalam hutan lindung Ekasari Jembrana Bali. Karena pada alat pendeteksi penebang liar nantinya akan mengatur batas minimum kebisingan suara agar dapat mengetahui terjadinya penebangan liar dan mengambil gambar di sekitar alat. Hasil pengukuran kebisingan suara pada hutan lindung Ekasari ditunjukkan pada gambar 9 di bawah.



Gambar 9. Kondisi Kebisingan Suara pada Hutan Lindung Ekasari menggunakan Aplikasi *Decibel X*

4.3 Cara Kerja Sistem Keseluruhan

Alat Pendeteksi Penebang Liar Menggunakan Sensor Suara Berbasis *IoT-Raspberry Pi* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mendeteksi kebisingan suara gergaji mesin agar tidak terjadi penebangan liar yang akan diimplementasikan di Hutan Lindung Ekasari Jembrana Bali. Alat ini mendapatkan suplai energi dari modul surya, sehingga alat ini mampu untuk mengisi energi secara mandiri.

Rancangan skematik alat pendeteksi penebang liar menggunakan sensor suara berbasis *IoT-Raspberry Pi* ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Rancangan Skematik Alat

Cara kerja dari alat pendeteksi penebang liar yaitu ketika sensor suara FC-04 mendeteksi kebisingan suara gergaji mesin (mendapatkan *input*), maka mikrokontroler *raspberry pi* akan otomatis memerintahkan kamera *PiNOIR v2* untuk melakukan pengambilan gambar di sekitar alat. Setelah itu *raspberry pi* akan mengirimkan gambar tersebut ke *website monitoring* dan aplikasi telegram berupa foto pelaku dan peringatan bahaya. Pada *bot telegram* juga dapat menjalankan perintah untuk mengambil gambar secara manual agar mudah melakukan monitoring. Catu daya dari alat ini bersumber dari PLTS yang dihubungkan dengan SCC (*Solar Charge Controller*) dan selanjutnya daya akan disimpan pada baterai. Setelah itu baterai harus dihubungkan ke regulator tegangan terlebih dahulu, agar tegangan 12 volt pada baterai diturunkan menjadi 5 volt sehingga daya dapat disuplai ke mikrokontroler *raspberry pi*.

4.4 Perancangan Catu Daya PLTS

Untuk melihat besarnya arus yang digunakan pada alat pendeteksi penebang liar ini perlu dilakukan pengukuran menggunakan AVO meter. Hasil pengukuran arus pada alat ditunjukkan pada gambar 11 di bawah.



Gambar 11. Hasil Pengukuran Arus pada Alat

Dapat dilihat pada AVO meter besar arus yang digunakan pada alat ini yaitu 0,58 A. Dengan demikian, maka dapat dihitung besar daya yang digunakan pada alat pendeteksi penebang liar yaitu sebagai berikut:

$$\text{Daya yang digunakan} = \text{tegangan} \times \text{arus}$$

$$\text{Daya yang digunakan} = 5 \text{ V} \times 0,58 \text{ A}$$

$$\text{Daya yang digunakan} = 2,9 \text{ watt}$$

Jadi dapat diketahui kebutuhan daya pada alat pendeteksi penebang liar dalam 1 jam sebesar 2,9 watt. Sehingga besar energi yang dibutuhkan alat pendeteksi penebang liar dalam sehari penuh dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Energi yang digunakan} = P \times t$$

$$\text{Energi yang digunakan} = 2,9 \text{ watt} \times 24 \text{ jam}$$

$$\text{Energi yang digunakan} = 69,6 \text{ Wh}$$

Jadi dalam satu hari penuh alat pendeteksi penebang liar membutuhkan daya sebesar 69,6 Wh ketika kondisi sedang mengambil gambar. Pada alat ini dipasang 1 buah modul surya dengan kapasitas 50 Wp untuk memenuhi kebutuhan energi yang digunakan.

4.5 Pemrograman Perancangan Alat Pendeteksi Penebang Liar

Dalam perancangan pemrograman ini dibuatkan sebuah sistem agar jika kebisingan suara gergaji mesin dideteksi oleh sensor suara FC-04 dengan satuan desibel (dB) maka dengan otomatis *Raspberry Pi* memberikan perintah ke modul kamera *PiNOIR v2* untuk mengambil gambar di sekitar dan memberikan peringatan telah terjadi kegiatan

penebang liar pada website dan aplikasi telegram.

Setelah berhasil melakukan proses *run* pemrograman perancangan alat pendeteksi penebang liar pada mikrokontroller, maka dilakukan proses pengujian pengiriman instruksi ke mikrokontroller dengan menghidupkan suara gergaji mesin. Hasil pengujian alat pada *website* ditunjukkan pada gambar 12 di bawah.



Gambar 12. Hasil Pengujian Alat pada Website

Hasil pengujian alat pada *aplikasi telegram* ditunjukkan pada gambar 13 di bawah.

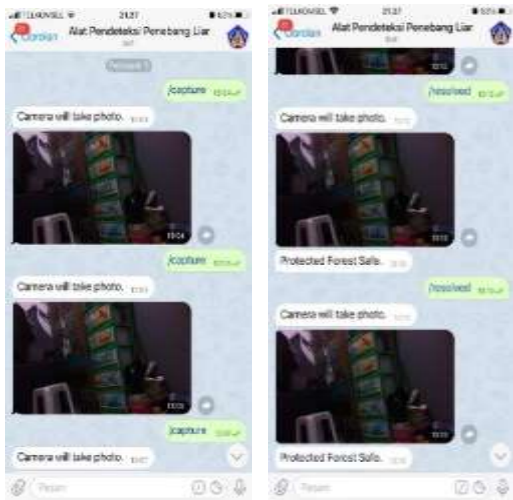


Gambar 13. Hasil Pengujian Alat pada Aplikasi Telegram

4.5.1 Pengujian Menu Perintah pada Bot Telegram

Pada *bot telegram* yang sudah dibuat terdapat dua menu perintah yaitu: ambil

gambar dan penebang sudah ditangani. Pengujian menu perintah pada *bot telegram* dilakukan dengan cara mengetik perintah yang sudah dibuat pada *bot telegram*. Pengujian menu perintah ambil gambar dilakukan dengan cara mengetik “/capture” pada *bot telegram*. Sedangkan pengujian menu perintah penebang sudah ditangani dengan cara mengetik “/resolved” pada *bot telegram*. Hasil pengujian menu perintah pada *bot telegram* ditunjukkan pada gambar 14 di bawah.



Gambar 14. Hasil Pengujian Menu Perintah pada Bot Telegram

4.6 Luas Jangkauan Alat Pendeteksi Penebang Liar

Pengujian yang dilakukan yaitu dengan cara membuat kebisingan dari dua jenis suara, yaitu suara gergaji mesin dan suara manusia dengan jarak yang berbeda – beda. Gergaji mesin atau *chainsaw* yang digunakan bermerek STIHL MS 180/C dengan kebisingan maksimal yang ditimbulkan sebesar 112 dB.

Hasil pengujian jarak jangkauan alat dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak Jangkauan Alat

No	Jarak	Jenis Suara	Kebisingan Suara	Status	
				Teori	Pengujian
1	10 m	Gergaji Mesin	83,9 dB	TPL	TPL
2	10 m	Suara Manusia	69,5 dB	TPL	TPL
3	20 m	Gergaji Mesin	72,6 dB	TPL	TPL
4	20 m	Suara Manusia	62,6 dB	TPL	TPL
5	30 m	Gergaji Mesin	68,0 dB	TPL	TPL
6	30 m	Suara Manusia	53,3 dB	A	A

7	40 m	Gergaji Mesin	64,2 dB	TPL	TPL
8	40 m	Suara Manusia	51,8 dB	A	A
9	50 m	Gergaji Mesin	61,4 dB	TPL	TPL
10	50 m	Suara Manusia	46,0 dB	A	A
11	60 m	Gergaji Mesin	56,4 dB	TPL	TPL
12	60 m	Suara Manusia	43,8 dB	A	A
13	70 m	Gergaji Mesin	53,9 dB	A	A
14	70 m	Suara Manusia	40,8 dB	A	A

Jarak terjauh yang dapat dijangkau alat pendeteksi penebang liar untuk mendeteksi kebisingan suara ≥ 55 dB adalah 60 meter. Setelah mendapatkan titik terjauh alat dapat mendeteksi kebisingan suara, maka selanjutnya dapat dihitung luas jangkauan alat pendeteksi penebang liar sebagai berikut.

$$\text{Luas Jangkauan} = \text{Luas Lingkaran} = \pi \times r^2$$

$$\text{Luas Jangkauan} = 3,14 \times 60^2$$

$$\text{Luas Jangkauan} = 3,14 \times 3600$$

$$\text{Luas Jangkauan} = 11304 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Jangkauan} = 1,1304 \text{ ha}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, luas jangkauan 1 buah alat pendeteksi penebang liar seluas 1,1304 hektar. Jadi 1 buah alat pendeteksi penebang liar dapat melindungi 1,1304 ha kawasan hutan lindung dari penebang liar.

Selanjutnya dapat dihitung banyaknya alat yang dipasang untuk melindungi seluruh kawasan hutan lindung Ekasari Jembrana Bali dengan luas 1.603 hektar dapat dilihat dalam perhitungan berikut.

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Luas Seluruh Kawasan Hutan}}{\text{Luas Jangkauan Alat}}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{1603 \text{ ha}}{1,1304 \text{ ha}}$$

$$\text{Jumlah Alat} = 1.418 \text{ alat}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, untuk melindungi seluruh kawasan hutan lindung Ekasari Jembrana Bali dengan luas 1.603 ha memerlukan alat pendeteksi penebang liar sebanyak 1.418 buah alat. Dengan demikian maka seluruh kawasan hutan lindung Ekasari Jembrana Bali dapat dilindungi dari penebang liar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan mengenai perancangan alat pendeteksi penebang liar menggunakan sensor suara berbasis *IoT-Raspberry Pi* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan alat pendeteksi penebang liar yang menggunakan mikrokontroler *Raspberry Pi 3 Model B* dan terhubung dengan sensor suara FC-04 sebagai *input* dari kebisingan suara. Program yang sudah dibuat dapat menghubungkan antara sensor suara FC-04, mikrokontroler *Raspberry Pi 3 Model B*, dan modul kamera *Pi NoIR v2* agar dapat mendeteksi kebisingan suara melebihi dari 55 dB dan mengambil gambar di sekitar alat yang selanjutnya dikirim ke *website* dan *Bot Telegram*.
2. Kinerja alat pendeteksi penebang liar menggunakan sensor suara berbasis *IoT-Raspberry Pi* yaitu dengan mendapatkan *input* kebisingan suara yang sudah diatur minimal 55 dB. Ketika kebisingan suara lebih besar dari 55 dB maka alat akan mengirimkan *notifikasi* dan gambar di sekitar alat ke *website* dan *Bot Telegram*. Sedangkan jika kebisingan suara kurang dari 55 dB maka alat tidak akan mengirimkan *notifikasi* maupun gambar di sekitar alat. Jarak jangkauan maksimum dari alat sejauh 60 meter, dengan luas jangkauan sebesar 1,1304 hektar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Risnandar, C. 2018. Hutan Lindung. <https://jurnalbumi.com/knol/hutan-lindung>.
- [2] Ginoga, F. 2005. Kajian Kebijakan Pengelolaan Hutan Lindung. *Jurnal Penelitian Sosial & Ekonomi*, 2(2):203-321.
- [3] Arifin, A. 2001. Hutan & Kehutanan, Edisi Ke-8, Kanisius. Yogyakarta.
- [4] Mullan, M. 2019. Tinjauan OECD Terhadap Kebijakan Pertumbuhan Hijau Indonesia. *OECD Publishing*. <https://books.google.co.id>
- [5] Prakoso, A. 2019. Pengertian Hutan, Bagian, Jenis dan Fungsinya. <https://rimbakita.com/hutan/>
- [6] Fahmi, A. 2017. Apa Itu Raspberry Pi. <https://www.bapaknaga.com/2015/12/apa-itu-raspberry-pi.html>
- [7] Kharisma, O. B., Sumarno, Jalaludin, & Utama, H. B. P. 2018. Pengembangan Sistem Pengaman Pintu Laboratorium Robotika Uin Sultan Syarif Kasim Berdasarkan Siulan Berbasis Sensor FC-04 dan Mikrokontroler Atmega 328. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(1), 114-125.
- [8] Cholewiak, S. 2017. *Raspberry Pi Camera Comparison*. <http://www.semifluid.com/2017/01/23/raspberry-pi-camera-comparison/>
- [9] Sukmajati, S. & Hafidz, M. 2015. Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW *On Grid* di Yogyakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 7(1), 49-63.
- [10] Hankins, Mark. 2010. *Stand-Alone Solar Electric System: The Earthscan Expert Handbook for Planning, Design and Installation*. *Earthscan* 2010.
- [11] Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Mukti, S. H. 2016. Analisis desain sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik*, 37(2), 59-63.
- [12] Abur, F. 2019. Perancangan dan Implementasi IoT (*Internet of Things*) dalam Sistem Kontrol Tanaman Sayur Hidroponik. *Semnas SENASTEK Unikama*, 2, 630-634.