

Smart Bird Repeller Berbasis Ultrasonic dengan Vision Sensor

Arya Kusumawardana¹, Muhammad Afnan Habibi², Mahfud Jiono³, Endah Septa Sintiya⁴

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | arya.kusumawardana.ft@um.ac.id
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | afnan.habibi.ft@um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | mahfud.jiono.ft@um.ac.id
4. Politeknik Negeri Malang, Indonesia | e.septa@polinema.ac.id

Abstrak

Hama burung merupakan permasalahan yang dapat menyebabkan gagal panen total ketika musim kemarau. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, pada penelitian ini diusulkan *smart bird repeller* berbasis *ultrasonic* dengan disertai *vision sensor*. Prinsip kerja dari perangkat yang diusulkan adalah ketika *vision sensor* mendeteksi adanya hama burung maka akan secara langsung mengaktifkan *ultrasonic generator*. Adapun *vision sensor* yang digunakan mampu mendeteksi adanya hama burung dengan membedakan gambar yang diambil dari sensor dengan model training yang dilakukan secara *offline*. Dari hasil pengujian dapat dikatakan bahwa perangkat yang diusulkan efektif digunakan ketika jarak objek yang dideteksi kurang dari 9m. Selain itu, frekuensi gelombang suara dari *ultrasonic generator* dapat efektif untuk mengusir hama burung jika kurang dari 15KHz.

Kata Kunci

Smart Bird Repeller, Ultrasonic, Vision Sensor

1. Pendahuluan *Template (Style: Heading 1)*

Indonesia menjadi salah satu negara pertanian penghasil beras terbesar ketiga di dunia, selain itu juga memiliki kesesuaian lahan pertanian yang luas dan tanah subur menjadi faktor keberhasilan ("Indonesia Jadi Salah Satu Negara Penghasil Beras Terbesar di Dunia," n.d.). Adapun provinsi penyumbang beras terbesar di Indonesia yaitu wilayah Jawa Tengah, Jawa Timur dan Jawa Barat. Ketiga wilayah tersebut memiliki produksi sumber masing-masing lebih dari 5 juta ton beras dan luas panen lebih dari 1 juta hektar ("10 Besar Provinsi Penghasil Beras, Siapa yang Terbanyak?," 2020).

Petani tidak lepas dari tantangan serangan hama saat musim panen tiba (Siahaan et al., 2017). Hama adalah jenis organisme yang dapat merusak dan menginfeksi tanaman yang berdampak pada penurunan kualitas dan hasil panen. Terdapat berbagai jenis hama padi seperti ulat, tikus, wereng dan kelompok burung. Hama burung merupakan salah satu hama bagi petani yang menyerang saat biji padi masak susu hingga padi panen. Serangan hama burung ini sangat merugikan petani karena burung menyerang dengan berkelompok dalam jumlah besar. Lebih dari itu, ketika musim kemarau tiba, penanaman padi tidak dapat dilakukan secara serentak kondisi tersebut menyebabkan waktu panenpun tidak sama sehingga hama burung dapat memakan seluruh hasil panen dari petak sawah satu ke lainnya secara berurutan. Jika kondisi tersebut tidak ditangani maka dapat terjadi gagal panen secara keseluruhan. Beberapa upaya konvensional dilakukan tapi dinilai kurang efektif, membutuhkan waktu yang banyak dan berbahaya untuk kesehatan (racun burung).

Upaya konvensional yang telah dilakukan tidaklah efektif untuk mengusir hama. Selain menggunakan biaya yang tidak murah juga dapat menurunkan kualitas hasil panen seperti menggunakan pestisida atau racun untuk burung. Untuk menangani hal tersebut perlu adanya solusi kreatif dan cerdas agar mempermudah petani dalam pengelolaan sawah.

Pada dasarnya permasalahan utama dari hama burung adalah menemukan metode yang tepat untuk mengusir burung ketika mendekati musim panen tiba. Untuk mengatasi permasalahan hama burung, banyak teknologi yang telah dikembangkan. Pada penelitian {Formatting Citation}, gelombang ultrasonic dimanfaatkan untuk mengusir serangga dan hewan. Pendeteksian adanya hewan dilakukan menggunakan motion sensor. Selain itu, khusus untuk menangani gangguan burung di jalur transmisi, penggunaan ultrasonic juga dinilai efektif untuk mengusir burung yang dilakukan pada penelitian (Qu Fang and Li Canbing, 2011).

Berdasarkan literatur sebelumnya, ultrasonic dinilai efektif untuk pengusiran burung dan bahkan juga untuk serangga dan hewan kecil lainnya. Selain itu, kelebihan menggunakan gelombang ultrasonic >20 KHz, suara ini tidak terdengar pada manusia tapi terdengar oleh burung. Sehingga, suara yang dihasilkan tidak mengganggu warga atau petani disekitar. Hal penting lainnya selain metode untuk pengusiran burung adalah pendeteksiannya. Hal ini penting karena berkaitan dengan kapan alat harus bekerja dan kapan alat dalam kondisi *standby*.

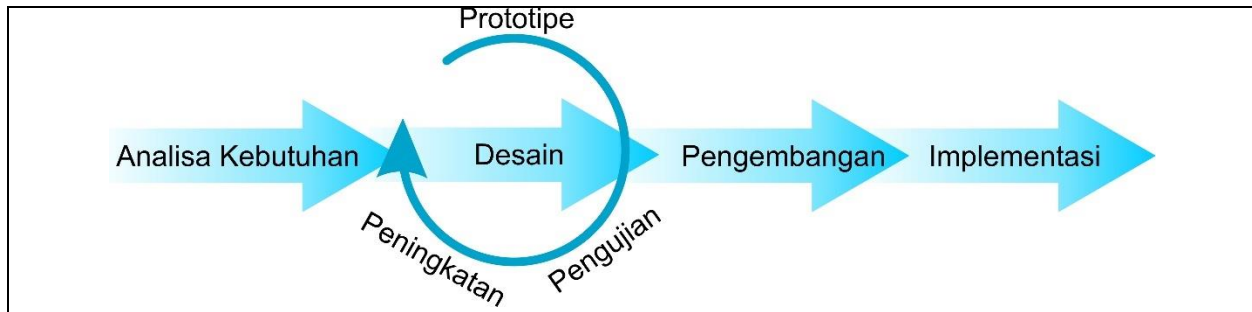
Pada literatur (Siahaan et al., 2017), telah dikembangkan sistem monitoring dengan Arduino UNO dan Android untuk pendeteksian burung. Literatur (Noor et al., n.d.) mengembangkan sistem menggunakan sensor PIR dan Arduino UNO. Selain itu, naïve bayes juga digunakan untuk klasifikasi kesesuaian sistem dengan lingkungan. Deteksi burung dengan image processing dan deep learning dengan real-time juga telah dikembangkan (Datar et al., 2018). Pada literatur (Takeki et al., 2016) untuk mendeteksi burung dengan ukuran kecil dilakukan dengan metode deep learning dan menghasilkan performa yang tinggi. Perbedaan yang mendasar dari motion sensor dan image processing untuk pendeteksian burung adalah pada perangkat yang digunakan. Motion sensor pada umumnya menggunakan sistem PIR (*Passive Infrared*) untuk mendeteksi panas dari makhluk hidup. Kekurangan dari perangkat ini adalah semua makhluk hidup yang memiliki panas tubuh melebihi *threshold* tertentu akan dideteksi sehingga tidak hanya hama burung saja, melainkan manusia juga akan terdeteksi. Berbeda dengan pendeteksian yang berbasis pada *vision sensor*, perangkat ini menggunakan pengolahan citra kamera yang diklasifikasikan sesuai dengan kebutuhan. Hal ini menjadi kelebihan metode ini karena pendeteksian dapat lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan *motion sensor*.

Dari kajian literatur yang telah dilakukan, diusulkan sistem deteksi dengan *vision sensor* dan *deep learning* lengkap dengan alat pengusiran hama burung dengan gelombang *ultrasonic*. Hal ini akan menjadi lebih hemat dan ramah lingkungan dalam biaya operasional dan efektif karena alat akan aktif otomatis ketika hama burung dideteksi datang ke area persawahan. Petani juga tidak perlu menunggu respon alat karena alat akan bekerja secara otomatis. Sehingga waktu petani dapat dimanfaatkan untuk aktivitas lainnya.

Berdasarkan paparan tentang permasalahan dan solusi yang diusulkan, alat akan bekerja lebih sering pada bulan Maret – April. Hal tersebut memungkinkan untuk memanfaatkan energi matahari sebagai suplai daya. Berdasarkan literatur (Rumbayan et al., 2012; Wahyuono and Julian, 2018), Indonesia merupakan daerah yang potensi untuk pengembangan energi matahari. Hal tersebut didukung dengan adanya dua iklim dan suhu udara yang relatif stabil sepanjang tahunnya. Kondisi ini mendukung penggunaan energi matahari untuk suplai daya perangkat yang diusulkan.

2. Metode

Untuk menyelesaikan permasalahan hama burung dengan solusi menggunakan smart bird repeller, penelitian ini menggunakan metode berbasis RAD (*Rapid Application Development*). Metode tersebut digunakan karena waktu pengerjaan perangkat yang singkat dan dilakukan implementasi langsung. Adapun diagram RAD setelah penyesuaian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian RAD

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa terdapat empat Langkah utama pada metode RAD. Adapun penjelasan masing-masing langkah pengembangan tersebut secara detail sebagai berikut:

1) Analisa Kebutuhan.

Analisa kebutuhan meliputi penentuan solusi permasalahan hama burung dan penentuan kebutuhan perangkat smart repeller. Tahapan ini telah dilakukan dan ditunjukkan pada sub-bahasan Pendahuluan. Adapun permasalahan yang dihadapi petani adalah sebagai berikut

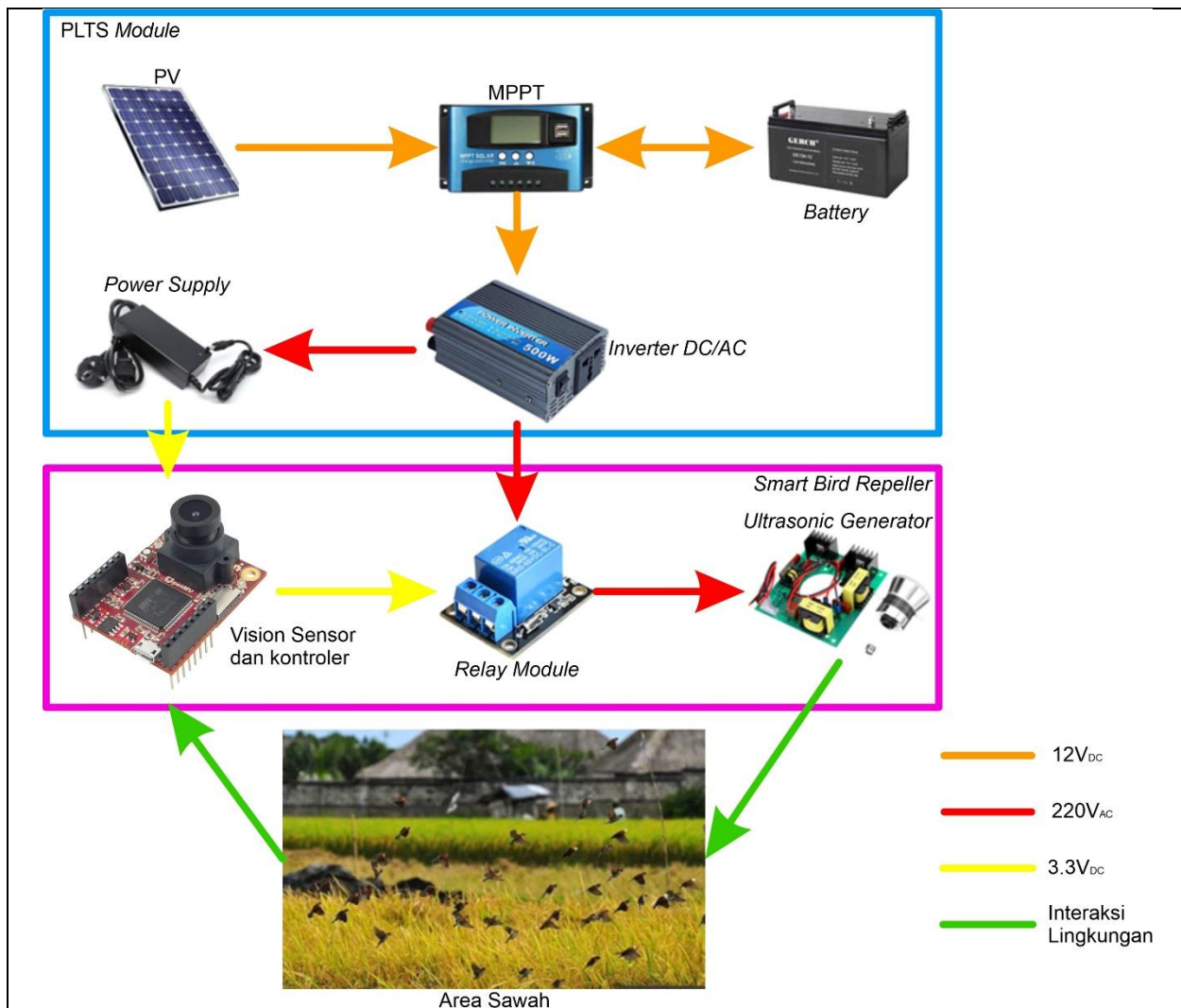
- Hama burung yang menyebabkan gagal panen ketika musim kemarau
- Penggunaan solusi konvensional yang kurang efektif

Dari dua permasalahan tersebut maka solusi yang ditawarkan adalah *smart bird repeller* berbasis *ultrasonic* dengan *vision sensor*

2) Desain

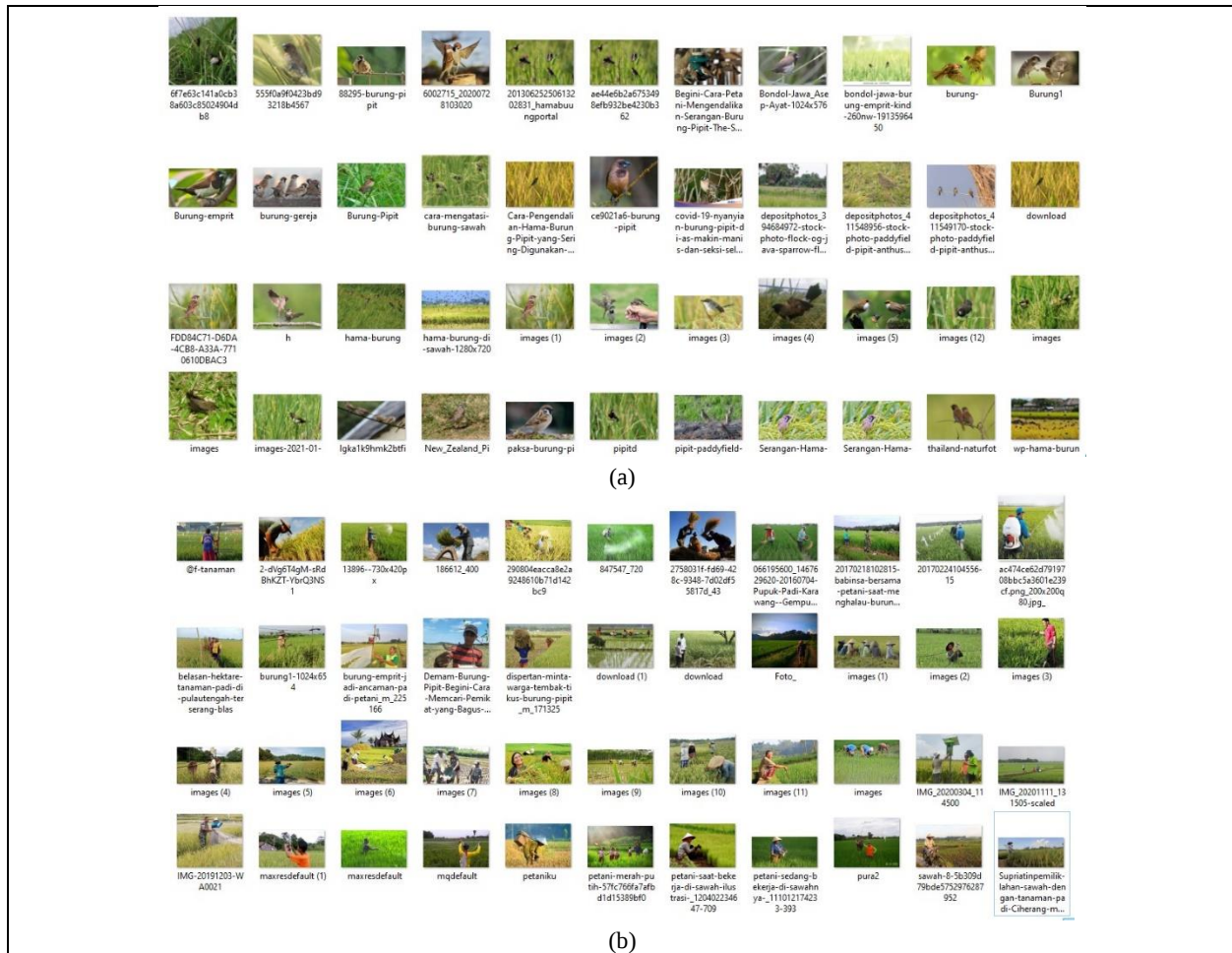
Tahapan desain meliputi pembuatan prototipe, pengujian dan peningkatan kualitas perangkat. Terdapat dua perangkat utama yang dibuat, perangkat pertama merupakan sistem *smart bird repeller* dan perangkat kedua merupakan PLTS sebagai suplai daya. Adapun desain diagram fisik dari perangkat keseluruhan perangkat yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa terdapat 2 *layer* pada sistem yang diusulkan. Layer pertama merupakan *PLTS Module* dimana terdapat perangkat PV, MPPT, *Battery*, Inverter dan *Power Supply*. Fungsi dari masing-masing perangkat tersebut secara berurutan adalah PV digunakan untuk mengkonversikan energi matahari ke energi listrik. Hasil konversi tersebut dihubungkan ke perangkat MPPT. Perangkat ini berkerja untuk memaksimalkan energi matahari yang dikirimkan ketika proses *charging Battery*. Untuk mensuplai perangkat secara keseluruhan, energi yang telah tersimpan di *battery* dikirimkan ke perangkat MPPT untuk diregulasi sebesar 12V. selanjutnya dihubungkan ke perangkat Inverter untuk dirubah dari 12V DC menjadi 220V AC. Hasil konversi tersebut digunakan untuk suplai daya *smart bird repeller*.

Layer kedua merupakan *Smart Bird Repeller* yang terdapat komponen vision sensor dan kontroler, *relay module*, dan *ultrasonic generator*. Untuk dapat bekerja, modul sensor diberikan suplai daya dari *Power Supply* sebesar 3.3V. Perangkat ini bekerja dengan cara mengkonversikan gambar yang ditangkap kemudian diolah. Pengolahan gambar tersebut berupa klasifikasi dimana ketika terdeteksi hama burung maka kontroler akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan *relay module*. Ketika *Relay Module* aktif maka akan sekaligus mengaktifkan *Ultrasonic Generator*.



Gambar 2. Diagram Fisik Sistem yang Diusulkan

Untuk dapat mengenali objek hama burung yang akurat, penelitian ini memanfaatkan aplikasi edge impulse. Aplikasi tersebut digunakan untuk proses *training*. Proses ini dimaksudkan untuk mendapatkan model dari objek gambar yang diidentifikasi. Dengan kata lain, proses training digunakan untuk mendapatkan model dari hama burung yang diambil dari *vision sensor*. Hasil model tersebut kemudian dikonversikan dalam Bahasa python untuk ditanampakan pada perangkat OpenMV. Adapun beberapa gambar yang digunakan ketika proses *training* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sampel Gambar untuk Proses *Training*

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa terdapat dua jenis gambar yang akan diklasifikasikan. Gambar 3 (a) merupakan gambar hama burung dan Gambar 3 (b) merupakan gambar manusia. Setelah model dari klasifikasi gambar didapatkan, maka dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari model yang dihasilkan.

Selain pengujian dan penanaman software ke perangkat OpenMV, desain PLTS juga merupakan hal yang penting untuk mendapatkan spesifikasi PLTS sekaligus mengoptimalkan biaya yang diperlukan. Perangkat *smart bird repeller* memanfaatkan *ultrasonic generator* dengan daya 180W, *vision sensor* dan kontroler membutuhkan daya 20W. Sehingga total kebutuhan daya adalah 200W. Jika diasumsikan *vision sensor* dan kontroler bekerja 8 jam/hari sedangkan *ultrasonic generator* 2jam/hari, maka kebutuhan daya dan spesifikasi perangkat dapat dikalkulasi sebagai berikut.

- Kebutuhan Konsumsi Daya

$$\text{Total kebutuhan daya} = (20W \times 8) + (180W \times 2) = 520Wh/hari \quad \text{Pers. (1)}$$

$$\text{Total Kebutuhan Daya PV} = 520 \times 1.3 = 676Wh/hari \quad \text{Pers. (2)}$$

- Ukuran PV

$$\text{Total Wp PV} = \frac{676}{3.4} = 198.82Wp \quad \text{Pers. (3)}$$

dimana 3.4 merupakan *panel generation factor*. Jika PV yang digunakan memiliki spesifikasi 100Wp maka jumlah PV yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah PV} = \frac{198.82}{100} = 1.98 \quad \text{Pers. (4)}$$

Berdasarkan Pers. (4) maka dibutuhkan 2 buah PV 100Wp atau 1 buah PV 200Wp

- Ukuran Inverter

Ukuran Inverter dapat ditentukan sebagai berikut

$$\text{Daya minimum Inveter} = 200 + (200 \times 0.25) = 250W \quad \text{Pers. (5)}$$

dimana 0.25 merupakan 25% toleransi dari daya total. Sehingga minimum spesifikasi Inverter adalah 250W.

- Ukuran Kapasitas Battery

Diasumsikan penggunaan Battery dengan beban penuh dapat sampai 8 jam/hari dan nominal tegangan Battery yang digunakan adalah 12V, sehingga perhitungan ukuran Battery adalah sebagai berikut

$$\text{Ukuran kapasitas Battery} = \frac{520 \times \left(\frac{8}{24}\right)}{0.85 \times 0.6 \times 12} = 28.32Ah \quad \text{Pers. (6)}$$

dimana 0.85 dan 0.6 merupakan Battery loss dan Depth of Discharge (DOD). Berdasarkan persamaan (6) dapat ditentukan spesifikasi Battery optimal yang dapat digunakan adalah 12V 30Ah.

3) Pengembangan

Pada tahapan ini keseluruhan kegiatan meliputi desain, pembuatan dan pengujian sistem telah selesai dilaksanakan. Selanjutnya adalah penyesuaian perangkat dengan kondisi di lapangan. Kondisi lapangan ini didapatkan dari hasil observasi lapangan. Adapun beberapa beberapa hal yang dikembangkan diantaranya peningkatan kapasitas *Battery* menjadi 100Ah. Hal ini disebabkan karena hama burung menyerang mulai dari pukul 6 pagi sampai 5 sore, sehingga PLTS harus dapat bekerja secara penuh 10-11 jam/hari.

4) Implementasi

Tahapan ini merupakan bagian terakhir dari kegiatan penelitian. Implementasi yang dilakukan adalah pemasangan langsung perangkat yang diusulkan ke area persawahan. Adapun beberapa hal yang didapatkan setelah implementasi disajikan pada bagian Hasil dan Pembahasan.

3. Hasil dan Analisa

Untuk mengetahui efektivitas ultrasonic generator, maka dilakukan percobaan dengan cara melakukan pengujian langsung terhadap hama burung. Pengujian dilakukan dengan cara mengubah-ubah frekuensi keluaran generator. Adapun data hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Ultrasonic Generator*

No	Frekuensi (KHz)	Respon Burung
1	5	Merespon
2	10	Merespon
3	15	Tidak Merespon
4	20	Tidak Merespon
5	25	Tidak Merespon

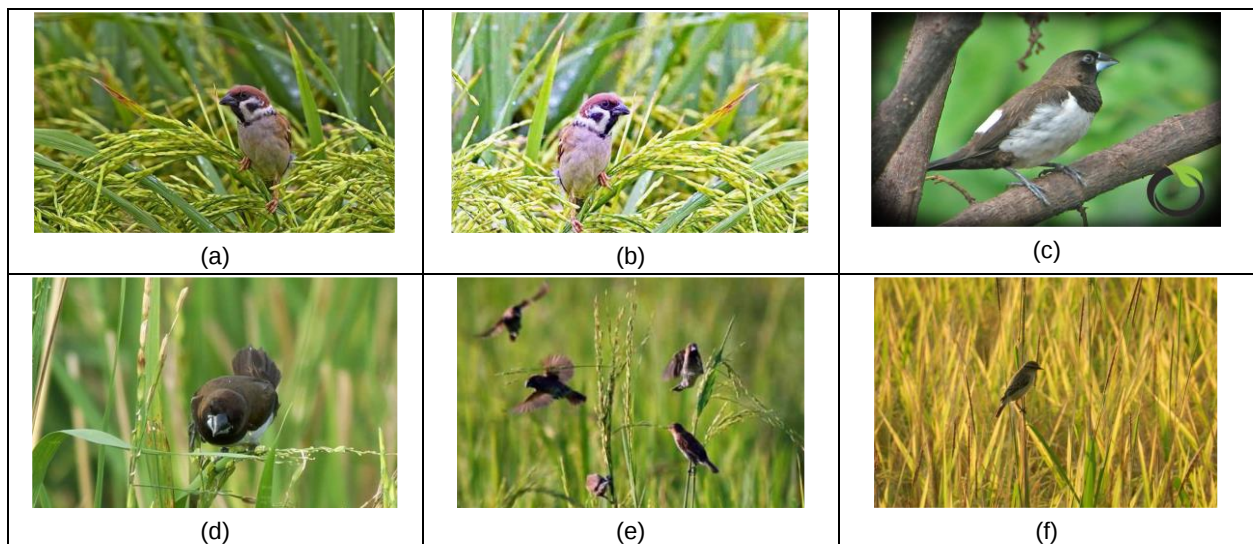
Berdasarkan data hasil pengujian Tabel 1 dapat diketahui bahwa burung merespon gelombang suara pada frekuensi dibawah 15KHz. Hal ini menunjukkan bahwa pendengaran burung dapat dikatakan menyerupai manusia, dimana semakin tinggi frekuensi mendekati 20KHz maka tidak dapat mendengar. Meskipun efektif digunakan untuk menakuti hama burung, namun penggunaan frekuensi dibawah 20KHz menimbulkan suara yang keras. Sehingga dalam pengaplikasiannya akan sangat mengganggu jika dioperasikan secara terus-menerus selama kurang lebih 10jam. Untuk itu, sistem dioperasikan dua kali dalam waktu 5 menit. Perubahan

pengoperasian ini tidak berpengaruh terhadap desain PLTS karena daya pada hasil desain lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan daya *smart bird repeller*.

Selanjutnya merupakan pengujian terhadap akurasi sensor pendeteksi hama burung. Seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 3, dimana terdapat dua kategori sampel berupa gambar hama burung dan gambar manusia yang diambil secara *random* dari berbagai sumber. Dari kedua jenis sampel tersebut kemudian dilakukan proses training di aplikasi *edge impulse* untuk mendapatkan model yang akurat. Setelah proses *training* didapatkan, maka dilakukan pengujian menggunakan gambar sampel yang berbeda dari gambar *training*. Adapun hasil pengujian menggunakan beberapa gambar sampel ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan Gambar untuk pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Vision Sensor*

No	Sampel Gambar	Akurasi %
1	a	99
2	b	99
3	c	98
4	d	85
5	e	83
6	f	90



Gambar 4. Sampel Gambar untuk Proses Pengujian

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa akurasi dari model yang telah didapatkan cukup bagus. Hal tersebut ditunjukkan dengan persentase yang dihasilkan lebih dari 80%. Prinsip kerja dari perangkat tersebut adalah ketika *vision sensor* mendeteksi objek hama burung dengan hasil lebih dari 80% maka akan mengaktifkan *ultrasonic geneator*. Pada dasarnya

klasifikasi yang dilakukan adalah berdasarkan kemiripan warna pada posisi pixel tertentu, sehingga akurasi akan semakin baik jika sampel yang digunakan cukup banyak. Selain itu metode pemodelan yang digunakan juga mempengaruhi (Seperti *Deep Neural Network*, *Support Vector Machine*, *Convolutional Neural Network* dan sebagainya). Jika data Tabel 2 didapatkan dari pengujian menggunakan sampel gambar, pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan objek nyata. Tentu pengujian ini dilakukan setelah model yang dihasilkan oleh *edge impulse* ditanamkan pada OpenMV. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Vision Sensor* Secara *Real-time*

No	Jarak Objek dengan Sensor (m)	Akurasi %
1	1	99
2	2	99
3	3	98
4	4	95
5	5	95
6	6	92
7	7	88
8	8	85
9	9	80
10	10	75

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3 dapat dikatakan bahwa semakin jauh objek yang dideteksi, maka semakin menurun akurasi yang dihasilkan. Jika pada Tabel 2 menghasilkan akurasi yang cukup tinggi, berbeda dengan percobaan secara langsung. Hal ini terjadi karena kualitas dari kamera yang digunakan. Semakin jauh jarak objek yang dideteksi maka semakin fokus kamera ke objek semakin buruk. Hal tersebut berdampak pada hasil deteksi menjadi blur sehingga menurunkan akurasi pendeteksian. Untuk itu, dapat dikatakan bahwa *vision sensor* yang digunakan akan efektif jika jarak objek kurang dari 10m.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa sistem yang diusulkan efektif digunakan sebagai perangkat pengusir hama burung. Hal tersebut dapat diketahui dari respon hama burung ketika *ultrasonic generator* bekerja pada frekuensi dibawah 15KHz. Selain itu, *vision sensor* juga bekerja dengan baik dengan ditandai nilai akurasi lebih dari 80% pada jarak kurang dari 9m. dengan kondisi tersebut maka dapat diketahui pula perangkat yang diusulkan dapat digunakan dengan catatan tidak diaktifkan secara terus menerus karena keluaran *ultrasonic generator* cukup mengganggu pendengaran manusia.

Meskipun perangkat yang diusulkan dapat bekerja dengan baik, namun frekuensi rendah yang disyaratkan cukup mengganggu. Untuk mengatasi hal tersebut perlu diadakan penelitian lanjutan terkait mekanisme *bird repeller* yang ramah lingkungan, rendah daya dan tidak

mengganggu pendengaran. Lebih dari itu, pada sisi vision sensor perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait metode yang cocok untuk pemodelan klasifikasi objek pada hasil gambar yang blur atau terdapat *noise* ketika jarak objek semakin jauh.

Daftar Rujukan

- 10 Besar Provinsi Penghasil Beras, Siapa yang Terbanyak? [WWW Document], 2020. . Republika Online. URL <https://republika.co.id/share/qcbv22349> (accessed 1.8.21).
- Datar, P., Jain, K., Dhedhi, B., 2018. Detection of Birds in the Wild using Deep Learning Methods, in: 2018 4th International Conference for Convergence in Technology (I2CT). Presented at the 2018 4th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), IEEE, Mangalore, India, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/I2CT42659.2018.9057933>
- Indonesia Jadi Salah Satu Negara Penghasil Beras Terbesar di Dunia [WWW Document], n.d. URL <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/08/08/indonesia-menjadi-salah-satu-negara-penghasil-beras-terbesar-di-dunia-berapa-produksinya> (accessed 1.8.21).
- Noor, I.M., Fitriyah, H., Maulana, R., n.d. Sistem Pengusir Hama Burung pada Sawah dengan Menggunakan Sensor PIR dan Metode Naïve Bayes 6.
- Qu Fang, Li Canbing, 2011. Design of transmission line solar ultrasonic birds repeller, in: 2011 IEEE Power Engineering and Automation Conference. Presented at the 2011 IEEE Power Engineering and Automation Conference, pp. 217–220. <https://doi.org/10.1109/PEAM.2011.6134839>
- Rumbayan, M., Abudureyimu, A., Nagasaka, K., 2012. Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 1437–1449. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.024>
- Siahaan, Y., Wardijono, B.A., Mukhlis, Y., 2017. Design of birds detector and repellent using frequency based arduino uno with android system, in: 2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE). Presented at the 2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), IEEE, Yogyakarta, pp. 239–243. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE.2017.8285503>
- Silakari, P., Silakari, P., Bopche, L., Gupta, A., 2018. Smart Ultrasonic Insects Pets Repeller for Farms Inventories Purpose, in: 2018 International Conference on Advanced Computation and Telecommunication (ICACAT). Presented at the 2018 International Conference on Advanced Computation and Telecommunication (ICACAT), pp. 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICACAT.2018.8933607>
- Takeki, A., Trinh, T.T., Yoshihashi, R., Kawakami, R., Iida, M., Naemura, T., 2016. Detection of small birds in large images by combining a deep detector with semantic segmentation, in: 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). Presented at the 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), IEEE, Phoenix, AZ, USA, pp. 3977–3981. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533106>

Wahyuono, R., Julian, M.M., 2018. Revisiting Renewable Energy Map in Indonesia: Seasonal Hydro and Solar Energy Potential for Rural Off-Grid Electrification (Provincial Level). MATEC Web of Conferences 164, 01040. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816401040>