

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT PENGUSIR BURUNG DENGAN METODA AKUSTIK DI BANDAR UDARA JUANDA SURABAYA

Muhammad Kusni, I Komang Gede Purjana Ariyanto,
Rudy Arianto Setiawan, Leonardo Gunawan

Program Studi Aeronotika & Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Jl. Ganeca 10 Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia
Phone: +62-22-2504529, FAX: +62-22-2534164, E-mail: kusni@ae.itb.ac.id

ABSTRAK

Birdstrike (tabrakan antara burung dengan pesawat udara) merupakan salah satu penyebab terjadinya kecelakaan pesawat udara dan faktor yang perlu diperhatikan dalam keselamatan penerbangan. *Birdstrike* 90 % terjadi di kawasan bandar udara, yaitu pada area lepas landas (*take off-landing*), dan pada ketinggian 500 kaki (150 meter) di atas permukaan tanah. Populasi burung di kawasan Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sangat berpotensi untuk mengakibatkan adanya *birdstrike* terutama jenis burung besar yaitu burung Kuntul dan Blekok. Pada makalah ini disampaikan hasil pembuatan dan pengujian alat pengusir burung dengan metoda akustik di Bandar Udara Juanda Surabaya, sebagai salah satu cara untuk menghindari terjadinya *birdstrike*. Dari pengamatan diketahui bahwa tidak sembarang suara dapat mengusir burung. Pada makalah ini disampaikan beberapa jenis suara hasil penelitian yang cukup efektif untuk mengusir burung. Juga disampaikan pada makalah ini strategi penempatan *loudspeaker* di bandara Juanda Surabaya., agar pengusiran burung menggunakan alat yang dikembangkan cukup efektif. Berdasarkan pengujian disimpulkan bahwa burung merasa tidak nyaman terhadap suara sweep logaritmik pada rentang frekuensi 5 kHz - 9 kHz dengan bentuk square dan sawtooth wave, suara dengan modulasi frekuensi pada rentang frekuensi 2 kHz - 7 kHz, serta suara burung predator dan suara tiruan dari burung terhadap adanya bahaya. Tingkat tekanan suara terendah yang diperlukan untuk mengusir burung adalah 75 dB.

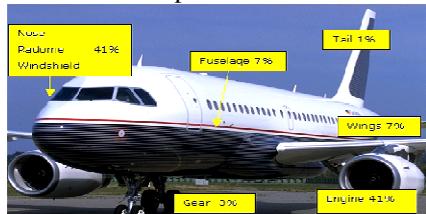
Keywords: *Birdstrike*, bandara, akustik

1. Pendahuluan

Birdstrike adalah peristiwa tabrakan antara burung dengan pesawat udara yang biasanya terjadi pada saat *take off* maupun *landing*. *Birdstrike* ini dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin pesawat udara, maupun kerusakan pada bagian lain pesawat udara. Berikut ditunjukkan seekor burung menabrak pesawat udara sehingga pesawat mengalami kerusakan [Ref. 15].



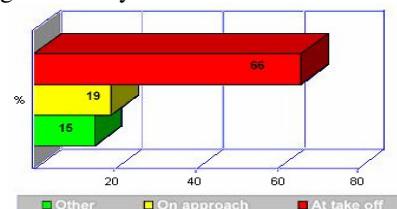
Gambar 1.1 Kerusakan pesawat udara akibat *birdstrike*



Gambar 1.2 Area pesawat yang cenderung mendapat serangan burung [Ref. 2]

Menurut data statistik yang diperoleh, 90 %

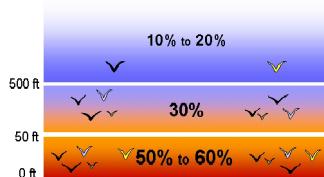
birdstrike cenderung terjadi di dekat kawasan suatu bandar udara yaitu pada area *take off-landing* dan fase pendekatan pesawat ke bandar udara (*approach*) dengan persentasi *birdstrike* yang paling sering terjadi yaitu 66% pada saat *take off*, 19% saat *approach*, dan 15% lain-lain [Ref. 4], hal ini dikarenakan populasi burung cenderung lebih banyak di dalam kawasan bandar udara.



Gambar 1.3 Persentase saat terjadinya *birdstrike*

Disamping itu, berdasarkan level ketinggiannya *birdsrike* lebih cenderung terjadi sampai dengan ketinggian 500 feet (150 meter). Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :





Gambar 1.4 Persentase saat terjadinya *birdstrike* berdasarkan level ketinggian [Ref. 2]

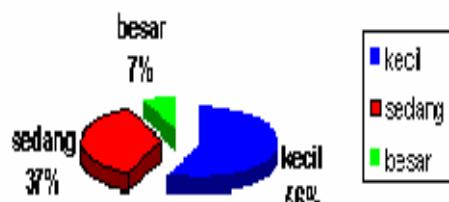
Peristiwa *birdstrike* yang banyak memakan korban jiwa terjadi pada 4 Oktober 1960 ketika pesawat *Lockheed Electra* jatuh di Logan International Airport, AS. Sejumlah burung jalak tersedot masuk ke tiga mesin *turbo*-nya, dimana 62 orang dari 72 penumpang yang ada di pesawat itu tewas. Hampir 34,000 tabrakan burung dicatat setiap tahunnya oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan sekitar 857 mesin pesawat terbang mengalami kerusakan [Ref. 4].

Berdasarkan penelitian diperoleh data bahwa kategori pesawat mempengaruhi tingkat kecenderungan pesawat tersebut mendapat *birdstrike* seperti terlihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Persentase terjadinya *birdstrike* berdasarkan kategori pesawat [Ref. 12]

Kategori Pesawat	Tingkat Terkena <i>birdstrike</i>
Propeller lebih dari 5.700 kg	< 1 %
Propeller kurang dari 5.700 kg	4.3 %
Turbo jet lebih dari 27.000 kg	< 1 %
Turbo jet kurang dari 27.000 kg	1.4 %
Turbo prop lebih dari 27.000 kg	< 1 %
Turboprop kurang dari 27.000 kg	10.2 %
Turbo fan lebih dari 27.000 kg	73.1 %
Turbo fan kurang dari 27.000 kg	7.0 %
Helikopter	0.5 %
Lainnya termasuk sailplanes	0.5 %

Menurut perkiraan *Federation Aviation Administration* (FAA), *birdstrike* ini menyebabkan kerugian *aircraft downtime* akibat pesawat tidak dapat diterbangkan sampai dengan 501.560 jam per tahun. Kerugian materi secara langsung mencapai US\$ 237,43 juta per tahun dan US\$ 77,21 juta per tahun sebagai ongkos tidak langsung. Selain itu, menurut laporan *Bird Life International Indonesia Programme*, sejak tahun 1912 sampai dengan tahun 2000, *birdstrike* memakan korban jiwa sampai dengan 400 orang. [Ref. 15].



Gambar 1.5 Persentase jenis burung di bandar udara [Ref. 15]

Kelompok burung kecil beratnya kurang dari 100 gram, kelompok sedang beratnya 100 hingga 500 gram, dan yang jenis besar lebih dari 500 gram. [Ref. 15].

Pada tahun 2000 di Bandar Udara Internasional Sukarno – Hatta Jakarta, terjadi 18 kali *birdstrike*, demikian juga berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan RI, pada tahun 2002 telah terjadi gangguan burung (*birdstrike*) di Bandar Udara Juanda, dimana telah menyebabkan kerusakan mesin pada pesawat Bouraq Airlines. [Ref. 15]



Gambar 1.6 Populasi burung di Bandar Udara Juanda

Pada saat ini di Bandar Udara Juanda telah memiliki satu unit mobil yang dilengkapi alat pengusir burung, walaupun keberadaan alat ini masih dirasakan sangat kurang, baik dari segi jumlah suara yang mampu secara efektif mengusir burung, maupun dari segi jumlah unit mobil yang ada.

Kontribusi hasil penelitian ini adalah adanya sistem pengusir burung yang lebih optimal, untuk dapat lebih menjangkau kawasan bandar udara terutama area landasan terbang serta memiliki data suara yang lebih banyak, sehingga diharapkan dapat membantu PT. (Persero) Angkasa Pura I khususnya pengelola Bandar Udara Juanda Surabaya dan bandar udara lain yang belum dilengkapi peralatan untuk penanganan / pencegahan *birdstrike*.

2. Dasar Teori

2.1. Lokasi Bandar Udara Internasional Juanda

Lokasi Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya Terletak di Propinsi Jawa Timur Kabupaten Sidoarjo Kecamatan Sedati. Bandar udara ini berada pada posisi titik koordinat 07°22'51" lintang selatan dan 112°47'11" bujur timur dengan elevasi 3 m dari permukaan air laut.

2.2. Spesifikasi Bandar Udara Internasional Juanda

Luas Bandar Udara Juanda Surabaya sekitar 397 ha. Pemanfaatan wilayah bandar udara meliputi *runway* (panjang 3000 m x lebar 45m = 135.000 m²), *apron* (128.526 m²), *taxiway* (268.452 m²), parkir kendaraan (124.501,5 m) dan terminal (62.700 m). Jenis pesawat yang dapat ditampung di *apron* antara lain B 747-400, A-300, A-319, B 737-500, BAE 146 dan helikopter.

2.3. Peraturan Perundungan Mengenai *Birdstrike*

Saat ini telah dikeluarkannya peraturan mengenai *bird/wildlife control* untuk mengurangi resiko akibat dari *bird/wildlife* tersebut, yaitu :

1. *International Civil Aviation Organization* (ICAO)



- 9137-AN part 3 tentang pengendalian dan pengurangan burung di landasan bandar udara.
2. Annex 14 dari *Convention on Civil International Aviation* pada tahun 1990, *AERODROMES Sub Chapter 9.5* perihal *Bird Hazard Reduction*
 3. *Standards And Recommended Practices (SARPS) On Airport Bird/Wildlife Control* yang dikeluarkan oleh ICAO dan diterapkan mulai November 2003
 4. *Standards for Aerodrome Bird/Wildlife Control* yang dikeluarkan oleh *International Bird Strike Committee*
 5. Pasal 50 Peraturan Pemerintah No. 3 Tahun 2001. tentang pengelola bandar udara berkewajiban membersihkan kehadiran burung di bandar udara

2.4. Aturan Terhadap Industri Penerbangan Untuk Mengurangi Resiko *Birdstrike*

2.4.1. Pabrik Pesawat Terbang Dan Badan Kelaikan Terbang

Pabrik pesawat mempunyai suatu tanggung jawab untuk menghasilkan pesawat terbang yang mampu tahan terhadap *birdstrike*. Sejak 1965, *International Civil Aviation Organization (ICAO)* meminta negara anggota melaporkan tentang adanya *birdstrike* kepada divisi kelaikan terbang.

2.4.2. Bandar Udara (*Aerodrome*)

Sesuai dengan part 139 dari *Civil Aviation Safety Regulations*, operator bandar udara harus mempunyai prosedur untuk mengendalikan burung – burung di atau dekat kawasan bandar udara. Dalam hal ini perlu adanya suatu strategi untuk mencegah adanya bahaya serangan burung di bandar udara (*bird hazard management*).

2.4.2.1. *Bird Hazard Management*

Operator bandar udara dapat menggunakan bermacam – macam teknik pengendalian burung secara konvensional untuk memperkecil resiko – resiko yang diakibatkan oleh burung – burung (*bird hazard management*).

Ada beberapa cara penanganan dalam mengurangi populasi burung di bandar udara untuk mencegah bahaya akan serangan burung (*bird hazard management*), yaitu :

1. Pada areal bandar udara diadakan pemotongan rumput secara berkala, agar tidak menjadi sarang.
2. Dengan patroli secara rutin untuk pengawasan habitat burung yang ada di sekitar kawasan bandar udara.
3. Dengan cara alami menggunakan burung *predator* yang terlatih.
4. Teknik *dispersing bird management* dengan sistem pengusir burung.

2.4.2.2. *Dispersing Bird Management*

Di Bandar Udara Juanda Surabaya dalam penerapan pemotongan rumput dan patrol secara rutin, ternyata masih ada burung kuntilanak dan blekok berada di kawasan bandar udara. Oleh karena itu, pada penelitian ini, teknik *dispersing bird management* dengan sistem

pengusir burung elektro akustik akan diteliti lebih lanjut.

Beberapa keuntungan teknik pengusiran burung metoda akustik [Ref. 14] :

- Bunyi secara relatif dapat menjangkau area luas dan dapat disesuaikan untuk area yang besar.
- Sinyal akustik dapat dengan mudah dikombinasikan dengan efek – efek yang lain.

2.5. Gangguan Burung Di Bandar Udara

No	Tahun	Maskapai	Gangguan
1	19/11/2001	Bouraq	Kerusakan <i>Engine</i> posisi 1 kemasukan burung
2	07/07/2002	Bouraq	Gangguan <i>Engine</i> sebelah kiri
3	28/03/2002	Mandala	<i>Bird Ingestion event</i>
4	14/04/2002	Mandala	<i>Bird Ingestion event</i>
5	20/07/2002	Airfast	<i>Bird Ingestion event</i>
6	25/07/2002	Airfast	<i>Bird Ingestion event</i>
7	10/11/2002	Bouraq	<i>Bird Ingestion event</i>
8	01/01/2005	Merpati	<i>Ingestion event</i>
9	06/01/2005	Merpati	<i>Engine</i> pada posisi 2 menabrak burung
10	21/06/2006	Malaysia	Kerusakan <i>Engine</i> posisi 1
11	10/04/2007	Garuda	Area <i>Nose</i> dari pesawat berbenturan dengan burung
12	29/06/2007	Merpati	<i>Engine</i> kemasukan burung dan harus dilakukan pengantian
13	28/09/2007	Garuda	Kebocoran pipa <i>hiddraulic landing gear</i> depan akibat benturan dengan burung

Internasional Juanda

Gangguan burung menjadi permasalahan bagi perusahaan penerbangan dan pengelola bandar udara di Indonesia. Di Bandar Udara Juanda Surabaya antara tahun 2001 – 2007 terjadi 13 peristiwa gangguan burung (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Gangguan burung di Bandar Udara

Internasional Juanda Surabaya (*internal report*)

Berdasarkan laporan sementara pengamatan burung (PT. Persero Angkasa Pura I, *internal report*) dapat diduga bahwa jenis burung yang berpotensi besar menjadi penyebab *birdstrike* di kawasan Bandar Udara Juanda adalah jenis burung yang cukup besar yaitu kuntilanak kerbau, blekok sawah, cangak abu atau kowak malam.

2.6. Populasi Burung Yang Ada Di Kawasan Bandar Udara Juanda

Berdasarkan hasil penelitian, 16 (enam belas) spesies burung ditemukan aktif ataupun terbang melintas di kawasan Bandar Udara Internasional Juanda. [Ref. 1]. Data lengkap jenis burung yang ada di Bandar Udara Juanda adalah sebagai berikut:



Tabel 2.2 Daftar burung yang ditemukan di kawasan Bandar Udara Internasional Juanda [Ref.1]

No	Spesies	Suku	No	Spesies	Suku
1	<i>Ardea cinerea</i>	Ardeidae	9	<i>Ixobrychus sinensis</i>	Ardeidae
2	<i>Ardea purpurea</i>	Ardeidae	10	<i>Columba livia</i>	Columbidae
3	<i>Butorides striatus</i>	Ardeidae	11	<i>Streptopelia bitorquata</i>	Columbidae
4	<i>Ardeola speciosa</i>	Ardeidae	12	<i>Streptopelia chinensis</i>	Columbidae
5	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae	13	<i>Collocalia linchi</i>	Apodidae
6	<i>Egretta garzetta</i>	Ardeidae	14	<i>Acridotheres javanicus</i>	Sturnidae
7	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Ardeidae	15	<i>Passer montanus</i>	Ploceidae
8	<i>Ixobrychus eurhythmus</i>	Ardeidae	16	<i>Lonchura leucogastroides</i>	Ploceidae

Sedangkan peta lokasi penyebaran burung – burung tersebut di area Bandar Udara Juanda Surabaya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Peta lokasi penyebaran burung – burung di area Bandar Udara Juanda Surabaya

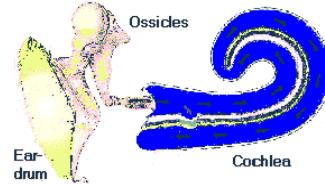
2.7. Pendengaran Burung

Hampir semua jenis burung mengeluarkan suara atau siulan tertentu. Suara siulan sebagai tanda dan bagian untuk berkomunikasi atau cara yang sederhana dalam berhubungan dengan sesama burung.

Burung memiliki telinga dan pendengaran yang baik namun memiliki kecenderungan mendengar yang berbeda dengan manusia. Burung dapat mengenal dan mengingat pola not suara atau *pitch* mutlak sedangkan manusia menerima suara melalui *pitch* yang relatif. *Pitch* yang relatif membuat manusia dapat mendengar *tune* atau nada satu oktaf dan masih dapat mengenali nada dalam oktaf yang berbeda. Untuk jenis burung secara keseluruhan daerah frekuensi pendengarannya (*audible* burung) bervariasi dari yang terendah di bawah 100 Hz sampai dengan 29 kHz [Ref. 7].

Pada umumnya burung memiliki sensitifitas yang tinggi diantara 2 kHz dan 4 kHz (manusia di antara 2 kHz dan 5 kHz). Berdasarkan percobaan terhadap burung camar dan jalak, terdapat beberapa batasan jenis suara yang tidak efisien dalam mempengaruhi sensitifitas telinga burung pada umumnya [Ref.14],

yaitu : jenis suara *infrasound*, nada – nada murni (*pure tones*), jenis suara *ultrasound*, nada – nada murni dengan *Amplitude Modulated (AM)*, *Noise signals (bandpass noise)*



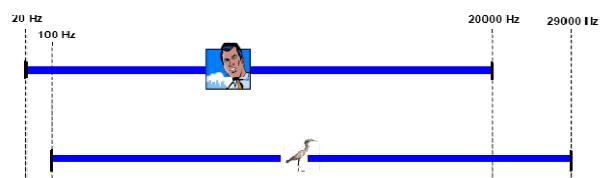
Gambar 2.2 Sistem pendengaran burung

Seperi halnya manusia, burung pun memiliki daerah frekuensi yang paling sensitif dan ambang batas rasa sakit, sehingga perlu ditemukan ambang sakit dari alat pendengaran burung untuk menunjang penelitian yang dilakukan. Untuk lebih efisien memberikan energi suara yang menimbulkan rasa sakit pada burung maka lebih tepat jika ditemukan daerah frekuensi yang paling sensitif dari alat pendengaran burung sehingga tidak perlu memberikan kekerasan suara yang terlalu tinggi.



Gambar 2.3 Burung jenis kuntul dan blekok sawah

Berdasarkan studi yang ada, diasumsikan bahwa daerah frekuensi *audible* pendengaran berbagai jenis burung secara keseluruhan sebanding dengan daerah *audible* pendengaran manusia. Hal ini dapat digambarkan seperti ditunjukkan Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 *Audible* manusia dan burung

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada skala laboratorium , digunakan burung jenis tekukur untuk pengujian. Burung tekukur merupakan jenis burung taman kota dimana jenis burung ini terbiasa dengan suara bising kota, misalnya suara kendaraan motor, pabrik, dan suara manusia serta suara – suara lainnya. Burung tekukur ini akan merespon suara – suara siulan atau *warble*.

Dari studi pengamatan yang dilakukan oleh Kelompok Pengamatan Burung Departemen Biologi ITB, burung yang terganggu baik secara visual maupun pendengaran ditandai dengan burung terbang menghindar dari sumber gangguan [Ref.15]. Jika burung



tidak merasa terganggu, burung tersebut akan tetap pada aktivitasnya seperti diam, berjalan – jalan atau mematuk – matuk mencari makan.

2.8. Daya Akustik (*Acoustic Power*)

Daya akustik atau *acoustic power* adalah total energi suara yang dihasilkan oleh suatu sumber per satuan waktu. Daya akustik diwakilkan oleh *Power Watt Level (PWL)* atau Tingkat Daya Suara dengan persamaan sebagai berikut :

$$— \quad (2.1)$$

Pada persamaan di atas, $W_0 = 10^{-12}$ watt adalah daya referensi. Satuan untuk tingkat daya watt yaitu *decibel (dB)*.

2.9. Intensitas Suara (*Sound intensity*)

Intensitas suara adalah energi per satuan waktu per satuan area yang dihasilkan oleh gelombang suara. Hubungan antara daya suara dan intensitas suara adalah sebagai berikut :

$$— \quad (2.2)$$

dimana r adalah jarak. Sedangkan *Sound Intensity Level (SIL)* atau Tingkat Intensitas Suara didefinisikan dengan :

$$— \quad (2.3)$$

dimana I_0 adalah intensitas suara referensi 10^{-12} watt/m². Nilai dari I_0 mewakili intensitas minimum yang dapat diterima oleh telinga manusia.

2.10. Tingkat Tekanan Suara (*Sound Pressure Level*)

Pada *free field* atau medan bebas, tekanan efektif dan intensitas suara di dalam arah penyebarannya ditunjukkan dengan :

$$— \quad (2.4)$$

Pada kondisi standar permukaan laut dari udara, massa jenis bernilai $1,225$ kg/m³ dan kecepatan suara $340,29$ m/s, maka $(\rho_{\infty}c)_0$ bernilai $416,86$ kg/m²s. Tekanan efektif adalah harga yang umumnya diukur oleh *microphone* saat mengukur tekanan suara. Tingkat Tekanan Suara atau *Sound Pressure Level (SPL)* didefinisikan dengan:

$$— \quad (2.5)$$

dimana P_{eo} adalah tekanan referensi 2×10^{-5} N/m². Karena telinga manusia merespon pada intensitas suara, maka tingkat tekanan suara ditentukan dari pangkat dua nilai tekanan efektif.

Sedangkan hubungan antara SPL dengan SIL ditunjukkan dengan persamaan berikut ini.

$$— \quad (2.7)$$

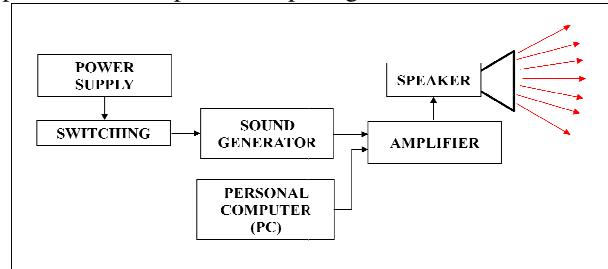
Nilai referensi $I_0 = 10^{-12}$ W/m² dan $P_{eo} = 2 \times 10^{-5}$ N/m² serta $(\rho_{\infty}c)_0$ bernilai $416,86$ kg/m²s. Maka persamaan (2.7) menjadi :

$$(2.8)$$

3. Konfigurasi Dan Deskripsi Rancangan Serta Pengujian

3.1. Konfigurasi Dan Deskripsi Rancangan

Pada rancangan sistem pengusir burung ini, terdapat beberapa rangkaian elektronika yang digunakan. Konfigurasi alat pengusir burung yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Skema rancangan alat pengusir burung

Alat pengusir burung ini terdiri atas beberapa sub bagian, yang meliputi :

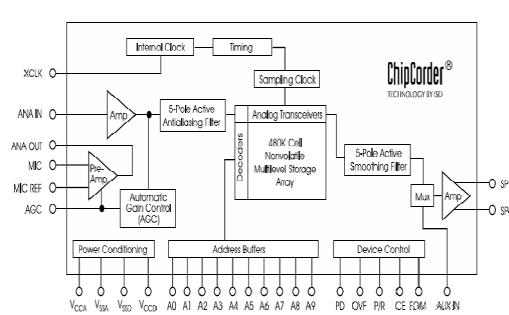
1. Pembangkit sinyal suara (*Sound Generator*)
2. Penguat sinyal suara (*Audio Amplifier*)
3. Speaker
4. Rangkaian Saklar (*Switching*)

3.1.1. Pembangkit Sinyal Suara (*Sound Generator*)

Pembangkit sinyal suara ini merupakan rangkaian elektronika yang mempunyai komponen utama berupa IC ISD25120, *120 second audio recording and playback* yang berfungsi untuk menyimpan serta mengeluarkan sinyal suara yang sesuai dengan hasil dari penelitian dan pengujian mengenai rentang frekuensi yang berpengaruh terhadap burung.



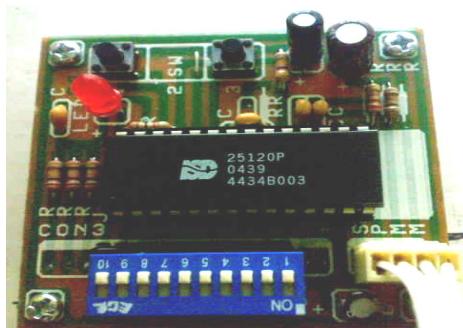
Gambar 3.2 IC ISD25120, *120 second audio recording and playback*



Gambar 3.3 Bagan internal IC ISD2500

$$(2.8)$$





Gambar 3.4 Rangkaian sound generator menggunakan IC ISD25120

3.1.2. Penguat Sinyal Suara (Audio Amplifier)

Penguat sinyal suara ini difungsikan untuk meningkatkan sinyal suara dari *sound generator/output sound card* komputer sehingga memiliki tingkat tekanan suara yang lebih tinggi. Pada sistem ini digunakan penguat sinyal suara dengan spesifikasi *mono amplifier* dengan *output power* sebesar 25 watt untuk sebuah *speaker* (jika menggunakan *speaker* jenis *Horn TOA Type ZH-625S*) dan 300 watt untuk sebuah *speaker* (untuk *speaker* jenis *Tweeter Piezoelectric*).



Gambar 3.5 Penguat sinyal suara TOA type ZA 250S dengan output power 25 watt

3.1.3. Speaker

Speaker digunakan untuk mengeluarkan sinyal suara dari sistem. Pada pengujian alat ini digunakan *speaker* jenis *Horn TOA Type ZH-625S* dan *Tweeter Piezoelectric* type AX-975 HT. Spesifikasi masing – masing *speaker* tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Speaker Horn TOA type ZH-625S dan Speaker Tweeter Piezoelectric ACR type AX-975 HT

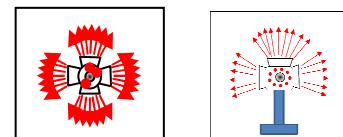
Tabel 3.2 Data Spesifikasi speaker Horn TOA type ZH-625S

	ZH-625S
Coverage Angle	70°Vx90°H
Impedance	8 Ohm
Power Handling	30 W

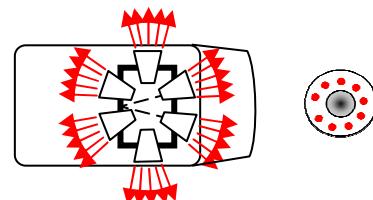
Tabel 3.3 Data Spesifikasi speaker Tweeter ACR type AX-975 HT

	AX-975 HT
Coverage Angle	60°Vx120°H
Power Handling	300 W
Impedance	8 Ohm

Untuk sistem yang tak bergerak (*fix bird deterrent*) digunakan 5 buah *speaker* dengan posisi penempatan empat buah pada sumbu horizontal dan satu pada sumbu vertikal. Sedangkan pada sistem yang bergerak (*mobile bird deterrent*) digunakan 6 buah *speaker* pada sumbu horizontal dan satu pada sumbu vertikal yang diletakkan di atas mobil dengan penempatan *speaker* berjarak 15° antara *speaker* diukur dari ujung setiap *speaker* serta diarahkan 2° ke bawah [Ref. 19].



Gambar 3.7 Konfigurasi speaker pada sistem yang tak bergerak (tampak atas dan tampak samping)



Gambar 3.8 Konfigurasi speaker pada sistem yang bergerak (tampak atas)

3.1.4. Rangkaian Saklar (Switching)

Pada sistem yang tak bergerak (*fix bird deterrent*) terdapat rangkaian saklar (*Switching*). Dengan saklar ini dapat diatur sehingga sistem pengusir burung mengeluarkan suara dari *sound generator* setiap 30 menit sekali. Durasi sinyal suara dari *sound generator* tersebut dibuat selama 10 - 20 detik untuk suara *predator/distress* atau 40 – 60 detik untuk suara *tone* untuk setiap kombinasi suara. Dalam hal ini untuk satu kombinasi terdapat 3 sinyal suara berbeda. Sehingga total keseluruhan durasi suara adalah 120 detik, sesuai dengan jenis IC yang digunakan yaitu IC ISD25120.

3.1.5. Program ‘Bird Strike Software v.1.0’

Pada sistem pengusir burung (*bird deterrent*), untuk *sound generator*-nya dapat juga digunakan sebuah komputer yang telah dilengkapi dengan program ‘*Bird Strike Software v.1.0*’ yang dimasukkan juga dalam sistem pengembangan ini. Berikut merupakan beberapa tampilan utama dari program ‘*Bird Strike Software v.1.0*’ :





Gambar 3.9a Tampilan *Bird Strike Software v.1.0* form Log In



Gambar 3.9b Tampilan *Bird Strike Software v.1.0* form Pemilihan Sistem Pengaturan



Gambar 3.9c Tampilan *Bird Strike Software v.1.0* form Pemilihan Sistem Pengaturan Berdasarkan Jadwal Penerbangan



Gambar 3.9d Tampilan *Bird Strike Software v.1.0* form Pemilihan Sistem Pengaturan Berdasarkan Pengaturan Lainnya

Program *Bird Strike Software v.1.0* ini mempunyai dua (2) pilihan sistem pengaturan aktif tidaknya alat, yaitu berdasarkan jadwal penerbangan dan dengan

3.3. Setting Sistem Pengujian

Pada pengujian, sumber sinyal suara berasal dari

pengaturan sendiri.

Pada menu pengaturan berdasarkan jadwal penerbangan, maka alat akan aktif mulai dari jam 05.30 pagi (penerbangan awal pagi hari) sampai dengan jam 18.30 sore (penerbangan terakhir sore hari). Dalam hal ini alat akan berbunyi setiap lima (5) menit sebelum jadwal penerbangan dengan durasi 20 – 60 detik sesuai data suara (5 menit sebelum pesawat lepas landas ataupun mendarat). Apabila terdapat perubahan jadwal penerbangan, pada menu ini terdapat pilihan untuk mengubah jadwal tersebut. Disamping itu terdapat juga pilihan untuk membunyikan alat langsung sewaktu – waktu jika diperlukan.

Sedangkan pada menu pengaturan sendiri, waktu aktif atau tidaknya alat dapat diatur dengan mengatur menu *Timer*, sebagai contoh jika diatur 30 menit maka alat akan aktif setiap 30 menit sekali dan berulang terus sampai dengan *Timer* dihentikan. Sinyal suara yang akan di keluarkan juga dapat dipilih salah satu dari data suara yang ada ataupun kombinasi keseluruhan suara yang dimainkan secara acak. Disamping itu dapat pula mengambil suara lain yang ada di dalam memori komputer selain dari pilihan data suara yang ada.

3.2. Pengujian Skala Lapangan

Pada pengujian skala laboratorium yang dilaksanakan pada penelitian sebelumnya, dilakukan untuk mengetahui kehandalan alat, kualitas akustik sumber suara, dan respon burung bila mendapat gangguan suara dengan frekuensi tertentu.

Sedangkan pada skala lapangan, sistem pengujian hampir sama dengan sistem pengujian pada skala laboratorium, hanya saja alat yang digunakan adalah alat yang telah didesain untuk digunakan di lapangan.

Pada pengujian skala lapangan ini suara yang digunakan untuk pengujian terdiri atas beberapa mode suara. Suara tersebut meliputi :

1. Suara FM dengan karakteristik [Ref. 14] :
 - Starting frekuensi (f_o) = 2000 Hz
 - Frekuensi modulasi (f_m) = $0.5 \text{ Hz} < f_m < 20 \text{ Hz}$
 - Bandwidth (B) = $2 \text{ kHz} < B < 7 \text{ kHz}$
 - Panjang gelombang = Duration > 20 detik
2. Suara *sweep logaritmik* pada range frekuensi 6 kHz – 8 kHz dan 5 kHz – 9 kHz dengan bentuk gelombang *sawtooth wave* dan *square wave* [Ref. 15].
3. Kombinasi suara burung yang meliputi *Bald Eagle – Cries* (suara burung elang), *Black-Bucked Gull – Alarm* (tanda bahaya burung camar), *Herring Gull – Distress* (tanda bahaya burung camar), *Ring Bill Gull – Flock Alarm* (tanda bahaya kawanan burung camar).
4. Efek suara petasan. Suara petasan ini dimasukkan dalam pengujian dikarenakan burung kutil dan blekok ini takut akan suara petasan.

komputer untuk mengetahui suara yang mempengaruhi burung kutil dan blekok. Setelah diketahui suara yang



berpengaruh tersebut, barulah suara itu dimasukkan ke dalam rancangan sistem (dalam hal ini bagian *sound generator*). Dalam pengujian, sumber suara (komputer) dihubungkan secara langsung ke *amplifier* sebagai penguat sinyal suara (melalui keluaran/*output sound card* komputer, agar sinyal suara dapat memiliki tingkat tekanan suara yang lebih tinggi, kemudian keluaran sinyal suara dari *amplifier* dikeluarkan melalui *speaker*. *Speaker* tersebut diarahkan ke burung dengan jarak tertentu. SPL meter ditempatkan di depan *speaker* dengan tujuan secara langsung mengindera suara yang keluar dari *speaker* (untuk mengukur tingkat SPL suara dari *speaker*). Kamera difungsikan untuk mengamati secara langsung kejadian yang ada selama proses pengujian.

3.4. Pengujian Respon Burung

Pengujian dilakukan untuk mengetahui frekuensi dan tingkat tekanan suara yang sensitif bagi pendengaran burung. Jenis burung yang diamati adalah burung kuntil dan blekok. Pengujian dilakukan dengan cara mengamati reaksi burung saat diberikan suara sesuai referensi yang ada. Suara tersebut ditembakkan ke arah burung sebanyak tiga kali untuk setiap suara. Disamping itu dalam pengujian tingkat intensitas suara dari *speaker* diatur juga dari intensitas suara terkecil sampai besar, dengan mengatur *volume* dari *amplifier* untuk mengetahui batas terkecil yang mempengaruhi sensitivitas pendengaran burung.

Untuk pengujian terhadap satu (1) ekor burung dilakukan langsung di lapangan terbuka dan merupakan tempat biasanya burung kuntil dan blekok mencari makan, dengan jarak antara *speaker* dengan burung sekitar 50 meter. Kendala yang dihadapi adalah kemungkinan burung terpengaruh bukan saja karena gangguan akustik namun juga karena pengaruh gangguan yang lain seperti gangguan suara dari sumber yang lain, gangguan visual dari gerakan pengamat, dimana hal tersebut dapat dikurangi dengan memastikan tidak ada gangguan visual tersebut selama pengujian. Untuk mengurangi pengaruh dari sumber selain suara yang diberikan maka pengujian dilakukan pada pagi atau sore hari saat hening.

Untuk pengujian sekelompok burung di Bandar Udara Juanda Surabaya, dilaksanakan pada saat pagi atau sore hari, pada saat jadwal penerbangan belum ramai dan sebelum ada pesawat yang lepas landas ataupun mendarat (untuk menghindari adanya gangguan suara dan gangguan visual dari pesawat). Peralatan diletakkan di dalam mobil dengan *speaker* di luar dan

diarahkan ke kelompok burung. Pengujian dilaksanakan menggunakan mobil di jalur inspeksi di sisi *runway* (landasan terbang), sekitar 150 meter untuk menjangkau kelompok burung yang ada di pingir *runway* (landasan terbang) ataupun di area yang ada kelompok burungnya. Pengamatan selama pengujian dilakukan menggunakan kamera, pengujian dilakukan tiga kali untuk setiap suara.

4. Hasil Pengujian Dan Analisis

4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Respon Frekuensi *Speaker*

Dari hasil pengukuran karakteristik respon frekuensi *speaker*, ditunjukkan bahwa *speaker Horn TOA* mampu mengeluarkan suara dari generator suara dengan tingkat tekanan suara *Sound Pressure Level* (SPL) maksimum sebesar 128,6 dB pada frekuensi 5 kHz. Sedangkan dari perhitungan didapat nilai *Power Watt Level* (PWL) maksimum sebesar 139,39 dB, yang berarti sumber suara memiliki daya 139,39 dB. Sedangkan untuk *speaker Tweeter Piezoelectric* mampu mengeluarkan suara dengan tingkat tekanan suara/*Sound Pressure Level* (SPL) maksimum sebesar 124,4 dB pada frekuensi 5 kHz. Dari perhitungan didapat nilai *Power Watt Level* (PWL) maksimum sebesar 135,19 dB, yang berarti sumber suara memiliki daya 135,19 dB.

4.2. Hasil Pengujian Respon Satu (1) Ekor Burung

Pengujian ini menggunakan seekor burung blekok yang diletakkan di halaman terbuka (area persawahan). Dalam pengujian, burung diuji dengan pemberian beberapa suara sesuai dengan data suara yang akan diuji.

4.2.1. Pengujian Respon Burung dg Suara Single Tone

Burung kuntil dan blekok diuji dengan sumber suara *sine wave*. Berdasarkan pengamatan dengan pengaturan volume diatur dari tingkat terkecil sampai terbesar (menaikkan tingkat tekanan suara sampai maksimum) dapat dilihat bahwa burung blekok hanya diam tidak bereaksi terhadap suara *sine wave* ini.

4.2.2. Pengujian Respon Burung Dengan Suara FM

Berdasarkan pengujian dengan suara tersebut di atas menunjukkan burung blekok berjalan – jalan kemudian berusaha terbang. Berdasarkan pengaturan volume *amplifier* dari tingkat terkecil sampai dengan terbesar (menaikkan tingkat tekanan suara) diperoleh bahwa burung mulai bereaksi saat tingkat tekanan suara sekitar 75 dB pada saat didengar oleh burung.



Tabel 4.1. Respon (1) Burung Terhadap Berbagai Suara

Tone (<i>sinusoidal</i>)	Diam tidak bereaksi
<i>Log sweep</i> 5 kHz-9 kHz (<i>sawtooth</i>) dan <i>Log sweep</i> 5 kHz-9 kHz (<i>square</i>)	Berjalan kemudian berusaha terbang
z-8 kHz (<i>sawtooth</i>) dan <i>Log sweep</i> 6 kHz-8 kHz (<i>square</i>)	Gelisah(menengok), kemudian berjalan
Suara <i>sweep</i> 2 kHz-7 kHz dengan modulasi FM	Berjalan kemudian terbang menjauh
<i>Bald Eagle-Cries, Black-Bucked Gull- Alarm, Herring Gull- Distress</i>	Berjalan kemudian berusaha terbang
Suara petasan	Berjalan kemudian berusaha terbang

4.2.3. Pengujian Respon Burung Dengan Suara *Sweep*

Pengujian respon burung dengan suara *single tone* memberikan hasil yaitu burung blekok diam tidak bereaksi. Dijelaskan sebelumnya, bahwa burung akan merespon suara – suara siulan atau *warble*. Oleh karena itu pada pengujian ini akan diberikan suara *sweep* yang dapat menghasilkan suara siulan. Suara yang akan diberikan merupakan suara *log sweep* dengan rentang frekuensi dari 6 kHz sampai 8 kHz dengan bentuk gelombang *sawtooth wave* dan *square wave*.

Dari pengujian suara 6 kHz sampai 8 kHz tersebut, menunjukkan burung blekok gelisah , kemudian berjalan – jalan. Setelah itu dilakukan pengujian respon burung kembali dengan suara pada rentang frekuensi 5 kHz – 9 kHz dengan *sweep logaritmik* dan bentuk gelombang suara *sawtooth* dan *square*.Dari pengujian suara 5 kHz – 9 kHz tersebut, menunjukkan burung blekok bereaksi

berjalan – jalan kemudian berusaha terbang.

4.2.4. Pengujian Respon Burung Thd Efek – Efek Suara

Burung blekok diberikan kombinasi suara dari burung *predator* yaitu suara burung elang, serta suara tanda bahaya akan adanya bahaya dari burung camar, juga diujikan suara petasan.

Dari pengujian respon burung terhadap suara dari efek suara burung *predator*. Dari pengujian respon burung terhadap suara petasan terlihat bahwa burung blekok berjalan kemudian berusaha terbang.

Berdasarkan pengaturan volume *amplifier* dari tingkat terkecil sampai dengan terbesar diperoleh bahwa burung mulai bereaksi saat tingkat tekanan suara sekitar 75 dB. Selama pengujian diperoleh nilai tekanan suara terkecil dari setiap suara, yang masih berpengaruh untuk mengusir burung, yang ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data tingkat tekanan suara terkecil dari *speaker* yang berpengaruh terhadap burung

Suara	Tingkat tekanan suara terkecil
<i>Tone (sinusoidal)</i>	Suara tidak berpengaruh meskipun tingkat tekanan suara tertinggi
<i>Log sweep</i> 5k-9 kHz (<i>sawtooth</i>) dan <i>Log sweep</i> 5k-9 kHz (<i>square</i>)	± 75 dB
<i>Log sweep</i> 6k-8 kHz (<i>sawtooth</i>) dan <i>Log sweep</i> 6k-8 kHz (<i>square</i>)	± 75 dB
Suara <i>sweep</i> 2 kHz-7 khz dengan modulasi FM	± 75 dB
<i>Bald Eagle-Cries, Black-Bucked Gull- Alarm, Herring Gull- Distress</i>	± 75 dB
Suara petasan	± 75 dB

4.3. Hasil Pengujian Respon Burung Dalam Satu (1) Kelompok Di Bandar Juanda (Sekitar 20 Ekor)

Pengujian dilaksanakan di Bandar Udara Juanda, dimana saat pemberian suara ke kelompok burung tersebut, sehingga kelompok burung akan mendengar suara dengan tingkat tekanan suara sekitar 81 dB. Pengujian Respon Burung Dg Suara *Single Tone*

Dari pengamatan dengan pengaturan volume terbesar (tingkat tekanan suara tertinggi) dapat dilihat bahwa sekelompok burung kuntul dan blekok tersebut hanya diam tidak bereaksi.

4.3.1. Pengujian Respon Burung Dengan Suara FM

Berdasarkan pengujian dengan suara tersebut di atas menunjukkan kelompok burung kuntul dan blekok tersebut berjalan – jalan kemudian terbang menjauh.

4.3.2. Pengujian Respon Burung Dengan Suara *Sweep*

Berdasarkan pengujian terhadap satu (1) ekor burung sebelumnya, diperoleh bahwa burung akan merespon suara – suara siulan atau *warble*. Oleh karena itu pada pengujian kelompok burung ini diberikan suara *sweep* seperti pada percobaan dengan satu burung. Dari pengujian suara dengan rentang frekuensi dari 6 kHz sampai 8 kHz tersebut, menunjukkan kelompok burung



kuntul dan blekok berjalan kemudian terbang menjauh.

Setelah itu dilakukan pengujian kembali respon sekelompok burung terhadap suara *sweep logaritmik* dengan rentang frekuensi 5 kHz – 9 kHz dan bentuk gelombang suara *sawtooth* dan *square*. Dari pengujian suara dengan rentang frekuensi dari 5 kHz – 9 kHz tersebut, menunjukkan bahwa kelompok burung kuntul dan blekok tersebut berjalan kemudian terbang menjauh.

4.3.3. Pengujian Respon Kelompok Burung Terhadap Efek-Efek Suara

Kelompok burung kuntul dan blekok diberikan juga suara *predator* dari burung yaitu suara burung elang, serta suara tanda bahaya atau peringatan akan adanya bahaya burung camar. Di samping itu diujikan juga suara petasan.

Dari pengujian respon sekelompok burung kuntul dan blekok terhadap efek suara *predator*, suara tanda bahaya atau peringatan akan adanya bahaya untuk burung camar terlihat bahwa burung kuntul dan blekok berjalan kemudian terbang menjauh.

Sedangkan terhadap efek suara petasan terlihat bahwa burung kuntul dan blekok diam di tempat kemudian berjalan ataupun ada yang terbang rendah. Dari pengujian respon sekelompok burung terhadap beberapa suara, diperoleh hasil perbandingan pengamatan untuk setiap suara yang ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3. Respon Kelompok Burung Terhadap Berbagai Suara

4.4. Data Tambahan Yang Diperoleh Saat Pengujian Respon Burung Terhadap Beberapa Suara

Berikut ini merupakan beberapa kejadian yang diperoleh pada saat pengujian respon burung terhadap suara :

1. Pada saat pengujian burung satu ekor, dengan hanya menggunakan satu (1) jenis suara berulang – ulang, burung cenderung tidak terpengaruh lagi dengan suara tersebut. Akan tetapi jika dikombinasikan dengan dua (2) jenis suara dan dibunyikan secara bergantian burung akan terpengaruh.
2. Pada saat pengujian di lapangan dengan menggunakan *mobile bird deterrent* yang telah ada di Bandar Udara Juanda Surabaya, burung akan kembali ke tempat semula dikarenakan mobil bergerak ke depan dan konfigurasi *speaker*-nya hanya mengarah ke depan dan samping, tidak ada yang mengarah ke belakang. Sehingga jika mobil bergerak ke lain tempat (ke arah depan) burung tersebut akan kembali lagi ke tempat semula.
3. Pada saat pengujian di lapangan, untuk pengusiran satu (1) ekor burung membutuhkan waktu lebih lama (5-10 detik lebih lama) dibandingkan dengan beberapa ekor burung (sekelompok burung). Hal ini terjadi karena dalam sekelompok burung, jika salah satu

burung terbang, yang lainnya akan mengikuti terbang juga. Sedangkan jika hanya mengusir satu (1) burung saja, burung tersebut akan gelisah dahulu (menengok kanan – kiri) sebelum kemudian berjalan – jalan ataupun terbang.

4.5. Hasil Perhitungan Jangkauan Speaker

Berdasarkan hasil pengujian respon burung diperoleh tingkat tekanan suara terendah yang dapat membuat sakit pendengaran burung adalah 75 dB. Sedangkan karakteristik respon frekuensi sumber suara yang di dapat maksimal yaitu 128,6 dB pada jarak 1 meter (untuk *speaker* jenis *Horn TOA*) dan 124,4 dB pada jarak 1 meter (untuk *speaker* jenis *Tweeter Piezoelectric*) pada kondisi *noise figure* sebesar 37,4 dB. Dengan menggunakan perhitungan *Inverse Square Law* yaitu setiap pelipat gandaan jarak, terjadi pengurangan tingkat tekanan suara sebesar 6 dB, suara yang keluar dari *speaker* akan menjangkau sejauh kurang lebih 256 meter agar tingkat tekanan suara tetap di atas 75 dB. Untuk *speaker* jenis *Horn TOA* diperoleh tingkat tekanan suara sebesar 80,6 dB pada jarak 256 meter. Sedangkan untuk *speaker* jenis *Tweeter Piezoelectric* diperoleh tingkat tekanan suara sebesar 76,4 dB pada jarak 256 meter.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari pengujian sistem pengusir burung pada skala lapangan ini, berdasarkan pengamatan dan analisa dapat

Suara	Reaksi Burung
<i>Tone (sinusoidal)</i>	Diam tidak bereaksi
<i>Log sweep 5k-9 kHz (sawtooth) dan Log sweep 5k-9 kHz (square)</i>	Berjalan kemudian terbang menjauh
<i>Log sweep 6k-8 kHz (sawtooth) dan Log sweep 6k-8 kHz (square)</i>	Berjalan kemudian terbang menjauh
Suara <i>sweep 2 kHz-7 kHz</i> dengan modulasi FM	Berjalan kemudian terbang menjauh
<i>Bald Eagle-Cries, Black-Bucked Gull- Alarm, Herring Gull- Distress</i>	Berjalan kemudian terbang menjauh
Suara petasan	Diam kemudian berjalan/terbang rendah

diamond kesimpulan sebagai berikut :

1. Gangguan pada burung kuntul dan blekok dengan suara *single tone sine wave* tidak membuat burung kuntul dan blekok merasa tidak nyaman.
2. Suara yang dapat mempengaruhi/membuat burung kuntul dan blekok tidak nyaman adalah suara siulan atau *warble* yang dapat dihasilkan dengan modus *sweep logaritmik* serta suara dengan modulasi FM (*Frequency Modulation*). Dalam hal ini suara pada rentang frekuensi 2 kHz – 7 kHz (dengan frekuensi modulasi 20 Hz), suara *sweep logaritmik* 6 kHz - 8 kHz dan suara *sweep logaritmik* 5 kHz – 9 kHz (dengan bentuk gelombang *sawtooth wave* dan *square wave*).
3. Kombinasi suara *predator* dari burung yaitu suara



burung elang (*Bald Eagle-Cries*) dengan suara tanda bahaya atau peringatan akan adanya bahaya untuk burung camar (*Black-Buckled Gull- Alarm, Herring Gull- Distress, Ring Bill Gull- Flock Alarm*) dapat membuat takut/tidak nyaman burung kuntul dan blekok dimana burung tersebut berusaha terbang menjauh.

4. Suara petasan dapat membuat kaget burung kuntul dan blekok yang menyebabkan burung berusaha terbang menjauh pada saat pengujian satu ekor burung, sedangkan pada saat pengujian sekelompok burung di lapangan suara ini kurang berpengaruh.
5. Tingkat intensitas tekanan suara terkecil yang membuat burung tidak nyaman yaitu pada skala 75 dB.
6. Jangkauan suara yang dikeluarkan *speaker* agar tingkat tekanan suara di atas 75 dB yaitu akan menjangkau sejauh kurang lebih 256 meter (diperoleh 80,6 dB untuk speaker jenis *Horn TOA* dan 76,4 dB untuk speaker jenis *Tweeter Piezoelectric*). Jarak jangkauan sejauh 256 meter ini sudah cukup untuk menjangkau area di sekitar *runway* (landasan terbang) Bandar Udara Juanda Surabaya bila peralatan dipasang sejauh 100 meter di sisi *runway* (landasan terbang).
7. Pada sistem *mobile bird deterrent* jika *speaker* yang digunakan hanya dapat mengeluarkan suara pada satu arah saja, maka burung akan terbang ke arah dimana tidak terjangkau oleh suara dari *speaker* tersebut (ke arah belakang *speaker*).

5.2.Saran

Setelah mengkaji ulang proses dan hasil dari analisis yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan yaitu :

1. Perlunya pengujian untuk mengetahui kehandalan alat selama dipasang di Bandar Udara Juanda Surabaya terutama untuk sistem *fix bird deterrent* sepanjang sisi *runway* (landasan terbang).
2. Perlunya pengujian dengan menggunakan suara (dengan pengaturan konfigurasi frekuensi yang berbeda) serta efek suara – suara burung ataupun *predator* burung lainnya untuk menambah data suara yang mempengaruhi burung kuntul dan blekok.
3. Sistem perlu diujikan pada burung lain selain burung kuntul dan blekok yang ada di Bandar Udara Juanda Surabaya.
4. Sebaiknya dalam penerapannya di lapangan, digunakan suara acak/kombinasi suara dari *database* suara yang telah ada agar tidak membuat burung menjadi terbiasa (tidak takut lagi) dengan alat pengusir burung tersebut.
5. Untuk sistem *mobile bird deterrent*, pengusiran yang lebih efektif sebaiknya menggunakan konfigurasi *speaker* yang dapat menjangkau seluruh arah serta dilakukan metode pengusiran dengan menggunakan lebih dari dua mobil di sisi kanan kiri sepanjang

runway (landasan terbang) sepanjang jalur inspeksi.

6. Selain alat pengusir burung dapat dikembangkan alat pemanggil burung yaitu dengan menggunakan frekuensi suara yang disukai burung sehingga habitat burung dapat dipindahkan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik atas dukungan dari yang berwenang di Bandara Udara Juanda Surabaya.

Daftar Pustaka

- [1] Agus Satriyono, *Studi Keanekaragaman Avifauna di Bandar Udara Internasional Juanda*, Laporan Kerja Praktek, 2008.
- [2] Airbus, *Birdstrike Threat Awareness, Flight Operation Briefing Notes – Operating Environment*, Oktober, 2004.
- [3] Australian Transport Safety Bureau, *Aviation Research and Analysis Report AR-2008-027 Final – An Analysis of Australian Birdstrike Occurrences 2002 to 2006*, ATSB, Transport Safety Investigation Report, 30 Juni 2008.
- [4] Fritz, Jacques, *Bird Strike Prevention at Geneva International Airport*, BTEE, April 1999.
- [5] HTML Documents, *Birstrike Committee USA*, BSC USA, 2004.
- [6] HTML Documents, *Bird Strike Control Program*, Border Collie Rescue, Inc., 2004.
- [7] HTML Document, *Hearing and the Bird Ear*, Earth-Live Web Productions, 20 January 2009.
- [8] HTML Documents. *ISD2500 Series*, Winbond Electronics Corporation, 14 September 2005.
- [9] HTML Document, *NPC Online Library Effects of Aircraft Noise and Sonic Booms and Domestic Animal and Wildlife Bibliographic Abstracts*, US Air Force – US Department of Interior, Juny 1988.
- [10] HTML Documents, *Scarecrow Bio-Acoustic Systems*, Scarecrow Bio-Acoustic System Ltd.
- [11] HTML Documents, *Yandhrie Arvian (Iptek – Kutipan Majalah Tempo, Edisi 31 Oktober – 6 November 2005)*, SBI-info.org, Mei 2008.
- [12] J.HILD, Brueggen, *International Bird Strike Statistics for the Year 2000*, Bird and Aviation



Vol. 23 (2003) No. 2, February 2004.

- [13] J. Bishop, H. McKay, D. Parrot and J. Allan, *Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives*, Desember 2003.
- [14] Karl J. Beuter – Rainer Weiss, Battelle FrankFurt, *Properties of the Auditory System In Bird And The Effectiveness of Acoustics Scaring Signals*, Compenhagen, Mei 1986.
- [15] Rudy Arianto Setiawan, *Perancangan Awal dan Pengujian Alat Pengusir Burung Dengan Metoda Akustik Pada Skala Laboratorium*, Tugas Akhir, 2005.
- [16] Ruijgrog, G.J.J., *Element of Aviation Acoustics*, Delft University Press, 1993.
- [17] Suara Surabaya. Net, *Laporan Eddy Prasetyo, Bird Strike di Bandara Juanda- Dari 60 suara Burung, Hanya Takut Suara Merpati*, 19 April 2007.
- [18] TOA Speaker Guide Book, *Toa Electronics Speaker Guide*, TOA Electronics , Inc, Agustus 2002.
- [19] UK Civil Aviation Authority, *Birdstrike Risk Management for Aerodromes – FirstEdition*, SafetyRegulation Group-CAP 772, Maret 2007.

