

# Analisa Kebisingan Daerah Perumahan Angkasa Pura I Akibat Flyover Pesawat Terbang di Bandar Udara Sepinggang Balikpapan

Elysa Margaret, Ir. Tutug Dhanardono, MT

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: elysa.margaret@gmail.com, tutugdh@yahoo.co.id

**Abstrak**—Peningkatan lalu lintas penerbangan ini memberikan efek yang cukup signifikan terhadap kebisingan lingkungan akibat flyover pesawat terbang. Flyover saat proses landing menjadi sumber kebisingan bagi pemukiman sekitar bandara karena jalur pendaratannya yang berada tepat di atas pemukiman. Perlu dilakukan evaluasi terhadap kebisingan akibat flyover pesawat terbang ini untuk mengetahui kelayakan pemukiman tempat tinggal, dimana dalam penelitian ini Perumahan Angkasa Pura I menjadi objek penelitian. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan indikator pengukuran WECPNL berdasarkan standar Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012. Selain aspek kebisingan lingkungan, kebisingan pesawat yang flyover juga ikut diukur untuk mengetahui kelayakan pesawatnya dengan menggunakan *approach measurement*. Evaluasi kelayakan pesawat ini menggunakan metrik EPNL berdasarkan ICAO Annex 16 Volume I. Dari hasil pengukuran maka diketahui bahwa Perumahan Angkasa Pura I tidak layak sebagai pemukiman tempat tinggal dan serta tidak semua pesawat yang lewat memenuhi standar kebisingan maksimal, terutama pada pesawat jenis C.

**Kata kunci:** Kebisingan lingkungan, flyover, WECPNL, EPNL

## I. PENDAHULUAN

Transportasi udara merupakan pilihan transportasi yang banyak diminati oleh masyarakat Balikpapan saat ini, terlihat dari pengembangan bandar udara Sepinggang yang akan menambah layanan terbang bandar udara dengan menambah jumlah penerbangan menjadi 2 kali lebih besar dari sebelumnya. Seiring dengan bertambahnya jumlah penerbangan, maka tingkat kebisingan lingkungan sangat mungkin untuk mengalami peningkatan.

Perumahan Angkasa Pura I merupakan salah satu pemukiman yang lokasinya berada di sekitar daerah operasi bandara Sepinggang Balikpapan. Kebisingan pesawat yang flyover, dirasakan lebih mengganggu karena terjadi secara tiba-tiba dan dalam waktu yang singkat jika dibandingkan dengan kebisingan lalu lintas yang cenderung kontinyu dan *steady* disekitar kawasan perumahan [1]. Aturan mengenai ambang batas kebisingan tempat tinggal sebenarnya telah diatur dalam Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan Lingkungan Pemukiman. Namun, untuk kebisingan akibat aktivitas pesawat terbang ini dirujuk secara khusus, sehingga tidak terdapat nilai ambang batasnya [2]. Rujukan ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012 sebagai pedoman pengukuran dan standar pengukuran kebisingan lingkungan akibat aktivitas bandara di Indonesia [3]. Belum ada Surat Keputusan Menteri Perhubungan mengenai batas daerah kebisingan, sehingga tidak diketahui

kelayakan Perumahan Angkasa Pura I untuk dijadikan pemukiman tempat tinggal. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kebisingan lingkungan untuk evaluasi kelayakan Perumahan Angkasa Pura I sebagai lokasi pemukiman berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012. Penelitian dilakukan dengan mengukur besar WECPNL di area pemukiman dan EPNL pesawat yang sering melintas di bandara Sepinggang Balikpapan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah kebisingan di area pemukiman tersebut terjadi karena kebisingan pesawat yang melampaui batas atau memang karena letaknya yang tidak sesuai (dekat dengan bandara Sepinggang Balikpapan).

## II. TEORI PENELITIAN

### A. Kebisingan

Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi/suara yang tidak diinginkan, dimana bunyi merupakan getaran mekanik pada medium gas, padat elastik, maupun cair yang dihantarkan dari sumber bunyi [4]. Kebisingan merupakan sebagai bunyi yang tidak diinginkan pada dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan [2].

### B. Metrik Evaluasi Kebisingan

Dalam mengevaluasi kebisingan lingkungan, terdapat beberapa indikator yang dapat digunakan. Indikator tersebut digunakan untuk jenis evaluasi yang berbeda-beda. Contohnya sebagai berikut: untuk evaluasi kebisingan secara umum, dapat digunakan kebisingan siang malam dan indikator setaranya, sedangkan untuk kebisingan jalan raya, digunakan metrik *Traffic Noise Index* (TNI). Untuk pesawat terbang sendiri, metrik pengukuran yang digunakan antara lain *Effective Perceive Noise Level* (EPNL), *Noise Number Index* (NNI), *Noise Exposure Forecast* (NEF), dan *Weighted Effective Continous Perceive Noise Level* (WECPNL). Dalam pengerjaan tugas akhir ini, metrik yang digunakan adalah WECPNL sebagai evaluasi kebisingan lingkungan dan EPNL sebagai evaluasi kebisingan pesawat terbang. EPNL merupakan pengembangan dari nilai *Perceive Noise Level* PNL dengan koreksi nada dan durasi. dan WECPNL adalah penyederhanaan dari EPNL yang dkkhususkan untuk mengevaluasi kebisingan lingkungan perumahan.

### C. Batas Kebisingan

Untuk evaluasi kebisingan lingkungan akibat pesawat terbang digunakan indikator pengukuran WECPNL yang



diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012 tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandara. Dalam Peraturan Pemerintah ini kawasan kebisingan akibat kegiatan bandar udara dibagi menjadi 3 kawasan [3], yaitu :

- a) Kawasan Kebisingan Tingkat I  
Kawasan yang dimanfaatkan untuk semua jenis pembangunan gedung maupun pengadaan kegiatan, kecuali untuk gedung sekolah dan rumah sakit, dan memiliki batas kebisingan  $70 \leq WECPNL < 75$
- b) Kawasan Kebisingan Tingkat II  
Kawasan yang dimanfaatkan untuk semua jenis pembangunan gedung maupun pengadaan kegiatan, kecuali untuk gedung sekolah, rumah tinggal, dan rumah sakit, batas kebisingan  $75 \leq WECPNL < 80$
- c) Kawasan Kebisingan Tingkat III  
kawasan yang dimanfaatkan untuk pembangunan bandar udara dan berbagai dan dilengkapi dengan insulasi suara, memiliki batas kebisingan  $80 \leq WECPNL$

Untuk evaluasi kebisingan pesawat terbang sendiri, didasarkan pada standar ICAO Annex 16 Volum I. [5], pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan *approach measurement point*. Untuk pengukuran *approach*, khusus pesawat dengan mesin jenis *subsonic jet* dan propeller ambang batas kebisingan maksimum adalah 105 EPNdB untuk pesawat terbang dengan sertifikasi massa *take-off* maksimum, yaitu 280,000 kg atau lebih, dengan penurunan secara linier dengan logaritma penurunan hingga 98 EPNdB pada 35,000 kg, dimana setelah ini batasnya menjadi konstan. Batas tingkat kebisingan untuk titik pengukuran *approach*, ditentukan dengan mempertimbangkan jenis pesawat dan massa *take-off* maksimalnya. Hubungan antara EPNdB maksimal dengan *take-off mass* maksimal ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$EPNdB_{max} = 86.03 + 7.75 \log M \quad (2.1)$$

Di mana M adalah Massa *take-off* maksimum dalam 1000 kg. Persamaan diatas berlaku untuk massa *take-off* maksimal  $35 \leq M < 280$ . Untuk massa *take-off* maksimum  $M \geq 280$  maka EPNdB maksimal = 105 EPNdB. Sedangkan untuk  $M < 25$  maka EPNdB maksimal = 98 EPNdB.

#### D. Penilaian WECPNL dan EPNL

Dalam melakukan penilaian tingkat kebisingan, dilakukan dengan 2 indikator, yaitu WECPNL dan EPNL. Untuk penilaian WECPNL, digunakan persamaan yang terlampir dalam Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012 tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara. Persamaan untuk menghitung nilai WECPNL adalah sebagai berikut:

$$WECPNL = dB(A) + 10 \log N - 27 \quad (2.2)$$

Di mana nilai dB(A) dan N dicari dengan persamaan dibawah ini :

$$N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4) \quad (2.3)$$

Dimana nilai dB(A) didefinisikan sebagai nilai rata-rata TTB maksimal pada 1 hari pengukuran.  $N_2$  merupakan jumlah *event* sepanjang pukul 07.00 – 19.00,  $N_3$  jumlah *event* sepanjang pukul 19.00 – 22.00, dan  $N_1$  dan  $N_4$  merupakan jumlah *event* pada pukul 24.00 – 07.00.

Prosedur penentuan nilai EPNL dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut [5]:

- a) Nilai *perceived noise* pada tiap titik data hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5

$$N(k) = 0,85 \cdot n(k) + 0,15 \sum_{i=1}^{24} n(i, k) \quad (2.4)$$

Dimana nilai n(k) adalah nilai n(i, k) terbesar dan N(k) adalah nilai total *perceive noise*. Nilai *perceive noise* digunakan untuk menghitung *perceive noise level* tiap titik data hasil pengukuran dengan persamaan 2.5.

$$PNL(k) = 40,0 + \frac{10}{\log 2} \log N(k) \quad (2.5)$$

- b) Menentukan nilai faktor koreksi nada C(k)
- c) Menentukan nilai PNL dengan koreksi nada, PNLT(k)

$$PNLT(k) = PNL(k) + C(k) \quad (2.6)$$

- d) Hasil PNLT di plot menjadi grafik flyover untuk menentukan nilai faktor koreksi durasi dengan persamaan 2.7

$$D = 10 \log \left[ \sum_{k=0}^{2d} \text{antilog} \frac{PNLT(k)}{10} \right] - PNLTM - 13 \quad (2.7)$$

- e) Nilai EPNL merupakan penambahan nilai PNLT maksimum dengan faktor koreksi durasi.

$$EPNL = PNLTM + D \quad (2.8)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijabarkan metode yang disusun dan digunakan dalam penyelesaian permasalahan. beberapa tahap dalam yang dilakukan antara lain,

#### A. Pengukuran Metrik WECPNL

WECPNL menggunakan nilai tingkat tekanan bunyi maksimal tiap terjadinya *flyover* pesawat terbang. Pengukuran untuk WECPNL dilakukan di jalan perumahan Angkasa Pura I Balikpapan, yang merupakan area terbuka. Gambar 3.1 menunjukkan denah lokasi pengukuran.



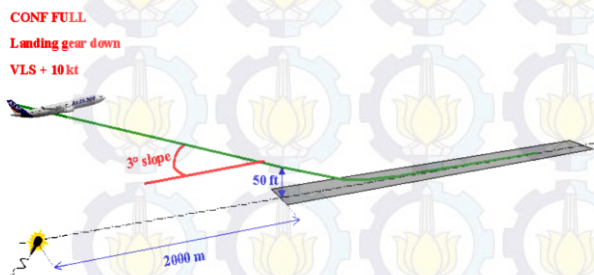
Gambar 1 Lokasi pengambilan data kebisingan di Perumahan Angkasa Pura



Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) biasa produksi dari Dekko. Sebelum pengambilan data dilakukan, SLM dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan kalibrator.

**B. Pengukuran Nilai EPNL**

Pengambilan data EPNL dilakukan dengan menggunakan titik referensi pengukuran *approach measurement point* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 sesuai dengan ICAO Annex 16 Volume 1. Pada kasus ini, titik pengukuran terletak di sekitar perumahan Angkasa Pura I. Metrik EPNL memerlukan data kebisingan tiap frekuensi per 0.5 sekon dari setiap *flyover* pesawat terbang. Data ini diambil menggunakan software dari *Yoshimasa Electronic Inc. Sound Level Meter* yang digunakan adalah produksi Rion Co., Ltd. seri NL-31. Rion berperan sebagai *microphone* dan disambungkan ke *sound card* terlebih dahulu sebelum disambungkan ke laptop sebagai input dari aplikasi *Realtime Analyzer Yoshimasa*.



**Gambar 2** Skema Pengambilan Data Kebisingan EPNL dengan *Approach Noise Measurement Point*

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi paparan hasil penelitian yang telah dilakukan. Data hasil perekaman *Yoshimasa* berupa TTb tiap frekuensi pada pencuplikan 0.5 detik. Data tersebut kemudian diolah untuk dianalisis.

**A. Perhitungan nilai WECPNL**

Berdasarkan hasil pengukuran, kemudian dapat dilakukan perhitungan nilai WECPNL untuk tiap hari pengukuran. **Tabel 1** menunjukkan hasil perhitungan untuk 6 hari pengukuran.

pada hari pertama dan 88 *event* pada hari kedua. Jika hanya berdasarkan data-data ini dapat disimpulkan bahwa nilai WECPNL pada hari pertama haruslah lebih besar dari nilai WECPNL pada hari kedua, namun yang terjadi adalah sebaliknya. Hal ini terjadi karena adanya faktor pembobot pada tiap waktu terjadinya *flyover*.

**Tabel 1** Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan WECPNL

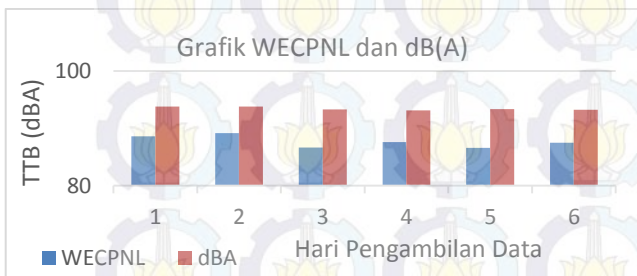
Hari Ke-	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> +N <sub>4</sub>	n	dB(A)	WECPNL
1	82	10	4	96	93.8	88.6
2	70	11	7	88	93.78	89.1
3	52	9	3	64	93.27	86.7
4	57	8	6	71	93.11	87.6
5	62	5	3	70	93.32	86.6
6	66	9	4	79	93.26	87.5

**B. Perhitungan Nilai EPNL**

Perhitungan nilai EPNL dilakukan pada 60 sampel pesawat yang diamati selama 2 hari pengambilan data. Dari 60 sampel tersebut, terbagi menjadi 5 jenis pesawat berdasarkan jenis mesin dan massa *take-off* maksimumnya

**Tabel 2** Nilai EPNL pada 5 Jenis Pesawat

Jenis Pesawat	EPNL	Jenis Pesawat	EPNL
A-1	100.85	A-20	99.80
A-2	100.14	A-21	100.18
A-3	100.27	A-22	99.85
A-4	99.51	A-23	98.69
A-5	100.03	A-24	100.52
A-6	100.99	A-25	101.57
A-7	99.60	A-26	100.16
A-8	98.86	A-27	100.43
A-9	99.76	B-1	95.68
A-10	99.80	B-2	95.87
A-11	100.44	B-3	96.00
A-12	99.88	B-4	95.13
A-13	101.07	B-5	93.31
A-14	100.92	B-6	95.05
A-15	100.03	B-7	94.14
A-16	101.15	B-8	99.80
A-17	100.91	C-1	99.86
A-18	100.44	C-2	99.34
A-19	100.55	C-3	98.84
C-4	100.08	D-5	100.07
C-5	99.06	D-7	98.86
C-6	99.34	D-8	101.42
C-7	99.66	D-9	97.85
C-8	98.94	D-10	97.89
C-9	98.81	D-11	100.89
C-10	99.61	E-1	97.23



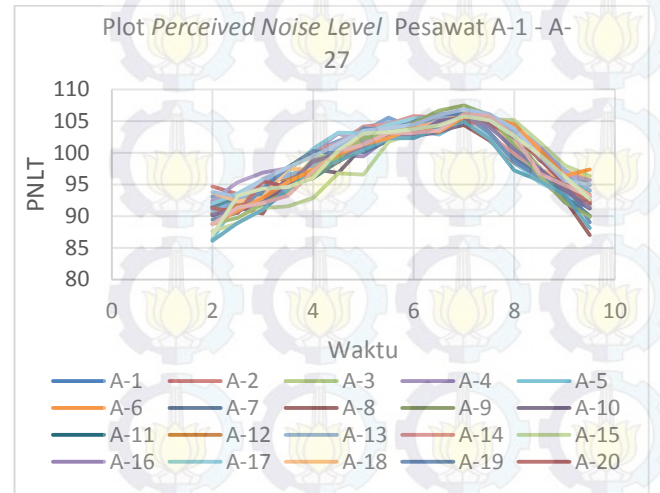
**Gambar 3** Data Nilai dB(A) dengan WECPNL pada Tiap Hari Pengambilan

Hasil perhitungan nilai WECPNL untuk semua hari pengukuran diplot pada **Gambar 3**. Terjadi kenaikan nilai WECPNL pada hari pertama ke hari kedua dengan nilai dB(A) yang dimiliki keduanya hampir sama dimana hari pertama = 93.8 dBA dan hari kedua = 93.78 dBA. Jumlah *event* pada kedua hari pun cukup berbeda yaitu 96 *event*



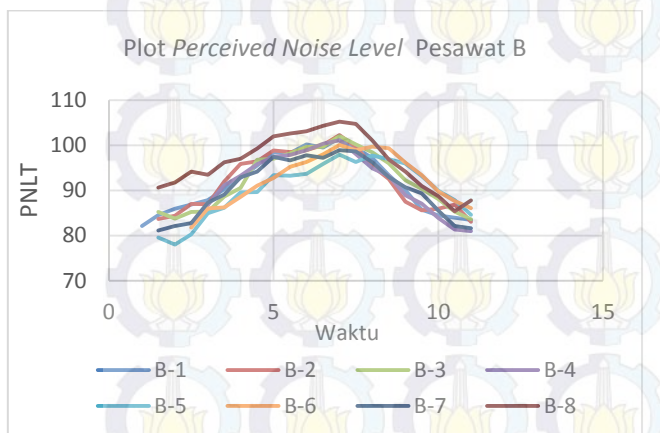
D-1	97.96	E-2	95.65
D-2	100.16	E-3	95.90
D-3	97.71	E-4	97.32
D-4	99.95	E-5	98.29

Nilai PNLT yang didapatkan dari hasil perhitungna untuk tiap pesawat diplot dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4 Grafik PNLT untuk Pesawat Tipe A (B 737-900ER)

Nilai PNLT maksimum adalah 106.84 PNdB yang merupakan nilai PNLT dari pesawat A-25. Nilai EPNL maksimum adalah 101.57 EPNdB dari pesawat A-25 dan nilai EPNL paling rendah adalah 98.7. Jika diperhatikan, pada pesawat A7, nilai PNLT = 106.51 namun memiliki nilai EPNL 99.6 EPNdB jika dibandingkan dengan pesawat A-25.



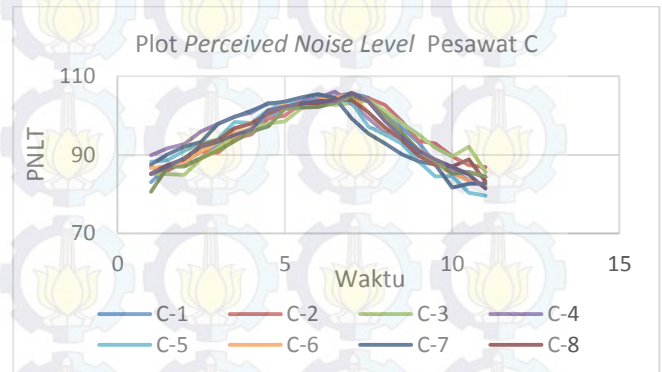
Gambar 5 Grafik PNLT untuk Pesawat Tipe B (CRJ 1000NG)

Pada Gambar 5 ditunjukkan plot PNLT untuk pesawat B, rata-rata tiap plot PNLT tiap pesawat memiliki bentuk yang hampir sama. Namun pada pesawat B-8, nilai PNLT dan EPNL maksimum berada diatas rata-rata nilai untuk pesawat jenis ini.

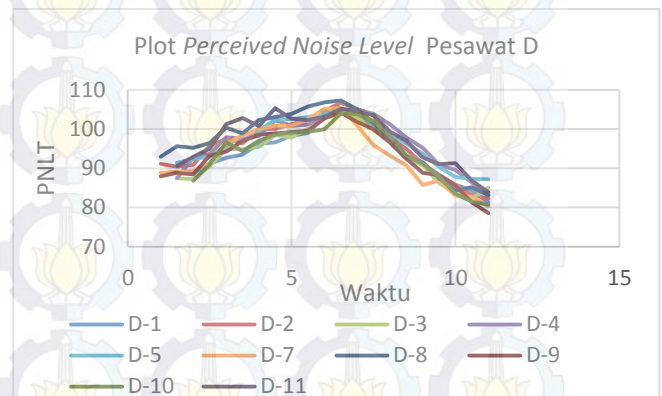
Pada Gambar 6 ditunjukkan plot PNLT untuk pesawat C, rata-rata tiap plot PNLT tiap pesawat memiliki bentuk yang hampir sama dan tidak ada satupun sampel pesawat C yang *flyover* melebihi nilai EPNL maksimal.

Pada Gambar 7 ditunjukkan plot PNLT untuk pesawat D, rata-rata tiap plot PNLT tiap pesawat memiliki bentuk yang hampir sama. Pada pesawat D, 5 dari 11 pesawat sampel, nilai EPNLnya melebihi nilai EPNL maksimumnya

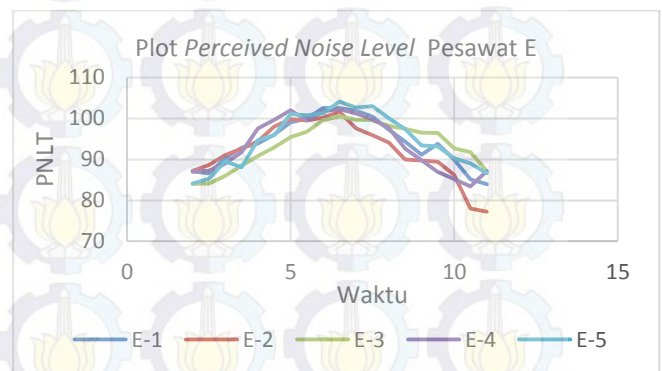
Pada Gambar 8 ditunjukkan plot PNLT untuk pesawat E, rata-rata tiap plot PNLT tiap pesawat memiliki bentuk yang hampir sama. Hanya terdapat 1 pesawat dari keseluruhan sampel yang memiliki nilai EPNL lebih dari batas maksimumnya, yaitu pada jenis ATR-42.



Gambar 6 Grafik PNLT untuk Pesawat Tipe C (B 738)



Gambar 7 Grafik PNLT untuk Pesawat Tipe D (B 737-200)



Gambar 8 Grafik PNLT untuk Pesawat Tipe E (ATR)

D. Pembahasan

Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai dB(A) untuk semua hari pengukuran memiliki nilai yang hampir sama dengan range 93.11 dBA – 93.8 dBA. Namun nilai WECPNL pada tiap hari pengambilan memiliki perbedaan yang cukup signifikan antar satu hari dengan hari yang lainnya. Dari tren yang ada, tidak terlihat adanya kecenderungan khusus pada WECPNL terhadap nilai dB(A). Jumlah pesawat yang *flyover* pada tiap hari pengukuran juga tidak memiliki hubungan secara langsung



terhadap nilai WECPNL yang dihasilkan. Jika dinilai dari sisi evaluasi kebisingan lingkungan, Perumahan Angkasa Pura I tidak layak dijadikan sebagai tempat pemukiman karena nilai WECPNL yang masuk kedalam kawasan kebisingan tingkat III. Faktor yang mempengaruhi hasil ini adalah nilai dB(A) dan jumlah event pesawat terbang. nilai dB(A) bergantung pada kebisingan yang dihasilkan oleh pesawat itu sendiri, sedangkan jumlah *event* bergantung pada operasional bandara. Dari sisi operasional bandara yang dapat dilakukan adalah mengurangi jam penerbangan pada waktu malam. Karena dari sisi WECPNL, penerbangan pada malam hari memiliki faktor pembobot yang cukup besar dibandingkan jika pada siang hari. Selain itu, noise yang dirasakan pada malam hari akan lebih mengganggu dibandingkan pada siang hari. Dari sisi pesawat terbang, harus dilihat dari hasil perhitungan EPNL untuk kebisingan pesawat terlebih dahulu.

Dari hasil perhitungan dan plot PNLT, diketahui bahwa 17% pesawat sampel tidak layak dari sisi kebisingan, hal ini dikarenakan nilai EPNLnya yang sudah melebihi nilai EPNL maksimum. Terutama pada pesawat B 737-200, dimana 46% dari sampelnya melebihi nilai EPNL maksimum. Sehingga jika dihubungkan dengan nilai WECPNL sebelumnya, seharusnya pesawat-pesawat ini tidak lagi digunakan untuk jalur penerbangan ini, karena tingkat kebisingannya sudah melebihi batas. Selain nilai TTB per frekuensi, faktor koreksi durasi juga sangat berpengaruh pada nilai EPNL pesawat terbang. Namun faktor koreksi durasi ini tidak memiliki kecenderungan yang bergantung terhadap waktu durasinya, terlihat pada saat perhitungan dimana dengan waktu durasi yang pendek, faktor koreksi durasi belum tentu memberikan faktor koreksi durasi yang kecil. Diperhatikan pada nilai TTB per frekuensi, bahwa terdapat frekuensi yang dominan pada perhitungan EPNL ini, yaitu frekuensi 400 Hz – 4000 Hz. Pada frekuensi, nilai *noys* yang menunjukkan *annoyance* pada manusia memiliki nilai yang besar, terutama pada frekuensi 3150 Hz dan 4000 Hz. Nilai TTB pada frekuensi mengalami kenaikan dan penurunan secara signifikan pada range frekuensi ini. Kebisingan pada frekuensi ini dihasilkan oleh bermacam-macam sumber bising pesawat (mesin jet, *airframe noise*). Tidak dapat diketahui secara pasti sumber kebisingan yang bertanggung jawab pada range frekuensi tersebut. Perlu dilakukan analisis frekuensi emisi untuk mengetahui sumber bising dari tiap-tiap frekuensi. *Rise time* dari semua pesawat yang *flyover* lebih panjang jika dibandingkan dengan *downtime*. Hal ini dapat disebabkan oleh letak sumber bising pesawat yang berada di depan, sehingga ketika pesawat telah lewat sumber bising yang dominan TTB akan semakin menurun.

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil pengukuran dan analisa maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai WECPNL di Perumahan Angkasa Pura I Balikpapan memiliki range nilai 86.6 – 89.1 WECPNdB, sehingga tidak layak dijadikan sebagai pemukiman tempat tinggal berdasarkan ambang kebisingan kawasan tingkat I.
2. Nilai EPNL oleh pesawat A memiliki range 99 EPNdB – 101 EPNdB, pesawat B dengan range 94 EPNdB – 96 EPNdB, pesawat C dengan range 99 EPNdB – 100 EPNdB, pesawat D dengan range 98 EPNdB – 102

EPNdB, dan pesawat E dengan range 96 EPNdB – 98 EPNdB. Dari 60 sampel pesawat, terdapat 10 pesawat yang melebihi ambang batas terutama pada pesawat C.

## BIODATA PENULIS

Nama : Elysa Margaret  
 TTL : Balikpapan, 20 Juni 1992  
 Alamat : Jl. Teknik Arsitektur J-20, Sukolilo  
 Pendidikan :

1	2010- sekarang	Teknik Fisika ITS
2	2007-2010	SMA NEGERI 1 Balikpapan
3	2004-2007	SMP NEGERI 1 Balikpapan
4	1998-2004	SD Negeri 004 Balikpapan

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bruel & Kjaer, Environmental Noise Measurement, Denmark: Bruel & Kjaer.
- [2] T. P. K. Menteri, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku tingkat Kebisingan, Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup, 1996.
- [3] Tim Penyusun Peraturan Pemerintah, Peraturan Pemerintah No. 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara, Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia, 2012.
- [4] J. R. Hassall, M.Sc. and K. Zaveri, M. Phil, Acoustic Noise Measurements, Bruel Kjaer, 1979.
- [5] ICAO, Environmental Protection Volume I, Montreal: International Civil Aviation Organization, 2008.