

PENGENDALIAN BISING INTERIOR PESAWAT TERBANG BALING-BALING (*TURBOPROP*) DENGAN *ACTIVE NOISE CONTROL*

Ahmad Kurnia
Teknik Elektro, Politeknik TEDC Bandung
E-mail: ahmad_kurnia.poltek_tedc@yahoo.com

Abstrak

Kenyamanan penumpang pesawat terbang khususnya untuk pesawat baling-baling (*turboprop*) tak terlepas dari kenyamanan dari suara bising di dalam kabin pesawat (*"interior noise"*). Bising ini ditimbulkan terutama oleh mesin dan baling-baling pesawat yang bisingnya dominan pada frekwensi rendah. Sudah menjadi sifat alam bahwa material lebih mudah untuk meloloskan frekwensi rendah dibanding frekwensi tinggi. Dengan demikian bahan insulasi badan pesawat secara umum memiliki rugi-rugi transmisi (*transmission loss* - TL) yang rendah pada frekwensi rendah dan tinggi pada frekwensi tinggi. Akibatnya bising dari baling-baling pesawat sukar ditangani secara pasif seperti dengan pemilihan dan modifikasi material insulasi badan pesawat. Oleh karena itu untuk menanganinya dikembangkan teknologi yang relatif baru, yaitu dengan membuat alat dan sistem yang dinamakan *active noise control*. *Active Noise Control* atau ANC adalah pengendalian bising secara aktif, yakni gelombang suara bising diredam dengan cara membuat gelombang suara yang mempunyai frekwensi sama tetapi fasanya berlawanan (180°), sehingga terjadi superposisi dua gelombang akhirnya yang saling menghilangkan. Penggunaan ANC pada beberapa pesawat turboprop telah berhasil menurunkan intensitas kebisingan sampai 10 dBA.

Kata Kunci: *Active Noise Control* (ANC), *Transmission Loss* (TL), Bising Interior, Pesawat Turboprop

Abstract

Aircraft passenger comfort, especially for the propeller aircraft (turboprop) can not be separated from the comfort of noise in the cabin aircraft (interior noise). This noise is generated mainly by engines and aircraft propellers whose noise is dominant at low frequencies. It is natural that materials are easier to pass low frequencies than high frequencies. Thus, airframe insulation materials generally have low transmission losses TL at low frequencies and high transmission losses at high frequencies. This is what causes, noise from the aircraft propellers is difficult to handle passively as with the selection and modification of airframe insulation material. Therefore, to handle it should be developed a new technology by making tools and systems called active noise control. Active Noise Control or ANC is an active in reducing noise where noise sound waves cancelled by making sound waves that have the same frequency but the opposite phase (180°). The result of superposition of these two waves ultimately eliminate each other. The use of ANC on some turboprop aircraft has succeeded in decreasing noise intensity up to 10 dBA.

Keywords: *Active Noise Control* (ANC), *Transmission Loss* (TL), *Interior Noise*, *Turboprop Aircraft*

I. PENDAHULUAN

Bising didefinisikan sebagai suara atau bunyi-bunyi yang tidak dikehendaki didengar oleh manusia. Bising atau *"noise"* merupakan polusi suara. Polusi atau pencemaran suara lebih berdampak *fisiologis* sedangkan bising secara luas juga dapat mempengaruhi psikologis manusia (Kurnia, 1997). Kriteria atau rumusan bising tidaklah mutlak, tergantung dari : situasi, kondisi, waktu dan tempat serta individu yang mendengarnya. Akan tetapi semua sumber suara yang memekakkan telinga dengan intensitas sangat tinggi jelas merupakan bising, seperti bising yang ditimbulkan oleh pesawat terbang. Pesawat terbang apapun jenisnya menimbulkan bising. Secara garis besar penanganan bising pesawat terbang dibagi dalam dua bidang :

Bising di dalam pesawat atau *interior noise* yakni bising yang terjadi di dalam kabin pesawat dan bising di luar pesawat atau *exterior noise* yaitu bising yang ditimbulkan oleh pesawat terhadap lingkungan luar pesawat. Bising eksterior ini berhubungan dengan sertifikasi pesawat (Kurnia, 1997) sedangkan bising interior menyangkut kenyamanan penumpang.

Pentingnya pengendalian bising di dalam kabin pesawat karena berdampak langsung pada bisnis pesawat terbang turboprop komersial. Penumpang akan enggan naik pesawat yang bising, sehingga *airline* tidak akan memilih pesawat yang tidak memiliki penanganan bising interior yang baik dan efektif.

Bising interior pesawat turboprop ditimbulkan oleh mesin pesawat termasuk

putaran baling-baling (*propeller*), *aerodynamic noise* yaitu gesekan udara luar dengan badan pesawat, bising dari sistem pengkondisian udara dan lain-lain (Zimcik D.G, 2004). Secara garis besar ada dua cara pengendalian bising didalam kabin pesawat yaitu:

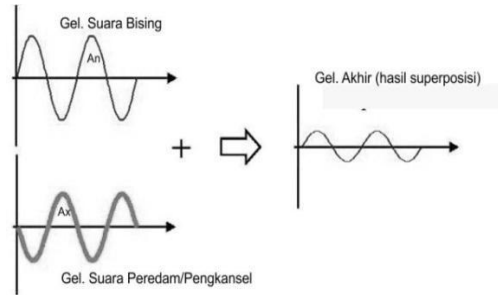
1. Secara Pasif :
 Dengan pemilihan bahan/material insulasi yang memiliki rugi-rugi transmisi (*transmission-loss*) yang tinggi, cara lain dengan memasang "*tune-damper*", dan lain-lain.
2. Secara Aktif :
 Dengan "*syncrophasing propeller*" atau dengan teknologi "*active noise control*".

Diantara kedua cara pengendalian tersebut, untuk pesawat turboprop, pengendalian secara aktif lebih efektif. Bising interior pesawat turboprop ditimbulkan oleh mesin dan baling-baling pesawat yang dominan pada frekuensi rendah. Oleh sebab itu pemilihan material dan struktur insulasi trim/badan pesawat sukar menahan bising suara baling-baling tersebut. Jadi bising dari baling-baling sukar dikendalikan secara pasif. Hal ini berbeda dengan pesawat jenis jet yang bisingnya dominan pada frekwensi tinggi, sehingga dapat ditangani dengan pemilihan material serta modifikasi struktur dinding pesawat (Alfalah dkk, 1994). Oleh karena itu untuk menangani bising interior pesawat turboprop, dikembangkanlah teknologi untuk mengendalikannya secara aktif, yaitu dengan membuat alat dan sistem yang dinamakan *active noise control*. *Active noise control* adalah pengendalian secara aktif, maksudnya gelombang mekanik suara bising dikendalikan atau diredam dengan suara lawannya dari speaker yang mempunyai frekuensi sama tetapi fasanya berlawanan, berbeda 180 derajat, sehingga terjadi superposisi 2 gelombang yang saling menghilangkan. Secara prinsip memang sederhana, akan tetapi untuk bidang tiga dimensi (ruangan) akan menjadi rumit dan tidak sesederhana itu (Satyagraha dkk, 1994).

II. LANDASAN TEORI

Prinsip Dasar Peredaman Gelombang Suara Secara Aktif

Jika gelombang bising dan peredamannya, misalkan mempunyai tekanan PN dan PX yang merupakan fungsi posisi s dan waktu t ; maka persamaan matematisnya adalah sebagai berikut (Gambar 1) (Satyagraha dkk, 1994; Kurnia, 1997).



Gambar 1. Prinsip *active noise control*

$$P_n(x,t) = A_n \exp j [k_1 (s + ct) + \Theta_1] \dots\dots\dots(1)$$

$$P_x(s,t) = A_x \exp j [k_2 (s + ct) + \Theta_2] \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

- k = bilangan gelombang
- s = jarak lintasan
- c = kecepatan suara
- An = amplitudo gelombang suara bising
- Ax = amplitudo gelombang sura peredam/ pengkansel

Jika terjadi superposisi dua gelombang :

$$PT = A_n \exp j[k_1(s+ct)+\Theta_1] + A_x \exp j[k_2(s + ct)+\Theta_2] \dots\dots\dots(3)$$

Dimisalkan frekuensi dari Pn adalah ω_1 (dimana $\omega = k \cdot c$) dan frekwensi gelombang peredam Px adalah ω_2 dan perbedaan diantara keduanya adalah : $\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1$ atau $\omega_2 = \Delta \omega + \omega_1$; maka didapat :

$$PT = [A_n \exp j(k_1.s+\Theta_1) + A_x \exp j(k_2.s+\Delta \omega.t+\Theta_2)] \exp j(\omega_1.t) \dots(4)$$

Dengan penjumlahan vektor didapatkan besar (magnitude) PT :

$$|PT| = A_n^2 + A_x^2 + 2.A_n.A_x \cos [(k_1-k_2)s \Theta_1 - \Theta_2 - \Delta\omega] \dots\dots\dots(5)$$

Active Noise Control adalah pengendalian bising dengan memberikan gelombang peredam (PX) atau anti-bising yang memiliki frekuensi sama dan beda fase terbalik (180 derajat). Akibatnya bila kedua gelombang suara tersebut memiliki frekwensi sama maka

$$|PT| = A_n^2 + A_x^2 + 2.A_n.A_x \cos (\Theta_1 - \Theta_2) \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan diatas ini menunjukkan bahwa bila frekuensi sama, magnituda hasil superposisi sudah bukan lagi fungsi ruang s dan waktu t, melainkan hanya fungsi amplituda dan sudut fasa.

Jika kedua gelombang tersebut fasanya berlawanan ($\Theta_1 - \Theta_1 = 180$ derajat), maka :

$$|PT| = A_n^2 + A_x^2 - 2 A_n.A_x = (A_n - A_x)^2 \dots\dots\dots(7)$$

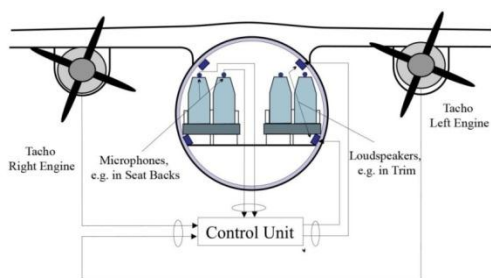
Persamaan diatas tidak lain menunjukkan bahwa hasil superposisi antara gelombang suara bising dan gelombang suara peredam dengan frekuensi sama dan beda fase = 180 derajat

adalah : $A_n - A_x$ yakni selisih amplitudo antara keduanya. Apabila $A_n = A_x$ maka amplitude yang dihasilkannya adalah nol.

Prinsip Kerja Active Noise Control (ANC)

Hal penting dan menjadi pertimbangan dalam pemakaian ANC pada pesawat terbang adalah: biayanya, beratnya dan kemampuan beroperasi

Sketsa pemakaian ANC pada pesawat terbang digambarkan pada Gambar-2 dibawah. Suara lawan atau peredam dikeluarkan dari speaker yang diletakkan didalam kabin pesawat (Johanson, 2001).



Gambar 2. Pemasangan sistem ANC pada pesawat turboprop

Prinsip kerjanya adalah : Mikropon dalam kabin dan/atau *tachometer* dari turboprop digunakan sebagai referensi suara bising yang akan diredam. Masukan referensi ini sebagai input dari sistem pengontrol yang terdiri dari komponen mikroprosesor. Setelah diolah oleh pengontrol maka pengontrol ini akan mengeluarkan sinyal output yang memiliki frekwensi sama dengan suara bising tetapi berbeda fase 180 derajat ke speaker untuk mengendalikan (meredam) suara bising yang ada.

III. PEMBAHASAN

Pemakaian *Active Noise Control* (ANC) didalam pesawat komersil turboprop mulai dilakukan. Penelitian kearah itu terus dikembangkan. GEC Marconi dari Inggris dan ANVT dari Amerika Serikat telah melakukan penelitian dan hasil produksinya siap dipasarkan.

Satu-satunya perusahaan fokus memproduksi sistem ANC khusus untuk pesawat turboprop adalah "*Ultra Electronic*" dari Inggris. Harga satu paket ANC yang ditawarkan oleh vendor "*Ultra Electronics*" luar biasa mahalnya yaitu sekitar 75.000 US dollar (atau Rp. 1 milyar untuk kurs saat ini). Paket ini lengkap dengan sertifikat, dan perusahaan tersebut sangat merahasiakan hasil produksinya kecuali kepada pabrik pesawat yang akan memakai sistem tersebut. Itupun hanya untuk pemasangannya saja. Pesawat Swedia SAAB-2000 telah mamakai sistem ANC dengan hasil yang memang cukup memuaskan, dapat menurunkan suara bising hingga 8 – 10 dBA pada BPF (*Blade Passage Frequency*) utama (GEC

Marconi Avionic, TN-250, 1994). Sedangkan untuk pesawat produksi Indonesia yakni N-250, sudah direncanakan dan didesain untuk memakai system ANC. Sayangnya program pesawat N-250 tidak berlanjut, akan tetapi Indonesia masih memproduksi pesawat turboprop seperti CN-235 dan yang terbaru adalah N-219. Sedangkan rencana kelanjutan pesawat N250 yakni R-80 yang akan diproduksi oleh PT RAI menurut perbincangan dengan Direktur PT RAI, juga akan memprioritaskan penggunaan pengendalian bising ANC dalam kabin pesawatnya. Beliau mengharapkan teknologi tersebut dirancang dan dibuat sendiri di dalam negeri karena selain lebih murah, para teknisi dan *engineer* lulusan pendidikan vokasi bidang teknik di Indonesia diyakini mampu melakukannya.

Tugas seorang engineer dan teknisi dalam membuat sistem *Active Noise Control* untuk pesawat terbang adalah dengan tahapan :

- a. Membuat Desain :
 - Membuat rangkaian elektronika dengan mikroprosesor yang dapat menghasilkan sinyal peredam. Cara membuat sinyal peredam dengan teknik domain frekwensi melalui proses pengolahan sinyal *Fast Fourier Transform* yang memungkinkan peredaman yang tepat pada frekwensi BPF.
 - Membuat rangkaian pengujian untuk mengimbangi algoritma ANC. Karena hal ini sulit ditentukan dari teori, maka pendekatan dari pengujian langsung akan menghasilkan hasil yang lebih baik (Kuo, 1996).

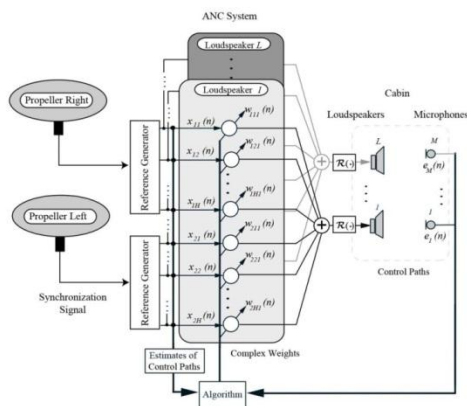
b. Membuat Perangkat Sistem ANC

Perangkat ANC dalam pesawat turboprop secara garis besar terdiri dari 3 unit/bagian :

1. **Sensor** : Terdiri dari tachometer dan/atau mikropon. Sensor ini yang mendeteksi sinyal referensi dari bising dan memberikan masukan amplitudo dan sinyal. Dapat dimasukan disini modul mikropon sebagai pengindera sinyal residu yang merupakan koreksi kesalahan untuk umpan balik unit pengontrol. Modul ini mengakomodasi frekwensi BPF dan harmoniknya (BPF2, BPF3 dst)
2. **Sistem Pengontrol** : Terdiri dari sistem Penguat dan unit kendali (processor). Tugas unit ini menganalisa frekwensi dengan Transformasi Fourier (*Fast Fourier Transform*) dan memprediksi fase dan amplitudo dari masing-masing komponen pada frekwensi BPF. Kemudian unit ini membangkitkan sinyal dengan frekwensi yang sama dengan

BPF dengan fase terbalik atau berbeda 180° (Johanson, 2001).

3. **Aktuator** : Berupa Loudspeaker dan dipasang dalam ruang tertutup. Modul aktuator harus mampu membangkitkan tekanan suara yang tinggi.



Gambar 3. Sistem peredaman bising dengan ANC (Johanson, 2001)

Gambar 3 diatas menunjukkan peredaman bising dengan ANC dengan referensi jamak dari pita sempit BPF yang dihasilkan oleh baling-baling pesawat. Keuntungan cara ini adalah pengendalian komponen bising secara aktif dari referensi sinyal dapat disintesis dan ditangani secara internal di dalam pengontrol. Akhirnya dapat ditentukan sinyal harmonik mana yang akan diredam atau dikendalikan dan mana yang tidak .

IV. KESIMPULAN

1. Masalah kebisingan pesawat terbang menjadi perhatian serius dalam industri penerbangan. Walaupun interior noise ini tidak ada regulasinya (tidak ada sertifikasi yang harus dipenuhi), kenyamanan penumpang pesawat terbang tetap menjadi prioritas maskapai penerbangan (*airliner*).
2. Interior noise, bising yang dirasakan didalam kabin pesawat sangat mengganggu kenyamanan penumpang terutama untuk jenis pesawat turboprop yang bisingnya dominan pada frekwensi rendah yang sukar dikendalikan secara pasif.
3. Karena kesukaran meredam suara bising dari baling-baling pesawat yang berfrekwensi rendah, maka pemakaian sistem Active Noise Control (ANC) yang tidak merubah struktur didalam kabin pesawat adalah merupakan solusinya.
4. Dengan perkembangan teknologi mikroprocessor saat ini, para teknisi dapat merancang sendiri sistem ANC pada pesawat turrboprop dengan biaya

yang lebih murah dibandingkan dengan vendor .

5. Teknologi ANC juga dapat dikembangkan untuk menangani bising interior pada kendaraan selain pesawat terbang, juga pada ruangan tertutup di industri yang terganggu oleh bising dari suara mesin produksi.
6. Pengembangan teknologi ANC telah memunculkan bidang keilmuan baru dalam Teknik Elektro Pemrosesan Sinyal dan Teknik Akustik yakni rumpun keilmuan ELEKTRO-AKUSTIK.

DAFTAR PUSTAKA

Alfalah, Dhini, I.B Ardhana Putra, Soenarko Benyamin.1994.*Kendali Suara Aktif dalam Pesawat Terbang Turboprop*.Jurusan Teknik Fisika ITB dan Sumeru, Dept Noise & Protection System Direktorat Teknologi IPTN. Makalah publikasi ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI-KIM).

GEC-Marconi Avionics.1994.*Polyttonal Noise Control for Aircraft*.Technical Note Number 250-R-2691 Revision dated June 1994.

Johanson Sven dan Claesson Inguar.2001.*Active Noise Control in Propeller Aircraft*.Dept. of Telecommunications & Signal Processing, Blekinga Institute of Technology , Ronneby, Swedia.sven.johansson@its.hk-r.se.

Kurnia, Ahmad.1997.*Aircraft Noise*. Materi Basic Aircraft Training Direktorat Teknologi PT IPTN Bandung, Juli 1997.

Kurnia, Ahmad.1995.*Prediksi & Simulasi Bising Eksterior Pesawat Turboprop*. Makalah Seminar Nasional Akustik, Teknik Fisika ITB, Oktober 1995.

Sen, M. Kuo, PhD dkk.1996.*Design of ANC Systems with the TMS320 Family*. Texas Instrument.

Styagraha, Tedja, Putra Ardhana & Trisnobudi Amoranto.1994.*Studi Active Noise Contrisnobudiol dalam Cerobong Segi Empat : Kasus Kanselasi Bising Nada Tunggal*.Jurusan Teknik Fisika ITB. Makalah publikasi ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI-KIM).

Zimcik, D.G.2004. *Active Control of Aircraft Cabin NoisE*.Institue for Aerospace Research, Ottawa, Ontario Canada.Makalah Simposium "Habitability of Combat and Transport Vehicles" Republik Czech , 4 – 7 Okt 2004.