

Faktor-faktor yang mempengaruhi Teknologi Pengurangan Intensitas Kebisingan pada Pesawat: Sistem, Desain dan Resiko

Adinda Safura¹, Rizky Aminah Handayani Sanjaya², Sunardi³,
Virma Septiani⁴, Thursina Andayani⁵, Dedy Kurniadi⁶

¹ Mahasiswi Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang,
e-mail: adindasafuraasf@gmail.com

² Mahasiswi Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang,
e-mail: rizkyahndyn@gmail.com

³ Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang,
e-mail: sunardi@poltekbangplg.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang,
e-mail: virmasseptiani@poltekbangplg.ac.id

⁵ Dosen Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan, Politeknik Penerbangan Palembang,
e-mail: thursina@poltekbangplg.ac.id

*Corresponding Author: adindasafuraasf@gmail.com

| Received: xx-xx-xxxx

| Revised: xx-xx-xxxx

|| Accepted: xx-xx-xxxx

Abstract:

The effect of aircraft operations at the airport is noise. Noise is a loud sound whose frequency is excessive and undesirable, so that it has an effect on physical conditions and psychology such as hearing loss and other health hazards. To reduce the intensity of noise that can have a negative impact on health, there are efforts that can be made by applying noise reduction technology on aircraft. In determining aircraft noise reduction technology, there are several factors that need to be considered such as the system, design, and risks that can occur if you ignore the application of the technology, therefore this article reviews it. The purpose of writing this article is to build a hypothesis of the influence between variables to be used in further research. The research method used in this research is literature review based on several journals and previous related research. The results of this study are: 1) System affects aircraft noise reduction technology; 2) Design affects aircraft noise reduction technology; and 3) Risk affects aircraft noise reduction technology. This research is expected to be a reference for further researchers in the field of industrial technology, especially aviation.

Keywords: Airport, Aircraft Noise, System, Design, Risk

Introduction

Perkembangan Negara Indonesia telah menjadi alasan peningkatan intensitas pengguna transportasi khususnya di bidang penerbangan. Hal ini terjadi karena penerbangan memberikan dampak besar dalam peningkatan mobilitas domestik dan mancanegara. Peningkatan mobilitas transportasi penerbangan di Indonesia akhirnya diatur dalam suatu tempat yang dikenal dengan bandar udara. Bandara merupakan suatu area yang memiliki sarana dan prasarana untuk dapat mengakomodir proses pergerakan pesawat seperti landing dan take off melalui pesawat terbang bersamaan dengan penumpang dan barang-barang yang diangkut (Fortuna, 2019). Pengaruh yang timbul akibat operasi pesawat udara di bandara ialah kebisingan. Kebisingan merupakan bunyi keras yang frekuensinya berlebihan dan tidak



diinginkan, sehingga memberikan efek pada kondisi fisik serta psikologi seperti terjadinya penurunan pendengaran dan bahaya kesehatan lainnya (Balirante dkk., 2020). Berdasarkan data dari Depkes RI tahun 2006, telah dilakukan analisis oleh World Health Organization (WHO) yang menyatakan bahwa terdapat 278 juta orang menderita gangguan pendengaran pada tahun 2005, 75-140 juta penderitanya terdapat di Asia Tenggara dikarenakan kebisingan di tempat kerja. Resiko gangguan yang muncul akibat intensitas kebisingan dapat berupa gangguan pendengaran, gangguan tidur, dan gangguan kardiovaskular bagi masyarakat sekitar ataupun petugas bandara.

Gangguan pendengaran atau NIHL adalah jenis kehilangan pendengaran yang disebabkan oleh paparan suara keras secara terus-menerus, seperti yang dihadapi oleh para pekerja di bandara maupun masyarakat yang tinggal di sekitar area bandara (Syahputra, 2019). Faktor yang mempengaruhi terjadinya NIHL pada petugas operasional dan penduduk di sekitar bandara yaitu intensitas, frekuensi paparan, usia serta jenis kelamin. Gangguan pendengaran yang dialami ditempat kerja lebih banyak dialami oleh pekerja pria dibandingkan wanita. Hal ini disebabkan oleh intensitas pekerjaan sering dilakukan oleh pria dibanding wanita (Junianto & Moningga, 2014). Selain gangguan pendengaran terdapat pula gangguan tidur akibat kebisingan pesawat di malam hari yang menyebabkan penurunan pada sistem imun tubuh manusia (Saputra & Rohmah, 2016). Penurunan sistem imun akibat gangguan tidur ini juga mempengaruhi fungsi tubuh hingga meningkatkan tekanan darah yang menyebabkan gangguan kardiovaskular. Paparan kebisingan dalam waktu yang sering akan menyebabkan perubahan resisten pembuluh darah tepi, denyut nadi dan tekanan darah (Sancini dkk., 2014).

Analisis yang dilakukan dari Departemen SMS dan OSH Bandara Internasional Juanda Surabaya menyatakan bahwa seringkali petugas operasional bandara mengabaikan untuk menggunakan APD seperti earmuff dan ear plug terutama pada personel marshellar (Ramadhan, 2019). Petugas marshellar seringkali merasa sudah terbiasa dengan keadaan lapangan dan ingin menyelesaikan tugas secara cepat sehingga mengabaikan SOP yang sudah ditetapkan. Keadaan ini menyebabkan timbulnya risiko gangguan pendengaran pada personel bandara, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Selain pada personel bandara, masyarakat yang tinggal disekitar bandara juga terkena dampak yang tidak semestinya. Bandara Internasional Husein Sastranegara berlokasi dekat dengan perumahan TNI AU, sehingga intensitas kebisingan yang diterima penduduk sekitar lebih tinggi dibandingkan dengan penduduk yang tinggal disekitar jalan raya yang memiliki intensitas kebisingan yang lebih stabil (Ramadhan dkk, 2019). Metode pengurangan intensitas kebisingan pesawat dapat dilakukan lewat pesawat terbang secara aktif dan pasif. Metode pengurang intensitas kebisingan pada pesawat aktif ini berfokus pada penggunaan sistem yang dipasangkan atau dirancang pada pesawat, contohnya pemasangan sistem Active Noise Control (ANC), pengoptimalan bentuk badan dan sayap pesawat, Acoustic Boundry Control (ABC), pemasangan Chevrons Mixer pada exhaust nozzles. Seluruh sistem ini direncanakan untuk dapat meminimalisir kebisingan dari mesin dan mengefisiensi kebisingan dari roda pesawat. Selain di pesawat, upaya pengurangan intensitas kebisingan juga dilakukan oleh pihak bandara seperti, menggunakan noise barrier walls di sekitar bandara, penanaman pohon disekitar bandara, penggunaan APD lengkap oleh petugas operasional bandara, dan pemeriksaan rutin akan kesehatan pendengaran petugas operasional bandara setiap satu bulan sekali.

Masing-masing metode yang telah dijelaskan sebelumnya memiliki keunggulan dan kelemahan. Pada sistem ANC sering digunakan untuk meredam kebisingan pada interior kabin pesawat (Kurnia, 2018), sehingga kenyamanan yang diperoleh hanya didapatkan oleh penumpang di dalam pesawat. Masyarakat atau petugas operasional bandara tidak mendapatkan keuntungan ini karena sistem yang digunakan hanya memfokuskan pada interior kabin pesawat. Penggunaan sistem ABC merupakan gabungan antara sistem ANC dengan sistem Active Structural Acoustic Control (ASAC) yang dapat mengontrol kebisingan berdasarkan cara kerja awal dari kedua sistem sebelumnya, sehingga sistem ini mampu menekan kebisingan interior akibat sumber kendali aktif dan struktural (Liu dkk., 2022). Selanjutnya ialah optimalisasi bentuk mesin pesawat yang dilakukan dengan mendesain bentuk mesin turbofan agar terbentuk saluran peredam kebisingan pada mesin pesawat (Sadeghian & Bandpy, 2020). Terakhir dalam sistem aktif ini ialah penggunaan chevron pada nozzle pesawat yang terbukti dapat



mengurangi tingkat kebisingan yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi pencegah kebisingan lainnya (Rask dkk., 2016).

Secara umum, pengurangan intensitas kebisingan yang dilakukan dari sudut bandara seperti pembangunan noise barrier walls, melalui pengukuran menggunakan sound level meter ditemukan adanya efektivitas pendirian noise barrier di kawasan perumahan warga dalam meredam kebisingan dari jalan raya (Ola dkk., 2020). Sehingga Pembangunan yang direncanakan di bandara juga harus dilakukan agar efek bising yang dihasilkan oleh pesawat tidak mengganggu pemukiman warga. Selain itu, upaya penanaman pohon disekitar bandara memiliki angka efektif yang rendah yaitu antara 3,69-16,04%, hal ini disebabkan karena tidak meratanya lokasi penanaman. Maka dari itu, jika ingin melakukan upaya ini diperlukan jenis pohon yang memiliki daun tebal dan kaku, dengan kerapatan yang baik daunnya (Resiana, 2015). Penggunaan APD dan pemeriksaan rutin pendengaran petugas operasional ini juga termasuk dukungan dari pihak bandara dalam mengurangi resiko terjadinya gangguan kesehatan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas untuk membangun hipotesis untuk riset selanjutnya, yaitu: (1) Apakah sistem berpengaruh terhadap teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat; (2) Apakah desain teknologi berpengaruh terhadap teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat; (3) Apakah resiko berpengaruh terhadap teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat. Oleh karena itu, diperlukan adanya penerapan sistem yang dapat mengurangi kebisingan pesawat udara agar resiko terjadi gangguan kesehatan dapat dikurangi. Hal ini akan memberikan dampak positif bagi petugas operasional bandara dan masyarakat sekitar bandara. Artikel ini membahas pengaruh sistem, desain, dan resiko yang perlu dipertimbangkan dalam menerapkan teknologi pengurangan intensitas kebisingan pada pesawat, suatu studi literature dalam bidang penerbangan.

Literature Review

Teknologi Pengurangan Intensitas Kebisingan Pesawat

Teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat merupakan teknologi yang digunakan dalam menurunkan tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh suatu pesawat melalui beberapa metode dan alat yang dipasangkan pada pesawat (Sofia & Hakiki, 2020). Sumber kebisingan yang dihasilkan oleh suatu pesawat udara berasal dari lokasi yang bervariasi, seperti dari mesin, kipas pesawat, roda pesawat, hingga struktur badan pesawat itu sendiri sehingga perlu penanganan yang berbeda dari tiap sumber kebisingan tersebut. Salah satu teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat yang dapat diterapkan adalah pemasangan muffler pada mesin pesawat sehingga terdapat pengurangan kebisingan pesawat hingga 21,587 dB. Adapun indikator atau dimensi yang mempengaruhi teknologi pengurangan kebisingan pesawat berdasarkan penelitian (Sofia & Hakiki, 2020) yaitu model dan ukuran.

Teknologi inovatif lainnya yang dirancang untuk dapat mengurangi kebisingan pesawat yaitu dengan mengimplementasikan peredam kebisingan pada mesin dan badan pesawat. Teknologi peredam kebisingan pesawat digunakan untuk mengurangi tingkat kebisingan pesawat yang dihasilkan dari pesawat. Adapun sumber kebisingan yang dihasilkan berasal dari mesin, kipas pesawat, flap, dan jet, sehingga terdapat beberapa teknologi yang diusulkan seperti Acoustic boundary control dan chevrons mixer pada knalpot nozzle pesawat (Sadeghian & Gorji, 2020). Oleh karena itu, pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sadeghian dan Gorji dapat diketahui bahwa indikator yang mempengaruhi teknologi pengurangan kebisingan pesawat yaitu (Sadeghian & Gorji, 2020) frekuensi gelombang, susunan sensor, jumlah chevron, dan struktur chevron.

Penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat juga telah dilakukan oleh sebagian besar industri penerbangan. Tantangan yang muncul dalam penerapan teknologi ini ialah konsumsi bahan bakar yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan oleh Leylekian menyatakan bahwa perlu diadakan integrasi antara mesin dan badan pesawat agar dihasilkan pengurangan intensitas kebisingan pada pesawat sehingga mesin akan terlindungi, walaupun masih belum ditemukan cara agar mengurangi konsumsi bahan bakar yang berlebih. Maka dari itu, diusulkan penerapan open rotor architecture (OR) untuk mengurangi kebisingan paling besar yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh baling-baling tunggal



(Leylekian dkk., 2014). Indikator yang mempengaruhi teknologi pengurangan Intensitas kebisingan pesawat ialah (Leylekian dkk., 2014) struktur baling-baling dan jarak kedua baling-baling.

Teknologi pengurangan intensitas kebisingan berkerja dengan mengurangi tingkat kebisingan yang tinggi dari beberapa sumber kebisingan yang dihasilkan pesawat. Salah satu penyumbang kebisingan ialah roda pendaratan pesawat. (Zhao dkk., 2020) Kebisingan yang dihasilkan oleh roda pesawat terjadi terutama saat melakukan pendaratan. Dalam penerapannya, Teknologi pengurang kebisingan ini diaplikasikan dalam bentuk pemasangan fairing, optimalisasi komponen roda pesawat, dan aktuator plasma. Indikator atau dimensi yang memepengaruhi penerapan teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat pada penelitian (Zhao dkk., 2020) yaitu komponen roda pendaratan dan tekanan resonansi pada rongga roda pendaratan. Teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat ini sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Zubayer & Wu, 2018), (Thomas dkk., 2017), (Nesbitt, 2019).

Sistem

Sistem aktif merupakan sistem yang menggunakan prinsip akustik secara aktif dalam mengontrol kebisingan pesawat dengan cara mengurangi gelombang suara yang dihasilkan oleh pesawat. Sistem aktif dalam teknologi pengurangan kebisingan pesawat menggunakan perangkat elektronik dan metode dinamis untuk mengurangi kebisingan. Kontrol kebisingan dalam teknologi aktif ini diterapkan dalam bentuk sistem yang disusun untuk mengurangi kebisingan pesawat dengan menggunakan teknologi canggih agar dapat menetralkan suara bising secara real-time menggunakan perangkat elektronik. Salah satu contoh sistem aktif adalah teknologi active noise control yakni dengan mengubah gelombang suara bising yang diredam menggunakan gelombang suara yang mempunyai frekuensi sama tetapi berlawanan, sehingga terjadi superposisi dua gelombang yang akhirnya saling menghilangkan (Kurnia, 2018). Dimensi atau indikator sistem aktif pada teknologi pengurang kebisingan pesawat oleh (Kurnia, 2018) meliputi mikrofon, sensor, dan speaker (perangkat fisik) untuk mendeteksi suara yang tidak diinginkan dan menghasilkan gelombang suara yang berlawanan untuk menetralkan kebisingan tersebut.

Metode pengurangan kebisingan pesawat secara aktif dilakukan dengan menggunakan metode pemisahan gelombang, yaitu dengan memisahkan gelombang akustik menjadi dua gelombang, yaitu gelombang datang (gelombang yang dihasilkan dari sumber kebisingan yang bergerak dengan kecepatan konstan) dan gelombang pantulan (gelombang yang dihasilkan akibat gelombang datang yang menabrak suatu penghalang sehingga kembali ke semula). Pemisahan gelombang akustik ini dilakukan dengan penerapan peredam mode akustik yang menghasilkan pengurangan tingkat penurunan kebisingan secara global pada pesawat yang menerapkan sistem ini, dibandingkan dengan membuat suasana di dalam kabin pesawat yang tenang (Mylonas dkk., 2024). Dimensi atau indikator yang mempengaruhi sistem aktif berdasarkan penelitian (Mylonas dkk., 2024) yaitu (efektivitas penempatan) ketepatan pemasangan lokasi peredaman kebisingan di dalam kabin dan jumlah peredam mode akustik.

Metode pengurangan kebisingan pesawat secara pasif dilakukan dengan pemasangan struktur riblet untuk mengurangi kebisingan pesawat. Struktur riblet ini dikenal sebagai kontrol aliran pasif yang terinspirasi dari hiu yang berenang cepat. Dengan adanya struktur riblet pada pesawat akan merubah struktur turbulen pesawat, sehingga mempengaruhi sumber tekanan dalam lapisan badan pesawat. Sumber tekanan dalam lapisan badan pesawat akan mempengaruhi munculnya sumber kebisingan. Penelitian sebelumnya menyatakan adanya pengaruh positif dari penerapan struktur riblet pesawat melalui variasi dinding tekanan sehingga mengurangi tingkat perambatan gelombang suara (Pakatchian dkk., 2023). Indikator atau dimensi yang mempengaruhi sistem pasif pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Pakatchian dkk., 2023) yaitu modifikasi struktur desain badan pesawat yang dibuat sedemikian rupa seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Sistem aktif dan pasif yang diterapkan dalam mengurangi kebisingan pesawat sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya (Bagha & Modak, 2015), (Kumar & Modak, 2014), (Ingraham, 2023), (Wang dkk., 2019).

Desain



Desain yang dapat diterapkan untuk meredam kebisingan dilakukan dengan beberapa upaya, salah satunya dengan mengusulkan desain optimalisasi multiobjektif yang dapat meningkatkan kinerja akustik kabin pesawat secara efektif melalui peredaman kebisingan mesin dalam kabin pesawat, hal ini ditujukan untuk menjaga keamanan dan kenyamanan penumpang yang berada di dalam pesawat termasuk dengan pilot dan awak kabin (Gao & Qiang, 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut didapatkan dimensi atau indikator desain berupa penurunan kebisingan kabin pesawat dengan rata-rata frekuensi 3-4 dB melalui optimalisasi struktur pelat (Gao & Qiang, 2018).

Optimalisasi desain yang baik untuk mengurangi kebisingan pesawat udara juga diterapkan pada bilah turbin mesin pesawat. Penelitian yang dilakukan oleh (Pochkin & Khaletskiy, 2015) bahwa perlu adanya desain bilah stator turbin yang dipasang miring dengan merubah gradien tekanan radial stator dan rotor pada mesin turbin. Bilah stator turbin yang dipasang miring dapat menghasilkan suara pesawat yang lebih senyap dibandingkan dengan pemasangan biasanya. Hal ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan kinerja turbin melalui pengurangan aliran sekunder yang memberikan tekanan statis secara radial. Indikator pada penelitian yang dilakukan oleh (Pochkin & Khaletskiy, 2015) adalah posisi pemasangan bilah turbin dan modifikasi distribusi tekanan statis yang dapat mengurangi frekuensi kebisingan pada baling-baling pesawat hingga 5,0 dB.

Diantara alternatif desain yang telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya, terdapat desain efektif dengan memilih model sayap terbang karena dapat memberikan reduksi kebisingan yang lebih baik dibandingkan dengan desain sayap tergabung. Hal ini terjadi karena mesin akan menggunakan sistem propulsi yang terdistribusi. Sistem propulsi merupakan sistem yang berfungsi untuk mengurangi kebisingan yang dihasilkan oleh pesawat udara (Campos, 2014). Adapun dimensi atau indikator dalam penelitian yang dilakukan oleh (Campos, 2014) berupa struktur desain sayap pesawat dan besarnya output kebisingan hingga 10 dB, sehingga membuat kebisingan yang dihasilkan pesawat udara tidak terdengar diluar kawasan bandara. Tentunya hal ini akan memberikan penurunan resiko dan menjadi konsep yang dicanangkan untuk solusi jangka panjang dalam dunia teknologi pengurangan kebisingan pesawat. Desain teknologi untuk mengurangi kebisingan pesawat sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Sadeghian & Gorji, 2020), (Torija & Self, 2018), (Domogalla dkk., 2022).

Resiko

Noise Induced Hearing Loss (NIHL) merupakan penyakit yang mengganggu sistem saraf sensorineural telinga pada penderita yang kebanyakan merupakan pekerja dengan lingkungan kerja yang tingkat kebisingannya tinggi. Kerusakan sistem sensorineural ini dipengaruhi oleh frekuensi paparan dengan intensitas kebisingan yang tinggi sehingga merusak sel-sel rambut telinga (Adhi dkk., 2023). Indikator atau dimensi yang mempengaruhi resiko NIHL yang sering ditemukan pada lingkungan kerja pada penelitian yang dilakukan oleh (Adhi dkk., 2023) meliputi frekuensi paparan kerja dan intensitas kebisingan yang tinggi.

Resiko yang dihasilkan oleh adanya polusi kebisingan juga terdapat pada masyarakat yang lingkungan tempat tinggalnya berlokasi di daerah yang dekat dengan sumber kebisingan transportasi salah satunya ialah gangguan tidur. Waktu paparan polusi kebisingan yang paling berbahaya ialah di malam hari, tentunya hal ini terjadi akibat terganggunya waktu istirahat masyarakat yang umumnya tidur di malam hari. Pengaruh kebisingan di malam hari dapat memberikan efek secara tidak langsung karena akan mengganggu sistem biologis (Halperin, 2014). Indikator atau dimensi yang mempengaruhi resiko terjadinya gangguan tidur pada penelitian (Halperin, 2014) yaitu durasi, kualitas tidur, dan polusi kebisingan di malam hari.

Gangguan kardiovaskular juga menjadi salah satu resiko yang timbul akibat adanya paparan kebisingan dengan frekuensi yang sering. Lingkungan kerja yang berisik hingga menghasilkan kebisingan dengan intensitas tinggi menyebabkan pekerjaanya mengalami gangguan kardiovaskular seperti infark miokard, stroke, dan hipertensi. Beberapa penyakit yang disebutkan sebelumnya memiliki gejala yang tidak terlalu signifikan sehingga seringkali diabaikan oleh penderita (Indriyanti Hesti Leli dkk., 2019). Indikator atau dimensi yang mempengaruhi resiko gangguan kardiovaskular berdasarkan penelitian



yang dilakukan oleh (Indriyanti dkk., 2019) yaitu intensitas kebisingan yang tinggi dan lingkungan tempat kerja. Resiko yang terjadi akibat adanya intensitas kebisingan tinggi sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah (Nafalia dkk., 2014), (Mulya dkk., 2022), (Amalia dkk., 2021).

Method

Metode penulisan artikel ilmiah ini menggunakan metode kualitatif dan studi pustaka (library research) dimana penulis mengkaji beberapa informasi dan teori yang saling berhubungan satu sama lain. Informasi didapatkan dari beberapa sumber seperti jurnal, buku, penelitian terdahulu yang berkaitan dengan variabel yang dibahas pada penelitian ini. Sehingga bahan pustaka yang didapat tersebut dapat dianalisis secara kritis untuk mendapatkan dukungan proposisi dan gagasannya.

Dalam penelitian metode kualitatif, kajian pustaka yang digunakan harus berdasarkan teori-teori yang relevan dengan variabel yang dibahas. Penelitian kualitatif bertujuan untuk mengungkap fenomena secara menyeluruh. Penelitian kualitatif bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis pendekatan induktif, sehingga proses dan makna berdasarkan perspektif subjek lebih ditonjolkan dalam penelitian kualitatif (Fadli, 2021).

Results and Discussion

Pengaruh Sistem terhadap Teknologi Pengurangan Intensitas Kebisingan Pesawat

Sistem teknologi pengurang kebisingan pesawat adalah kumpulan teknik dan perangkat yang digunakan untuk mengurangi tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh pesawat selama beroperasi. Pada pembahasan ini sistem teknologi pengurang kebisingan pesawat memiliki beberapa indikator seperti perangkat fisik, efektivitas penempatan, material pesawat. Berikut ini merupakan pembahasan indikator tersebut: a) Perangkat fisik, perangkat fisik ini mencakup pemasangan mikrofon, sensor, dan speaker di dalam kabin pesawat dengan mengubah gelombang suara bising yang diredam menggunakan gelombang suara yang mempunyai frekuensi sama tetapi berlawanan, sehingga terjadi superposisi dua gelombang yang akhirnya saling menghilangkan; b) Efektivitas penempatan, berdasarkan metode pemisahan gelombang menggunakan peredam mode akustik lokasi penempatan menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan peredam; c) Material pesawat, pemilihan material pesawat menggunakan struktur riblet yang dapat mempengaruhi sumber tekanan dalam lapisan badan pesawat. Sumber tekanan dalam lapisan badan pesawat akan mempengaruhi munculnya sumber kebisingan (Giladi & Menachi, 2024).

Beberapa indikator sistem tersebut mempengaruhi indikator teknologi pengurangan kebisingan pesawat yaitu model dan ukuran, frekuensi gelombang, dan tekanan resonansi rongga pendaratan. Indikator teknologi pengurangan kebisingan pesawat memiliki penjelasan sebagai berikut: a) Model dan ukuran, teknologi pengurangan kebisingan dipilih berdasarkan model dan ukuran pesawat udara. pesawat jet membutuhkan model dan ukuran yang lebih canggih dibandingkan dengan pesawat komersial; b) Frekuensi gelombang, kebisingan pesawat dihasilkan berdasarkan frekuensi yang berbeda tergantung dengan jenis pesawat; c) Tekanan resonansi, kebisingan yang dihasilkan oleh resonansi akustik dalam rongga pesawat, seperti rongga pendaratan atau kompartemen mesin (Yacoub, 2019).

Untuk meningkatkan potensi penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat yang harus dilakukan oleh industri penerbangan ialah, meningkatkan efektivitas penempatan perangkat fisik yang sesuai dengan model dan ukuran pesawat udara. Hal ini dilakukan karena mikrofon, sensor, dan speaker yang dipasangkan di dalam kabin pesawat dengan tepat dapat menghilangkan gelombang suara tinggi yang dihasilkan. Selain itu, material pesawat mempengaruhi tingginya frekuensi gelombang yang dihasilkan, hal ini terjadi karena material pesawat mempengaruhi tingginya frekuensi gelombang yang dihasilkan karena sifat fisik dan akustik material tersebut memengaruhi bagaimana gelombang suara berinteraksi dengan struktur pesawat (Mir dkk., 2023). Sistem berpengaruh terhadap teknologi pengurangan kebisingan pesawat, apabila sistem dipasangkan dengan lokasi dan struktur yang tepat maka akan terjadi penurunan tingkat



kebisingan selama penerbangan. Maka dari itu, perlu adanya integrasi teknologi dengan sistem aktif dan pasif pada pesawat untuk memberikan pengaruh positif terhadap pengurangan intensitas kebisingan pesawat. Hal ini dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan penumpang saat berada di dalam kabin pesawat ataupun di bandara dan sekitarnya. Sistem yang berpengaruh terhadap teknologi pengurangan kebisingan pesawat ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Berton, 2023), (Morris & McLaughlin, 2018), (Mohammadi, 2023).

Pengaruh Desain terhadap Teknologi Pengurangan Intensitas Kebisingan Pesawat

Desain adalah proses merancang atau menciptakan sesuatu dengan memperhatikan estetika, fungsi, dan tujuan. Pada pembahasan ini desain teknologi pengurang kebisingan pesawat meliputi rancangan yang diaplikasikan pada mesin ataupun badan pesawat untuk mengurangi suara yang dihasilkan oleh pesawat saat beroperasi. Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak kebisingan terhadap penumpang, petugas operasional bandara, dan masyarakat lingkungan sekitar bandara. Terdapat beberapa indikator yang mempengaruhi desain teknologi pengurangan kebisingan pesawat seperti struktur pelat, modifikasi distribusi tekanan statis, dan struktur sayap pesawat. Berikut ini pembahasan indikator desain: a) Struktur pelat, penggunaan material yang lebih ringan dan desain multiobjektif yang dapat menyerap getaran dan meredam suara membantu mengurangi kebisingan yang dipancarkan dari permukaan pesawat; b) Modifikasi distribusi Tekanan statis, posisi dan orientasi bilah turbin dipasangkan secara miring menjadi saran optimal karena mempengaruhi aliran udara dan getaran yang dihasilkan; c) Struktur sayap pesawat, struktur sayap tergabung menjadi solusi penurunan intensitas kebisingan karena menggunakan sistem propulsi yang terdistribusi. Beberapa indikator desain tersebut mempengaruhi indikator teknologi pengurangan kebisingan pesawat yaitu model dan ukuran, frekuensi gelombang, dan tekanan resonansi rongga pendaratan (Perez dkk., 2020).

Untuk meningkatkan potensi penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat hal yang harus dilakukan oleh industri penerbangan ialah, memilih struktur pelat yang tepat. Struktur pelat yang memiliki material ringan dengan desain multiobjektif dapat mempengaruhi frekuensi gelombang melalui beberapa mekanisme. Desain multiobjektif dalam konteks ini berarti bahwa pelat dirancang untuk mengoptimalkan beberapa faktor sekaligus, seperti kekuatan, berat, peredaman suara, dan frekuensi resonansi. Selain itu, struktur sayap tergabung dengan desain sayap yang menggunakan material komposit seperti serat karbon dapat membantu mengurangi berat dan meningkatkan kekuatan, serta memiliki potensi untuk meredam getaran dan kebisingan yang dihasilkan oleh sayap sesuai dengan model dan ukuran pesawat yang tersedia. Indikator lain yang mempengaruhi penerapan teknologi pengurang kebisingan pesawat ialah posisi dan orientasi bilah turbin yang dipasang secara miring (atau biasanya disebut dengan chevron) sehingga dapat mempengaruhi frekuensi gelombang dan membantu dalam mengurangi kebisingan pesawat (Wani dkk., 2022).

Desain berpengaruh terhadap teknologi pengurangan kebisingan pesawat, apabila desain dioptimaliskan dengan baik oleh industri penerbangan maka akan dapat meningkatkan kualitas dan efektivitas teknologi penurunan kebisingan pesawat. Dengan memperhatikan desain yang sesuai melalui penggabungan teknologi pengurangan kebisingan secara efektif, industri pesawat tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis dan regulasi, tetapi juga meningkatkan pelayanan dan pengalaman pelanggan (Felix dkk., 2021). Desain berpengaruh terhadap teknologi pengurangan kebisingan pesawat, hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Akbarali & Periyasamy, 2020), (Sivasankar & Balamurugan, 2017), (Sreedath & Senthil, 2015).

Pengaruh Resiko terhadap Teknologi Pengurangan Intensitas Kebisingan Pesawat

Resiko adalah potensi terjadinya peristiwa atau kondisi yang dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap suatu hal. Dalam konteks yang lebih luas, risiko mencakup kemungkinan terjadinya kejadian yang tidak diinginkan atau merugikan. Dalam hal ini risiko menjadi salah satu



hal yang menjadi pertimbangan penerapan teknologi pengurangan intensitas kebisingan pesawat karena terdapat berbagai penyakit yang timbul akibat kebisingan pesawat seperti gangguan pendengaran, masalah kardiovaskular, dan gangguan tidur. Resiko tersebut dapat dihindari dengan penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Resiko yang terjadi akibat kebisingan memiliki Indikator atau dimensi yang berpengaruh terhadap teknologi pengurangan intensitas kebisingan, seperti frekuensi paparan, lingkungan kerja dan intensitas kebisingan yang tinggi. Berikut ini pembahasan indikator resiko: a) Frekuensi Paparan, umumnya pekerja bandara di lapangan memiliki resiko terpapar kebisingan yang lebih besar di bandingkan dengan pekerja lainnya. Hal ini terjadi akibat paparan kebisingan yang rutin diterima sehingga dapat memacu kerusakan sistem tubuh terutama pendengaran; b) Lingkungan Kerja, pekerja dengan lokasi kantor yang berada di dekat sumber kebisingan seperti bandara, pelabuhan, terminal bus, dan stasiun kereta lebih rentan terpapar gangguan kesehatan dibandingkan dengan lokasi lainnya yang lebih tenang; c) Intensitas Kebisingan, tingkat atau volume suara yang dihasilkan oleh sumber kebisingan, seperti mesin pesawat, kendaraan, atau peralatan lainnya menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi resiko terjadinya gangguan kesehatan akibat paparan kebisingan. Beberapa indikator resiko diatas mempengaruhi indikator teknologi pengurang kebisingan pesawat seperti komponen roda pendaratan, frekuensi gelombang, dan struktur baling-baling pesawat (Ricciardi dkk., 2021)

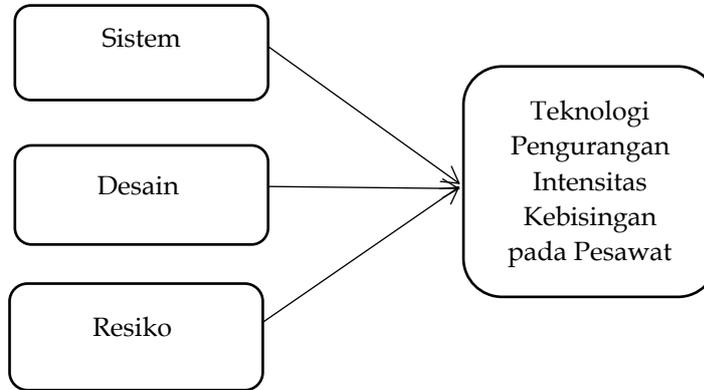
Untuk meningkatkan potensi penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat hal yang harus dilakukan oleh industri penerbangan ialah, melihat frekuensi paparan kebisingan yang diterima oleh pekerja dan masyarakat sekitar. Dampak yang ditimbulkan akibat frekuensi paparan kebisingan oleh pesawat ini dapat dikurangi dengan optimalisasi komponen roda pendaratan pesawat. Optimalisasi ini diterapkan dengan menggunakan *fairing* atau penutup yang bersifat aerodinamis pada roda pendaratan untuk mengurangi *drag* dan kebisingan yang dihasilkan dari aliran udara yang tidak stabil. Selain itu, menurunkan intensitas kebisingan yang tinggi di lingkungan bandara dengan memperhatikan struktur baling-baling pesawat. Hal ini dilakukan dengan mengoptimalkan jumlah baling-baling dan sudut *pitch* (kemiringan) untuk mengurangi kebisingan. Baling-baling yang lebih banyak dengan *pitch* yang tepat dapat menghasilkan aliran udara yang lebih stabil dan kebisingan yang lebih kecil (Yu dkk., 2024).

Resiko berpengaruh terhadap penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat, apabila resiko dipersepsikan dengan baik oleh industri penerbangan, maka dapat menurunkan intensitas kebisingan yang dihasilkan oleh pesawat udara, sehingga baik penumpang, petugas bandara, dan Masyarakat yang tinggal disekitar bandara dapat terhindar dari resiko gangguan kesehatan (Orikpete dkk., 2024). Resiko berpengaruh terhadap penerapan teknologi pengurangan kebisingan pesawat, hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan (Nguyen dkk., 2023), (Münzel dkk., 2021), dan (Nguyen dkk., 2023).



Berdasarkan rumusan masalah, kajian teori, penelitian terdahulu yang relevan dan pembahasan pengaruh antar variabel, maka diperoleh kerangka berfikir artikel ini seperti di bawah ini.

Gambar 1.
Research Framework Formatting Rules:



Berdasarkan gambar conceptual framework di atas, sistem, desain dan resiko berpengaruh terhadap teknologi pengurangan intensitas kebisingan pada pesawat. Selain dari tiga variabel tersebut, terdapat beberapa variabel lain yang mempengaruhinya diantaranya adalah:

- a) Material (Widodo dkk., 2017).
- b) Lokasi alat Peredam (Kurnia, 2018).

Table 1.
Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Author (tahun)	Hasil Riset terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	(Kurnia, 2018)	Sistem aktif, pasif (x1), dan Lokasi alat peredam (x5) berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengurangan kebisingan	-	Sistem aktif dan pasif berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengurangan kebisingan dengan cara pemasangan "tune-dumper" dan "syncrophasing propeller"
2	(Shania Hafitsa Mulya dkk., 2022)	Resiko (x3) berpengaruh signifikan terhadap gangguan pendengaran, kalitas tidur, dan kardiovaskular.	Resiko berpengaruh signifikan terhadap gangguan pendengaran, kalitas tidur, dan kardiovaskular.	-
3	(Lintong, 2013)	Resiko (x3) akibat kebisingan yang terjadi akibat dari paparan kebisingan yang berkepanjangan berpengaruh signifikan terhadap kesehatan seperti peningkatan tekanan darah, gangguan psikologis, gangguan komunikasi, gangguan keseimbangan dan gangguan pendengaran.	-	Resiko akibat kebisingan yang terjadi akibat dari paparan kebisingan yang berkepanjangan berpengaruh signifikan terhadap gangguan psikologis, gangguan komunikasi, gangguan keseimbangan.



4.	(Widodo dkk., 2017)	Desain (x2) kaca ganda dan material (x4) signifikan terhadap pengurangan kebisingan	-	Sistem kaca ganda berpengaruh signifikan terhadap pengurangan kebisingan
5.	(Mongeau dkk., 2013)	Desain <i>Turbofan</i> , sayap campuran (x2) berpengaruh terhadap pengurangan kebisingan dan efisiensi lingkungan dari pesawat	Desain <i>Turbofan</i> , sayap campuran berpengaruh terhadap pengurangan kebisingan dan efisiensi lingkungan dari pesawat	-
6.	(Gorji-Bandpy & Azimi, 2012)	Sistem <i>noise control</i> , struktur riblete, pemisahan gelombang (x1) berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengurangan kebisingan	Sistem <i>noise control</i> , struktur riblete, pemisahan gelombang berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengurangan kebisingan	-
7.	(Mongeau dkk., 2013)	Desain <i>Turbofan</i> , sayap campuran, optimalisasi multiobjektif (x2) berpengaruh terhadap pengurangan kebisingan dan efisiensi lingkungan dari pesawat	Desain <i>Turbofan</i> , sayap campuran, optimalisasi multiobjektif berpengaruh terhadap pengurangan kebisingan dan efisiensi lingkungan dari pesawat	-
8.	(Sunarto dkk., 2022)	Desain <i>Winglet</i> pada <i>Propeller</i> UAV (x2) berpengaruh signifikan terhadap kebisingan pesawat	-	Desain <i>Winglet</i> pada <i>Propeller</i> UAV berpengaruh signifikan terhadap kebisingan pesawat
9.	(Fahreza dkk., 2019)	Desain pemasangan penghalang atau bangunan peredam (x2) kebisingan berpengaruh signifikan terhadap kebisingan pesawat	-	Desain pemasangan penghalang atau bangunan peredam kebisingan berpengaruh signifikan terhadap kebisingan pesawat

Conclusion

Berdasarkan kesimpulan di atas, terdapat banyak faktor lain yang mempengaruhi teknologi pengurangan kebisingan pesawat pada artikel ini. Selain dari desain, sistem, dan resiko terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penerapan teknologi pengurang kebisingan pesawat. Oleh karena itu, masih diperlukan kajian lebih lanjut untuk mencari faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi teknologi pengurangan kebisingan pesawat. Adapun beberapa variabel lain yang mempengaruhi penerapan teknologi pengurang kebisingan pesawat yaitu material dan lokasi alat peredam kebisingan.

Acknowledgement

Dalam penulisan artikel ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah terlibat baik melalui dukungan dan bimbingan yang diberikan. Adapun ucapan tersebut ditujukan kepada Ibu Direstu Amalia, St., M. S., ASM. sebagai dosen pembimbing mata kuliah metode penelitian, Prodi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang dan teman-teman TRBU 02.

References

Adhi, A. Y., Martono, W. B., & Fuad, W. (2023). Analisis Faktor Risiko Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Akibat Kerja pada Pekerja Pabrik PT Kayu Perkasa Raya. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, 10(3). <https://doi.org/10.33024/jikk.v10i3.9488>

Akbarali, I. M., & Periyasamy, S. (2020). Design and Analysis of Nozzle for Reducing Noise Pollution. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 17(1).



- Amalia, R. D., Jayanti, S., Kurniawan, B.; Elfiza, R., Marliyawati, D.; Jesson, J., Matheson, L., Lacey, F. ;, Bashiruddin, J., Alviandi, W., Bramantyo, B. E. A., Iskandar, N., Restuti, R. D., Ding, T., Liu, Y. A., Rangkooy, K., Rashnuodi, H. A., Monjezi, P., Salehy, M., & Bavandpour, A. (2021). Faktor-faktor Risiko yang Berhubungan dengan Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Pada Pekerja d Industri Manufaktur. *Diponegoro Med J (Jurnal Kedokt Diponegoro)*, 5(879).
- Bagha, A. K., & Modak, S. V. (2015). Structural Sensing of Interior Sound for Active Control of Noise in Structural-acoustic Cavities. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(1). <https://doi.org/10.1121/1.4922235>
- Balirante Meylinda, Lefrandt Lucia, & Kumaat Meike. (2020). Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas di Jalan Raya Ditinjau dari Tingkat Baku Mutu Kebisingan yang Diizinkan. *Jurnal Sipil Statik*, 8, 249–256.
- Berton, J. J. (2023). Variable Noise Reduction Systems for a Notional Supersonic Business Jet. *Journal of Aircraft*, 60(3). <https://doi.org/10.2514/1.C037019>
- Campos, L. M. B. C. (2014). On the Reduction of the Engine and Aerodynamic Noise of Aircraft. *Internoise 2014 - 43rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control*.
- Domogalla, V., Bertsch, L., Plohr, M., Stumpf, E., & Spakovszky, Z. S. (2022). Low-Noise Design of Medium-Range Aircraft for Energy Efficient Aviation. *Aerospace*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/aerospace9010003>
- Fadli, M. R. (2021). Memahami Desain Metode Penelitian Kualitatif. *Humanika*, 21(1). <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1.38075>
- Fahreza, L., Fachrul, M. F., & Wijayanti, A. (2019). Intensitas Kebisingan Berdasarkan Jenis Tipe Pesawat Terbang Di Bandar Udara Internasional Minangkabau, Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 4(2). <https://doi.org/10.33021/jenv.v4i2.768>
- Felix Greco, G., Bertsch, L., Ring, T. P., & Langer, S. C. (2021). Sound Quality Assessment of a Medium-range Aircraft with Enhanced Fan-noise Shielding Design. *CEAS Aeronautical Journal*, 12(3). <https://doi.org/10.1007/s13272-021-00515-9>
- Fortuna, L. (2019). Kajian Tingkat Kebisingan Di Terminal 3 Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta, Tangerang, Provinsi Banten. Skripsi-2016.
- Gao, J., & Qiang, N. (2018). Multi-objective Optimized Design for Intermediate-Frequency Noise Reduction in Aircraft Cabins. *Wireless Personal Communications*, 102(4), 3737–3747. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5405-2>
- Giladi, R., & Menachi, E. (2024). Validating Aircraft Noise Models: Aviation Environmental Design Tool at Heathrow. *Journal of Air Transport Management*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102557>
- Gorji-Bandpy, M., & Azimi, M. (2012). Airframe noise sources and reduction technologies in aircraft. *Noise and Vibration Worldwide*, 43(9). <https://doi.org/10.1260/0957-4565.43.9.29>
- Halperin Demian. (2014). Environmental Noise and Sleep Disturbances: A Threat to Health? *Journal PubMed*, 210–212.



- Indriyanti Hesti Leli, Puspita Kurnia Wangi, & Simanjuntak Kristina. (2019). Hubungan Paparan Kebisingan terhadap Peningkatan Tekanan Darah pada Pekerja. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 15(1), 36–45.
- Ingraham, D. (2023). Low-Noise Propeller Design with the Vortex Lattice Method and Gradient-Based Optimization. <https://doi.org/10.2514/6.2023-2039>
- Junianto, H., & Moningga, M. (2014). Gangguan Pendengaran pada Pekerja di tempat Hiburan Malam di Kota Manado. *Jurnal E-Biomedik*, 2(1). <https://doi.org/10.35790/ebm.2.1.2014.4082>
- Kumar, A., & Modak, S. V. (2014). Feedback Control Strategies for Active Structural Acoustic Control of Interior Noise. 21st International Congress on Sound and Vibration 2014, ICSV 2014, 4.
- Kurnia Ahmad. (2018). Pengendalian Bising Interior Pesawat Terbang Baling-baling (Turboprop) dengan Active Noise Control. *Jurnal TEDC*, 12(2), 88–91.
- Leylekian, L., Lebrun, M., & Lempereur, P. (2014). An Overview of Aircraft Noise Reduction Technologies. *AerospaceLab*, 1(7).
- Lintong, F. (2013). Gangguan Pendengaran akibat Bising. *Jurnal Biomedik (JBM)*, 1(2). <https://doi.org/10.35790/jbm.1.2.2009.815>
- Liu, X., Zhao, D., Guan, D., Becker, S., Sun, D., & Sun, X. (2022). Development and progress in aeroacoustic noise reduction on turbofan aeroengines. *In Progress in Aerospace Sciences* (Vol. 130). <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2021.100796>
- Mir, F., Mandal, D., & Banerjee, S. (2023). Metamaterials for Acoustic Noise Filtering and Energy Harvesting. *In Sensors* (Vol. 23, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/s23094227>
- Mohammadi, N. (2023). Airborne and Structure-Borne Noise Control in the MB Truck Cabin Interior by the Noise Reduction in the Transmission Path. *Archives of Acoustics*, 48(1). <https://doi.org/10.24425/aoa.2022.142908>
- Mongeau, L., Huff, D., & Tester, B. (2013). Aircraft noise technology review and medium and long term noise reduction goals. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 19. <https://doi.org/10.1121/1.4800944>
- Morris, P. J., & McLaughlin, D. K. (2018). Noise and Noise Reduction in Supersonic Jets. *In Flinovia-Flow Induced Noise and Vibration Issues and Aspects-II: A Focus on Measurement, Modeling, Simulation and Reproduction of the Flow Excitation and Flow Induced Response*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76780-2_6
- Münzel, T., Steven, S., Hahad, O., & Daiber, A. (2021). Noise and Cardiovascular Risk: Nighttime Aircraft Noise Acutely Triggers Cardiovascular Death. *In European Heart Journal* (Vol. 42, Issue 8). <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa984>
- Mylonas Dimitrios, Erspamer Alberto, Yiakopoulos Christos, & Antoniadis Ioannis. (2024). Global Control of Propeller-Induced Aircraft Cabin Noise Using Active Sound Absorbers. *Journal of Sound and Vibration*, 573(17).
- Nafalia, D., Husein, A., & Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, J. (2014). Faktor-Faktor Yang Berhubungan dengan Terjadinya Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Pada Pekerja PT Mekar Armada Jaya. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 5(4).



- Nesbitt, E. (2019). Current Engine Noise and Reduction Technology. In *CEAS Aeronautical Journal* (Vol. 10, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s13272-019-00381-6>
- Nguyen, D. D., Whitsel, E. A., Wellenius, G. A., Levy, J. I., Leibler, J. H., Grady, S. T., Stewart, J. D., Fox, M. P., Collins, J. M., Eliot, M. N., Malwitz, A., Manson, J. A. E., & Peters, J. L. (2023). Long-term Aircraft Noise Exposure and Risk of Hypertension in Postmenopausal Women. *Environmental Research*, 218. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115037>
- Ola, F. B., Prasetya, M. C., Renwarin, M. R. P., Kitti, C., & Purwanto, F. (2020). Identification of Noise Level and Indication of its Impact on Residential Barrier Design in Street Edge. *ARTEKS : Jurnal Teknik Arsitektur*, 5(1). <https://doi.org/10.30822/arteks.v5i1.195>
- Orikpete, O. F., Dennis, N. M., Kikanme, K. N., & Ewim, D. R. E. (2024). Advancing Noise Management in Aviation: Strategic Approaches for Preventing Noise-Induced Hearing Loss. *Journal of Environmental Management*, 363, 121413. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2024.121413>
- Pakatchian, M. R., Rocha, J., & Li, L. (2023). Advances in Riblets Design. In *Applied Sciences* (Switzerland) (Vol. 13, Issue 19). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. <https://doi.org/10.3390/app131910893>
- Perez, M., Ezzine, M., Billon, K., Clair, V., Marjono, J., & Collet, M. (2020). Design and Optimization of Piezoelectric Actuators for Aeroacoustic Noises Control in A Turbofan. *ASME 2020 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, SMASIS 2020*. <https://doi.org/10.1115/SMASIS2020-2436>
- Pochkin, Y., & Khaletskiy, Y. (2015). Aircraft Fan Noise Reduction Technology Using Leaned Stator Blades. *Procedia Engineering*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.047>
- Ramadhan, A. (2019). Analisis Intensitas Kebisingan Penyebab Risiko Noise Induced Hearing Loss di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 3(2).
- Ramadhan, N. P., Fachrul, M. F., & Widyatmoko, W. (2019). Kawasan Kebisingan Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara, Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 4(2). <https://doi.org/10.33021/jenv.v4i2.767>
- Rask, O. H., Gutmark, E. J., & Martens, S. (2006). Broadband shock associated noise suppression by chevrons. *Collection of Technical Papers - 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting*, 1. <https://doi.org/10.2514/6.2006-9>
- Resiana, F. (2015). Efektivitas Penghalang Vegetasi sebagai Peredam Kebisingan Lalu Lintas di Kawasan Pendidikan Jalan Ahmad Yani Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 3(1). <https://doi.org/10.26418/jtllb.v3i1.9290>
- Ricciardi, T. R., Wolf, W. R., Moffitt, N. J., Kreitzman, J. R., & Bent, P. (2021). Numerical Noise Prediction and Source Identification of a Realistic Landing Gear. *Journal of Sound and Vibration*, 496. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.115933>
- Sadeghian, M., & Gorji Bandpy, M. (2020). Technologies for Aircraft Noise Reduction: A Review. *J Aeronaut Aerospace Eng*, 9(1).



- Sancini, A., Caciari, T., Rosati, M. V., Samperi, I., Iannattone, G., Massimi, R., Loreti, B., Scala, B., Sacco, C., Tomei, F., & Tomei, G. (2014). Can Noise Cause High Blood Pressure? Occupational Risk in Paper Industry. *Clinica Terapeutica*, 165(4). <https://doi.org/10.7417/CT.2014.1747>
- Saputra, O., & Rohmah, W. (2016). Gangguan Tidur Akibat Kebisingan Lingkungan Malam Hari dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan. *Majority*, 5(3).
- Shania Hafitsa Mulya, Dwi Rahmat, & Didit Yudhanto. (2022a). Noise Induced Hearing Loss (NIHL) pada Nelayan Pengguna Kapal Penangkap Ikan. *Lombok Medical Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.29303/lmj.v1i2.1632>
- Sivasankar, G. A., & Balamurugan, S. (2017). Virtual Analysis of Chevron Nozzle Lobe Design Modification. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*, 7(1). <https://doi.org/10.5958/2249-7315.2017.00007.7>
- Sofia, E., & Hakiki, I. A. (2020). Analisis Pengaruh Pemasangan Muffler pada Mesin Pesawat tanpa Awak LSU 02 terhadap Tingkat Kebisingan. *Infomatek*, 22(2). <https://doi.org/10.23969/infomatek.v22i2.3304>
- Sreedath, M. K., & Senthil Kumaran, S. (2015). Analysis of Chevron Nozzle Lobe Design Modification for Reducing Noise Pollution in Aircraft. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(49).
- Sunarto, S. F. M., Fatra, O., & Alfaridzi, A. Y. (2022). Analisis Pengaruh Winglet pada Propeller UAY terhadap Thrust dan Kebisingan yang Dihasilkan. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 6(2). <https://doi.org/10.31543/jtm.v6i2.747>
- Syahputra, A. (2019). Tingkat Pengetahuan Terhadap Gangguan Pendengaran dan Ketulian Akibat Bising pada Pegawai Funworld Mall Panakkukang Makassar. In *FK Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Thomas, R. H., Guo, Y., Berton, J. J., & Fernandez, H. (2017). Aircraft Noise Reduction Technology Roadmap Toward Achieving the NASA 2035 Noise Goal. *23rd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*, 2017. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3193>
- Torija, A. J., & Self, R. H. (2018). Aircraft Classification for Efficient Modelling of Environmental Noise Impact of Aviation. *Journal of Air Transport Management*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.12.007>
- Wang, L., Diskin, B., Lopes, L. V., Nielsen, E. J., Lee-Rausch, E., & Biedron, R. T. (2019). High-fidelity Multidisciplinary Design Optimization of Low-noise Rotorcraft. *The Vertical Flight Society - Forum 75: The Future of Vertical Flight - Proceedings of the 75th Annual Forum and Technology Display*. <https://doi.org/10.4050/f-0075-2019-14456>
- Wani, I. N., Chaitanya, S., Singh Sisodiya, D., & Kulshreshtha, A. (2022). Design And Acoustic Analysis of N8 Chevron Nozzle with Varied Tip Angle(β). *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN, 19(2).
- Widodo, S., Loebis, M. N., & Talarosha, B. (2017). Penurunan Tingkat Kebisingan Ruang Kerja melalui Optimalisasi Fungsi Jendela Kaca pada Gedung Administrasi Bandar Udara Studi Kasus di Bandar Udara Juanda Surabaya. *Jurnal Koridor*, 8(1). <https://doi.org/10.32734/koridor.v8i1.1331>



- Yacoub, R. R. (2019). Analisis Gelombang Suara Mesin Pesawat Saat Lepas Landas di Bandar Udara Internasional Supadio Pontianak. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 5(1.1). <https://doi.org/10.24036/jtev.v5i1.1.106157>
- Yu, K., Ko, J., Jeong, J., & Lee, S. (2024). Comparative Analysis of Fixed-pitch and Variable-pitch Control Systems for Multirotor Drones: Acoustic Characteristics and Rotor Phase Control. *Journal of Sound and Vibration*, 573. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2023.118187>
- Zhao, K., Okolo, P., Neri, E., Chen, P., Kennedy, J., & Bennett, G. J. (2020). Noise Reduction Technologies for Aircraft Landing Gear-A Bibliographic Review. *In Progress in Aerospace Sciences* (Vol. 112). <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2019.100589>
- Zubayer, M. H., & Wu, J. (2018). Modal Analysis of Commercial Aircraft Engine Noise Source and Noise Reduction Technology. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3208854.3208902>

