MEDIC NUTRICIA

Jurnal Ilmu Kesehatan

Vol. 24 No 3 Tahun 2026

Cahaya Ilmu Bangsa

Analisis Peningkatan Fisiologis Akibat Kebisingan Mesin *Steam Turbin Generator* Pada Pekerja Bagian *Maintenance* Di Pt X Kota Batam Tahun 2026

Ilham Kurniadi Ritonga[1]

[1]Program Studi Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibnu Sina, Batam, Indonesia

E-mail penulis korespondensi: 201013241031@uis.ac.id

ABSTRACT

Noise from steam turbine generator (STG) machines is a physical hazard that may act as a stressor and alter workers' physiological function. Noise levels in the STG area of PT X in Batam reached 98 dBA, exceeding the threshold limit value of 85 dBA, while evidence on the acute physiological effects of noise among power plant workers in Batam remains limited. This study aimed to analyze the increase in blood pressure, pulse rate, and respiratory rate among maintenance workers after working in the STG area. A quantitative pre-experimental study with a one-group pretest-posttest design was conducted on 47 maintenance workers selected through total sampling. Noise was measured using a sound level meter, while blood pressure, pulse rate, and respiratory rate were measured before and after work. Data were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test and Spearman's rank correlation. A total of 74.5% of workers were exposed to noise of 85 dBA or higher. Abnormal blood pressure increased from 61.7% to 95.7%, tachycardia from 0% to 83.0%, and tachypnea from 0% to 97.9%. All physiological parameters increased significantly after work ($p < 0.001$), whereas noise intensity was not significantly correlated with post-work physiological values ($p > 0.05$). Working in the noisy STG area was accompanied by a significant rise in physiological load, although the design cannot separate the effect of noise from other factors such as heat and physical workload. Noise control, work-rest scheduling, and stricter hearing protection compliance are recommended.

***Keywords**: noise; blood pressure; pulse rate; respiratory rate; steam turbine generator; occupational health*

Abstrak

Kebisingan mesin *steam turbine generator* (STG) merupakan bahaya fisik yang dapat berperan sebagai stresor dan mengubah fungsi fisiologis pekerja. Tingkat kebisingan di area STG PT X Batam mencapai 98 dBA, melampaui nilai ambang batas (NAB) 85 dBA, sementara bukti mengenai efek akut kebisingan terhadap fisiologis pekerja pembangkit listrik di Batam masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis peningkatan tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan pekerja bagian *maintenance* setelah bekerja di area STG. Penelitian kuantitatif *pre-*

Article history
Received: November 2026
Reviewed:November 2026
Published: November 2026
Plagirism checker no 234.8576

Copyright : Author Publish by : Nutricia

This work is licensed under a creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license

experimental dengan rancangan *one-group pretest-posttest* ini melibatkan 47 pekerja yang dipilih dengan *total sampling*. Kebisingan diukur menggunakan *sound level meter*, sedangkan tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan diukur sebelum dan setelah bekerja. Data dianalisis dengan uji *Wilcoxon signed-rank* dan korelasi *Spearman*. Sebanyak 74,5% pekerja terpapar kebisingan ≥85 dBA. Tekanan darah tidak normal meningkat dari 61,7% menjadi 95,7%, takikardia dari 0% menjadi 83,0%, dan takipnea dari 0% menjadi 97,9%. Seluruh parameter fisiologis meningkat bermakna setelah bekerja ($p < 0,001$), sedangkan intensitas kebisingan tidak berkorelasi bermakna dengan nilai fisiologis setelah bekerja ($p > 0,05$). Bekerja di area STG yang bising disertai peningkatan beban fisiologis yang bermakna, meskipun rancangan penelitian tidak dapat memisahkan pengaruh kebisingan dari faktor lain seperti panas dan beban kerja fisik. Disarankan pengendalian kebisingan, pengaturan waktu kerja-istirahat, dan pengawasan kepatuhan alat pelindung telinga.

Kata kunci: kebisingan; tekanan darah; denyut nadi; frekuensi pernapasan; *steam turbine generator*; kesehatan kerja

PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) tidak hanya menjadi kewajiban, tetapi juga kebutuhan bagi setiap pekerja dan setiap bentuk kegiatan kerja, karena berdampak positif terhadap keberlanjutan produktivitas.[1] Perkembangan industri yang pesat diiringi pemakaian mesin yang hampir selalu menghasilkan kebisingan. Kebisingan tingkat tinggi dapat menimbulkan gangguan pendengaran sementara hingga permanen, pusing, mengantuk, tekanan darah tinggi, stres emosional, gangguan tidur, dan kelelahan, serta menimbulkan kerugian ekonomi bagi industri.[2] Dalam klasifikasi bahaya di tempat kerja, mesin dan tekanan termasuk faktor bahaya fisik yang dapat menyebabkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja.[3]

Kebisingan yang tinggi atau berlangsung terus-menerus tidak hanya berdampak pada indra pendengaran. Suara bising direspons tubuh sebagai stresor yang mengaktifkan sistem saraf simpatis dan sumbu hipotalamus-hipofisis-adrenal (*hypothalamic-pituitary-adrenal*/HPA), sehingga terjadi pelepasan hormon stres seperti adrenalin dan kortisol.[4,5] Aktivasi ini mengubah parameter fisiologis pekerja, antara lain tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan. Apabila paparan berlangsung berulang dalam jangka panjang, perubahan yang semula bersifat sementara berpotensi berkembang menjadi gangguan kesehatan yang menetap, seperti hipertensi dan gangguan kardiovaskular.[4,5]

Salah satu sumber kebisingan yang dominan di industri adalah pembangkit listrik, khususnya mesin *steam turbine generator* (STG) yang bekerja pada putaran, tekanan, dan suhu uap yang tinggi. Pemetaan kebisingan di area pembangkit listrik tenaga uap menunjukkan bahwa operasional turbin dan generator menghasilkan tingkat bising yang melampaui standar baku.[6] Pekerja di area tersebut, seperti operator, petugas *patrol check*, dan teknisi pemeliharaan, terpapar bising dalam durasi panjang, terutama karena sistem kerja bergilir (*shift*). Penelitian pada pekerja industri melaporkan hubungan antara paparan bising dan perubahan tekanan darah serta denyut nadi.[7–9]

PT X, perusahaan di Kota Batam, mengoperasikan STG sebagai sumber pembangkit listrik untuk kebutuhan operasionalnya. Pengukuran pada studi pendahuluan di awal April 2026 menunjukkan intensitas kebisingan di area STG mencapai 98 dBA, melebihi NAB 85 dBA untuk 8 jam kerja per hari.[3] Terdapat 47 pekerja yang bertugas di area tersebut dengan durasi paparan 8–10 jam per hari. Tiga pekerja yang diwawancarai mengeluhkan pusing, sulit berkonsentrasi, jantung berdebar, dan mudah lelah.

Kajian tentang kebisingan selama ini lebih banyak berfokus pada gangguan pendengaran, sedangkan kajian mengenai pengaruhnya terhadap kondisi fisiologis, seperti tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan, masih terbatas, khususnya pada pekerja pembangkit listrik di Batam. Penelitian ini menggunakan pendekatan *pretest-posttest* dalam satu siklus kerja untuk mengamati perubahan fisiologis akut pada pekerja yang sama. Hipotesis penelitian adalah terdapat peningkatan tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan pekerja setelah bekerja di area STG. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis peningkatan fisiologis (tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan) akibat kebisingan mesin STG pada pekerja bagian *maintenance* di PT X Kota Batam tahun 2026.

METODE

Desain dan partisipan penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif *pre-experimental* dengan rancangan *one-group pretest-posttest*, yaitu pengukuran dilakukan pada kelompok yang sama sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) bekerja di area *steam turbine generator* (STG). Penelitian dilaksanakan di PT X, Kecamatan Sagulung, Kota Batam, Kepulauan Riau, pada bulan Februari–Juli 2026. Populasi penelitian adalah seluruh pekerja di area mesin STG sebanyak 47 orang. Sampel diambil dengan teknik *total sampling* (sampling jenuh), yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sampel karena

jumlah populasi relatif kecil.[10] Dengan demikian, seluruh 47 pekerja bagian *maintenance* yang bertugas di area STG menjadi responden tanpa ada yang dikeluarkan. Mereka menjalankan pemeliharaan, pelumasan, dan *patrol check* di sekitar Unit 1 dan Unit 2 *Turbine-Generator* dengan durasi paparan 8–10 jam per hari.

Alat dan pengumpulan data

Data primer diperoleh langsung di lokasi kerja melalui pengukuran intensitas kebisingan, tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan pekerja. Data sekunder berupa profil perusahaan diperoleh dari PT X. Alat yang digunakan adalah *sound level meter* untuk intensitas kebisingan, *sphygmomanometer* untuk tekanan darah,[11] sensor *pulse oximetry* untuk denyut nadi, dan *stopwatch* untuk menghitung frekuensi pernapasan. Hasil pengukuran dicatat pada lembar pengukuran dan dikompilasi dalam tabel induk (*master data*) menggunakan laptop.

Prosedur pengukuran

Pengukuran kebisingan dilakukan dengan *sound level meter* pada titik-titik ukur di sekitar kedua unit mesin STG (*noise mapping*). Area dibagi ke dalam tiga zona berdasarkan jarak dari sumber suara, yaitu Zona 1 (intensitas tinggi, radius ≤1 m), Zona 2 (intensitas sedang, radius 2–3 m), dan Zona 3 (intensitas rendah, radius >3 m). Nilai kebisingan setiap pekerja ditentukan dari titik ukur pada lokasi kerjanya. Tekanan darah diukur dengan *sphygmomanometer*, denyut nadi dengan sensor *pulse oximetry*, dan frekuensi pernapasan dihitung secara langsung dengan *stopwatch* melalui pengamatan gerak naik-turun dada. Ketiga parameter fisiologis diukur dua kali pada setiap pekerja, yaitu sebelum memulai pekerjaan dan setelah menyelesaikan pekerjaan di area STG. Seluruh pengukuran didokumentasikan.

Kategori variable

Intensitas kebisingan dikategorikan berdasarkan nilai ambang batas (NAB) 85 dBA, yaitu normal (<85 dBA) dan tidak normal (≥85 dBA).[3] Tekanan darah dikategorikan normal apabila sistolik ≤120 mmHg dan diastolik ≤80 mmHg, dan tidak normal apabila salah satunya melebihi nilai tersebut; tekanan darah sendiri adalah tekanan dari aliran darah dalam pembuluh arteri.[12] Denyut nadi dikategorikan normal pada rentang 60–100 kali/menit dan tidak normal (takikardia) apabila >100 kali/menit.[13] Frekuensi pernapasan dikategorikan normal pada rentang 12–20 kali/menit dan tidak normal (takipnea) apabila >20 kali/menit.[14]

Analisis statistic

Data diolah melalui tahap penyuntingan (*editing*), pengodean (*coding*), pemasukan data (*entry*), dan pembersihan data (*cleaning*) menggunakan perangkat lunak statistik SPSS. Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan distribusi frekuensi kebisingan, tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan.[15] Analisis bivariat dilakukan dalam dua tahap. Pertama, uji *Wilcoxon signed-rank* untuk menguji perbedaan nilai fisiologis sebelum dan sesudah bekerja pada kelompok berpasangan. Kedua, uji korelasi *Spearman* untuk menguji hubungan intensitas kebisingan (dBA) dengan nilai fisiologis setelah bekerja. Uji nonparametrik dipilih karena uji normalitas data sebelum dan sesudah bekerja menunjukkan sebagian besar variabel tidak berdistribusi normal, sedangkan sampel berjumlah kecil (47 pekerja). Tingkat kemaknaan ditetapkan pada $p < 0,05$.

Kelayakan etik

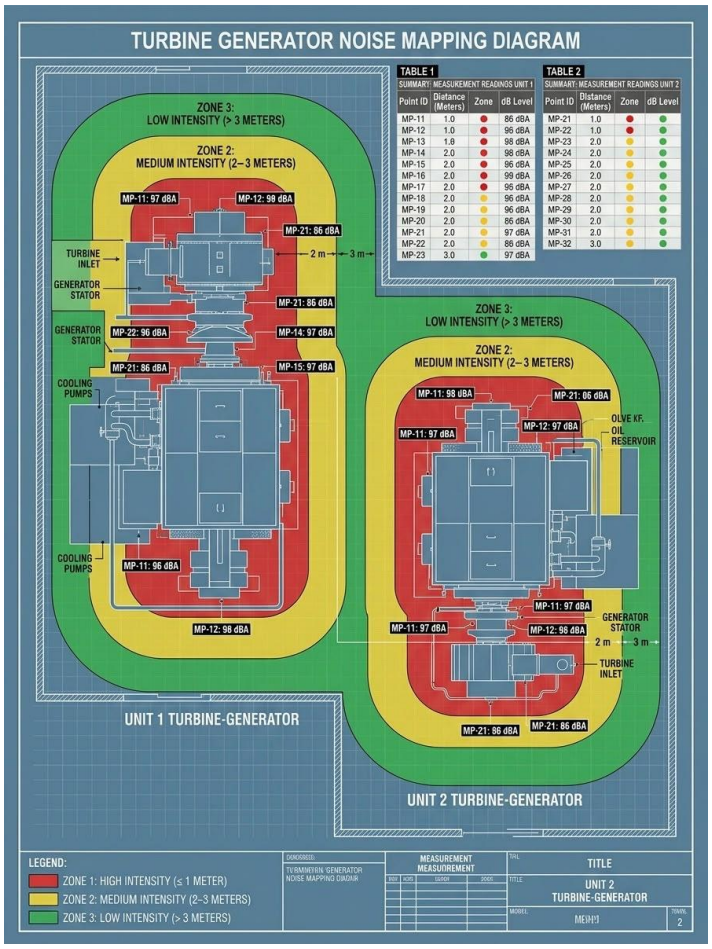
Penelitian dilaksanakan setelah memperoleh surat izin penelitian dari Universitas Ibnu Sina dan surat balasan perizinan dari PT X. Data hasil pengukuran digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan identitas responden dicatat dengan kode (Responden 1–47), sedangkan nama perusahaan disamarkan sebagai PT X..

HASIL

Distribusi kebisingan

Fasilitas pembangkit di PT X didukung dua unit mesin utama, yaitu Unit 1 dan Unit 2 *Turbine-Generator*. Pemetaan kebisingan membagi lingkungan kerja di sekitar kedua mesin ke dalam tiga zona berdasarkan jarak dari sumber suara, yaitu Zona 1 (radius ≤1 m), Zona 2 (radius 2–3 m), dan Zona 3 (radius >3 m), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Unit 1, intensitas kebisingan berkisar 86–99 dBA, dengan nilai tertinggi 99 dBA pada titik MP-16 berjarak 2,0 m dari badan turbin dan 98 dBA pada titik MP-13 berjarak 1,0 m. Pada Unit 2, intensitas berkisar 86–98 dBA pada radius 1,0–3,0 m dari sumber bising. Kedua unit memiliki nilai minimum yang sama, yaitu 86 dBA. Seluruh sebaran titik ukur pada kedua unit melampaui NAB. Teknisi *maintenance* yang melakukan pemeliharaan, pelumasan, dan *patrol check* berada di Zona 1 dan Zona 2.

MEDIC NUTRICIA Vol. 24 No 3 Tahun 2026
Jurnal Ilmu Kesehatan Cahaya Ilmu Bangsa



Gambar 1. Pemetaan kebisingan area mesin STG Unit 1 dan Unit 2 serta lokasi pekerja saat pengukuran

Pengukuran kebisingan dilakukan pada 47 pekerja dan dikategorikan berdasarkan NAB 85 dBA. Sebanyak 35 pekerja (74,5%) terpapar kebisingan kategori tidak normal (≥85 dBA), sedangkan 12 pekerja (25,5%) terpapar kebisingan kategori normal (<85 dBA), sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Kategori tidak normal menjadi kategori yang paling banyak ditemukan, yaitu hampir tiga perempat dari seluruh responden, sedangkan kategori normal dialami sekitar seperempat responden. Rasio kategori tidak normal terhadap kategori normal sekitar tiga banding satu (35 berbanding 12 pekerja), dengan selisih 23 pekerja. Persentase dihitung dari total 47 pekerja. Seluruh responden terklasifikasi ke dalam salah satu dari kedua kategori tersebut sehingga jumlahnya sama dengan jumlah sampel penelitian, yaitu 47 pekerja (100%). Distribusi ini menggambarkan paparan kebisingan yang diterima pekerja selama bekerja di area mesin STG sebelum dilakukan analisis terhadap perubahan tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan. Hasil ini berlaku untuk seluruh sampel tanpa pengecualian.

Tabel 1. Distribusi frekuensi tingkat kebisingan di area mesin STG

Kategori Kebisingan	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Normal (< 85 dBA)	12	25,5
Tidak normal (≥ 85 dBA)	35	74,5
Total	47	100,0

Tekanan darah sebelum dan setelah bekerja

Tekanan darah diukur pada 47 pekerja sebelum dan setelah bekerja, kemudian dikategorikan menjadi normal dan tidak normal. Sebelum bekerja, sebanyak 18 pekerja (38,3%) memiliki tekanan darah normal, sedangkan 29 pekerja (61,7%) berada pada kategori tidak normal, sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Dengan demikian, sebelum memulai pekerjaan, lebih dari separuh pekerja sudah memiliki tekanan darah di atas batas normal. Selisih jumlah pekerja kategori tidak normal dan normal sebelum bekerja adalah 11 orang. Kategori normal mencakup sistolik ≤120 mmHg dan diastolik ≤80 mmHg, sedangkan persentase dihitung dari total 47 pekerja. Total responden pada pengukuran ini adalah 47 pekerja (100%). Data tersebut menjadi gambaran awal kondisi tekanan darah pekerja sebelum terpapar lingkungan kerja di area mesin STG selama satu periode kerja, dan menjadi pembanding bagi hasil pengukuran yang dilakukan setelah pekerja menyelesaikan pekerjaannya pada hari yang sama di area tersebut.

Setelah bekerja, jumlah pekerja dengan tekanan darah normal turun menjadi 2 orang (4,3%), sedangkan pekerja dengan tekanan darah tidak normal meningkat menjadi 45 orang (95,7%), sebagaimana tampak pada Tabel 2. Jumlah pekerja kategori tidak normal bertambah dari 29 menjadi 45 orang, yaitu bertambah 16 orang, atau naik 34,0 poin persentase. Sebaliknya, jumlah pekerja kategori normal berkurang dari 18 menjadi 2 orang, atau turun 34,0 poin persentase. Selisih jumlah pekerja kategori tidak normal dan normal setelah bekerja adalah 43 orang, dan perubahan pada kedua kategori terjadi berlawanan arah. Persentase dihitung dari total 47 pekerja. Hampir seluruh responden berada pada kategori tidak normal setelah bekerja, dan hanya sebagian kecil yang tetap berada pada kategori normal. Total responden pada pengukuran setelah bekerja tetap 47 pekerja (100%), sama dengan jumlah responden pada pengukuran sebelum bekerja, sehingga kedua pengukuran dapat dibandingkan secara langsung.

Tabel 2. Distribusi frekuensi tekanan darah pekerja sebelum dan setelah bekerja

Kategori Tekanan Darah	Sebelum Bekerja		Setelah Bekerja	
	n	%	N	%
Normal	18	38,3	2	4,3
Tidak normal	29	61,7	45	95,6
Total	47	100,0	47	100,0

Denyut nadi sebelum dan setelah bekerja

Denyut nadi diukur pada 47 pekerja sebelum dan setelah bekerja dengan sensor *pulse oximetry*, kemudian dikategorikan menjadi normal (60–100 kali/menit) dan tidak normal (>100 kali/menit). Sebelum bekerja, seluruh pekerja, yaitu 47 orang (100%), memiliki denyut nadi dalam kategori normal, dan tidak ada pekerja (0%) yang berada pada kategori tidak normal, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Dengan demikian, sebelum memulai pekerjaan, tidak ditemukan pekerja yang mengalami takikardia. Seluruh data pada pengukuran awal terkonsentrasi pada satu kategori saja dan persentase dihitung dari total 47 pekerja. Pengukuran awal ini dilakukan pada seluruh responden tanpa ada data yang hilang. Data ini menjadi gambaran awal denyut nadi pekerja sebelum terpapar lingkungan kerja di area mesin STG selama satu periode kerja, dan menjadi pembanding bagi hasil pengukuran yang dilakukan setelah pekerja menyelesaikan pekerjaan pada hari yang sama di area mesin STG tersebut. Setelah bekerja, sebanyak 39 pekerja (83,0%) memiliki denyut nadi di atas 100 kali/menit atau tergolong takikardia, sedangkan 8 pekerja (17,0%) tetap berada pada kategori normal, sebagaimana tampak pada Tabel 3. Jumlah pekerja dengan denyut nadi tidak normal bertambah dari 0 menjadi 39 orang, sedangkan jumlah pekerja dengan denyut nadi normal berkurang dari 47 menjadi 8 orang. Persentase kategori normal turun dari 100,0% menjadi 17,0%, sedangkan persentase kategori tidak normal naik dari 0,0% menjadi 83,0%, dengan selisih kedua kategori setelah bekerja sebesar 31 orang. Persentase dihitung dari total 47 pekerja. Mayoritas responden berada pada kategori tidak normal setelah bekerja, dan hanya sebagian kecil yang tetap normal. Total responden pada pengukuran setelah bekerja tetap 47 pekerja (100%), sama dengan jumlah responden pada pengukuran sebelum bekerja, sehingga perubahan distribusi kedua kategori dapat dibandingkan secara langsung pada responden yang sama.

Tabel 3. Distribusi frekuensi denyut nadi pekerja sebelum dan setelah bekerja

Kategori Denyut Nadi	Sebelum Bekerja		Setelah Bekerja	
	N	%	N	%
Normal (60-100 x/menit)	47	100,0	8	17,0
Tidak Normal (> 100 x/menit)	0	0,0	39	83,0
Total	47	100,0	47	100,0

Frekuensi pernapasan sebelum dan setelah bekerja

Frekuensi pernapasan dihitung pada 47 pekerja sebelum dan setelah bekerja, kemudian dikategorikan menjadi normal (12–20 kali/menit) dan tidak normal (>20 kali/menit). Sebelum bekerja, seluruh pekerja, yaitu 47 orang (100%), memiliki frekuensi pernapasan dalam kategori normal, dan tidak ada pekerja (0%) yang berada pada kategori tidak normal, sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Dengan demikian, sebelum memulai pekerjaan, tidak ditemukan pekerja yang mengalami takipnea. Seluruh data pada pengukuran awal terkonsentrasi pada satu kategori saja dan persentase dihitung dari total 47 pekerja. Pengukuran dilakukan dengan menghitung gerak naik-turun dada pada seluruh responden tanpa ada data yang hilang. Data ini menjadi gambaran awal frekuensi pernapasan pekerja sebelum terpapar lingkungan kerja di area mesin STG selama satu periode kerja, dan menjadi pembanding bagi hasil pengukuran yang dilakukan setelah pekerja menyelesaikan pekerjaan pada hari yang sama. Hasil pengukuran awal ini dicatat pada lembar pengukuran. Setelah bekerja, sebanyak 46 pekerja (97,9%) memiliki frekuensi pernapasan di atas 20 kali/menit atau tergolong takipnea, sedangkan hanya 1 pekerja (2,1%) yang tetap berada pada kategori normal, sebagaimana tampak pada Tabel 4. Jumlah pekerja dengan frekuensi pernapasan tidak normal bertambah dari 0 menjadi 46 orang, sedangkan jumlah pekerja dengan frekuensi pernapasan normal berkurang dari 47 menjadi 1 orang. Persentase kategori normal turun dari 100,0% menjadi 2,1%, sedangkan persentase kategori tidak normal naik dari 0,0% menjadi 97,9%, dengan selisih kedua kategori setelah bekerja sebesar 45 orang. Persentase dihitung dari total 47

pekerja. Hampir seluruh responden berada pada kategori tidak normal setelah bekerja. Total responden pada pengukuran setelah bekerja tetap 47 pekerja (100%), sama dengan jumlah responden pada pengukuran sebelum bekerja, sehingga perubahan distribusi kedua kategori dapat dibandingkan secara langsung pada responden yang sama. Hasil ini dicatat pada lembar pengukuran setelah bekerja.

Tabel 4. Distribusi frekuensi pernapasan pekerja sebelum dan setelah bekerja

Kategori Pernapasan	Sebelum Bekerja		Setelah Bekerja	
	N	%	N	%
Normal (12-20 x/menit)	47	100,0	1	2,1
Tidak Normal (> 20 x/menit)	0	0,0	46	97,9
Total	47	100,0	47	100,0

Perbedaan nilai fisiologis sebelum dan sesudah bekerja

Perbedaan nilai fisiologis sebelum dan sesudah bekerja diuji dengan uji *Wilcoxon signed-rank* pada 47 pekerja yang menjadi sampel penelitian, sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Pada tekanan darah sistolik, terdapat 1 pekerja yang nilainya turun dan 46 pekerja yang nilainya naik, tanpa ada nilai yang tetap, dengan Z = −5,706. Pada tekanan darah diastolik, terdapat 2 pekerja yang nilainya turun dan 45 pekerja yang nilainya naik, tanpa ada nilai yang tetap, dengan Z = −5,396. Pada kedua parameter tekanan darah tersebut, nilai signifikansi (*Asymp. Sig.* dua sisi) adalah $p < 0,001$. Nilai Z bernilai negatif pada kedua parameter, dan hasil diperoleh dari pasangan data *pretest* dan *posttest* pada pekerja yang sama. Dengan demikian, pada sebagian besar pekerja, tekanan darah sistolik dan diastolik setelah bekerja lebih tinggi daripada sebelum bekerja, dan perbedaan tersebut bermakna secara statistik pada tingkat kemaknaan 0,05. Pada denyut nadi, terdapat 1 pekerja yang nilainya turun dan 46 pekerja yang nilainya naik, tanpa ada nilai yang tetap, dengan Z = −5,955 dan $p < 0,001$, sebagaimana tampak pada Tabel 5. Pada frekuensi pernapasan, terdapat 1 pekerja yang nilainya turun dan 46 pekerja yang nilainya naik, tanpa ada nilai yang tetap, dengan Z = −5,961 dan $p < 0,001$. Tidak ada pasangan data dengan nilai yang sama

antara pengukuran sebelum dan sesudah bekerja pada keempat parameter tersebut. Dengan demikian, seluruh empat parameter fisiologis yang diuji, yaitu tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan, menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik antara pengukuran sebelum dan sesudah bekerja. Pada setiap parameter, jumlah pekerja yang nilainya naik jauh lebih banyak daripada jumlah pekerja yang nilainya turun, yaitu berkisar 45 hingga 46 orang dari 47 pekerja.

Tabel 5. Hasil uji *Wilcoxon signed-rank* perbedaan nilai fisiologis pekerja sebelum dan sesudah bekerja

Variabel Fisiologis (Post - Pre)	Negative Ranks (Turun)	Positive Ranks (Naik)	Ties (Tetap)	Z Score	Asymp. Sig. (2-tailed)
Tekanan Darah Sistolik	1	46	0	-5,706	0,000
Tekanan Darah Diastolik	2	45	0	-5,396	0,000
Denyut Nadi	1	46	0	-5,955	0,000
Laju Pernapasan	1	46	0	-5,961	0,000

Hubungan intensitas kebisingan dengan nilai fisiologis setelah bekerja

Hubungan intensitas kebisingan (dBA) dengan nilai fisiologis setelah bekerja diuji dengan korelasi *Spearman*, sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Intensitas kebisingan memiliki koefisien korelasi (r) sebesar −0,252 dengan tekanan darah sistolik (p = 0,087) dan sebesar −0,119 dengan tekanan darah diastolik (p = 0,426). Kedua koefisien tersebut bernilai negatif dengan besar yang kecil, dan kedua nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05. Kebisingan diperlakukan sebagai variabel bebas dan parameter fisiologis setelah bekerja sebagai variabel terikat, dengan satu nilai kebisingan dan satu nilai fisiologis untuk setiap pekerja. Dengan demikian, pada tingkat kemaknaan 0,05, tidak ditemukan korelasi yang bermakna secara statistik antara intensitas

kebisingan dan tekanan darah sistolik maupun diastolik setelah bekerja pada 47 pekerja yang diteliti dalam penelitian ini, sehingga hasil uji pada kedua parameter tekanan darah tersebut dinyatakan tidak signifikan. Hasil ini berlaku untuk parameter tekanan darah pada pekerja di area mesin STG. Intensitas kebisingan memiliki koefisien korelasi sebesar 0,012 dengan denyut nadi (p = 0,937) dan sebesar −0,070 dengan frekuensi pernapasan (p = 0,640), sebagaimana tampak pada Tabel 6. Kedua koefisien tersebut mendekati nol, dan kedua nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05. Hasil ini searah dengan hasil pada kedua parameter tekanan darah, yaitu seluruh nilai signifikansi berada di atas 0,05, dan keempat uji menggunakan sampel yang sama, yaitu 47 pekerja. Dengan demikian, seluruh empat parameter fisiologis setelah bekerja, yaitu tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan, tidak menunjukkan korelasi yang bermakna secara statistik dengan intensitas kebisingan. Nilai signifikansi terkecil ditemukan pada tekanan darah sistolik (p = 0,087), sedangkan nilai signifikansi terbesar ditemukan pada denyut nadi (p = 0,937), dan keduanya tetap berada di atas tingkat kemaknaan 0,05. Hasil ini berlaku untuk parameter denyut nadi dan pernapasan pekerja di area mesin STG.

Tabel 6. Hasil uji korelasi *Spearman* intensitas kebisingan dengan nilai fisiologis pekerja setelah bekerja

Variabel Independen	Variabel Dependen (Fisiologis Sesudah Bekerja)	Koefisien Korelasi (r)	Signifikansi / Sig. (2-tailed)	Keterangan
Intensitas Kebisingan (dBA)	Tekanan Darah Sistolik	-0,252	0,087	Tidak Signifikan
	Tekanan Darah Diastolik	-0,119	0,426	Tidak Signifikan
	Denyut Nadi	0,012	0,937	Tidak Signifikan
	Laju Pernapasan	-0,070	0,640	Tidak Signifikan

PEMBAHASAN

Sebagian besar pekerja (74,5%) di area mesin STG terpapar kebisingan di atas NAB 85 dBA, dan hasil pemetaan menunjukkan titik-titik ukur di sekitar kedua unit turbin berada pada rentang 86–99 dBA. Temuan ini sejalan dengan pemetaan di area pembangkit listrik tenaga uap yang melaporkan bahwa operasional turbin dan generator menghasilkan tingkat bising melampaui standar baku.[6] Penulis menduga kondisi ini berkaitan dengan karakteristik fasilitas pembangkit yang berupa ruang tertutup dengan pantulan gelombang suara mekanis yang besar, sehingga pengendalian teknis seperti peredaman akustik belum sepenuhnya menurunkan kebisingan ke

tingkat yang aman bagi operator. Kondisi tersebut menuntut kepatuhan yang ketat terhadap penggunaan alat pelindung telinga untuk menekan risiko paparan kumulatif harian.

Proporsi pekerja dengan tekanan darah tidak normal meningkat dari 61,7% sebelum bekerja menjadi 95,7% setelah bekerja, dan uji *Wilcoxon* menunjukkan peningkatan tekanan darah sistolik maupun diastolik yang bermakna. Gangguan fisiologis akibat kebisingan dapat berupa peningkatan tekanan darah sekitar 10 mmHg dan peningkatan denyut nadi, yang terjadi karena stresor dihantarkan oleh sistem saraf otonom ke kelenjar hormon sehingga mengubah fungsi organ tubuh.[16] Secara patofisiologis, suara bising diteruskan ke sistem limbik dan hipotalamus sehingga mengaktifkan sistem saraf simpatis dan sumbu HPA. Aktivasi tersebut melepaskan katekolamin serta kortisol yang memicu vasokonstriksi dan meningkatkan resistensi perifer total.[4,5,17] Hasil ini konsisten dengan penelitian pada pekerja industri yang melaporkan hubungan paparan bising dengan perubahan tekanan darah sistolik dan diastolik.[7,8] Apabila peningkatan ini terjadi berulang setiap hari tanpa masa pemulihan yang memadai, kondisi sesaat tersebut berpotensi berkembang menjadi hipertensi menetap.[4,5] Perlu dicatat bahwa sebelum bekerja pun sebagian besar pekerja sudah memiliki tekanan darah di atas batas normal, sehingga kondisi dasar pekerja turut memengaruhi besarnya peningkatan yang teramati.

Takikardia ditemukan pada 83,0% pekerja setelah bekerja, padahal sebelum bekerja tidak ada pekerja yang mengalaminya. Paparan bising meningkatkan dominasi tonus simpatis dan mengurangi aktivitas parasimpatis sehingga jantung berdenyut lebih cepat untuk mencukupi kebutuhan sirkulasi darah.[4,17] Peningkatan denyut nadi pada pekerja di lingkungan bising juga dilaporkan pada operator mesin[9] dan pekerja industri mebel.[7] Selain kebisingan, suhu panas yang dipancarkan mesin turbin diduga turut berperan, karena beban termal memaksa sistem kardiovaskular bekerja lebih berat untuk menjaga termoregulasi tubuh.[18] Kombinasi tekanan suara dan beban termal tersebut dapat memperbesar peningkatan denyut nadi yang teramati. Namun, suhu lingkungan tidak diukur dalam penelitian ini sehingga peran panas hanya dapat dipandang sebagai dugaan.

Takipnea ditemukan pada 97,9% pekerja setelah bekerja, dari sebelumnya tidak ada. Peningkatan frekuensi napas dapat dipahami sebagai kompensasi fungsional terhadap aktivasi simpatis dan peningkatan metabolisme tubuh untuk mencukupi kebutuhan oksigen jaringan.[4,17] Penelitian lain juga menunjukkan bahwa peralihan dari kondisi istirahat ke aktivitas kerja meningkatkan ventilasi paru secara bermakna.[19] Peningkatan frekuensi pernapasan pada pekerja

di area STG kemungkinan merupakan hasil kerja sama antara sistem jantung dan paru: ketika denyut jantung dan metabolisme sel meningkat, sistem pernapasan dipacu lebih cepat untuk mengoptimalkan pasokan oksigen. Selain kebisingan, aktivitas fisik selama bekerja, pemakaian alat pelindung, dan mikroklimat ruang mesin yang hangat juga dapat memengaruhi hasil ini.

Walaupun uji beda menunjukkan peningkatan yang bermakna pada seluruh parameter, uji korelasi *Spearman* tidak menemukan hubungan linier antara intensitas kebisingan dan nilai fisiologis setelah bekerja. Hasil ini sejalan dengan penelitian pada operator mesin yang menyimpulkan bahwa variasi intensitas bising tidak selalu berkorelasi proporsional dengan besar perubahan denyut nadi.[9] Kemungkinan penjelasannya adalah seluruh titik ukur berada di sekitar atau di atas NAB sehingga rentang intensitas antarpekerja sempit, sedangkan respons fisiologis dipengaruhi faktor individu seperti usia, kebiasaan merokok, status kesehatan, dan stresor lain seperti iklim kerja panas.[4] Dampak kebisingan industri terhadap keluhan fisiologis pekerja juga diketahui dipengaruhi banyak faktor sekaligus.[20] Dengan demikian, respons fisiologis pekerja tampaknya tidak ditentukan oleh satu angka desibel saja, dan temuan ini tidak boleh diartikan bahwa kebisingan tidak berpengaruh, melainkan bahwa besarnya respons tidak naik sebanding dengan tingginya angka desibel pada rentang yang diteliti.

Temuan penelitian ini berimplikasi pada pengendalian risiko di area STG yang perlu dilakukan secara terpadu. Pemakaian alat pelindung telinga perlu diawasi secara ketat; *earplug* dinilai sesuai untuk lingkungan kerja yang panas karena harganya terjangkau, nyaman, dan mudah dibawa.[21] Efektivitas alat pelindung telinga, baik *earplug* maupun *earmuff*, juga perlu dievaluasi secara berkala agar benar-benar menurunkan paparan yang diterima pekerja.[22] Di samping itu, pengendalian teknik akustik pada sumber bising dan di ruang mesin perlu diperkuat karena merupakan langkah yang lebih mendasar daripada hanya mengandalkan alat pelindung diri.[23] Pengaturan siklus kerja-istirahat (*work-rest cycle*) dan perbaikan ventilasi ruang mesin juga diperlukan untuk memberi kesempatan pemulihan bagi sistem kardiovaskular dan pernapasan pekerja serta mengurangi beban panas.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, rancangan *one-group pretest-posttest* tidak memiliki kelompok kontrol sehingga perubahan yang diamati tidak dapat dipastikan hanya disebabkan oleh kebisingan; aktivitas fisik, beban panas, dan pemakaian alat pelindung ikut berpengaruh. Kedua, suhu lingkungan (misalnya indeks suhu bola basah/ISBB), usia, kebiasaan merokok, dan tingkat kebugaran pekerja tidak diukur secara kuantitatif sebagai variabel perancu.

Ketiga, jumlah sampel kecil (47 pekerja) dan berasal dari satu perusahaan sehingga generalisasi hasil terbatas. Keempat, pengukuran fisiologis hanya dilakukan satu kali sebelum dan satu kali sesudah bekerja sehingga dinamika perubahan selama satu *shift* penuh tidak terekam. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kelompok pembanding, mengukur faktor perancu secara langsung, dan menggunakan pemantauan fisiologis kontinu agar peran kebisingan dapat dipisahkan dari faktor lain.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa sebagian besar pekerja bagian *maintenance* di area mesin *steam turbine generator* (STG) PT X Kota Batam (74,5%) terpapar kebisingan ≥85 dBA. Setelah bekerja, proporsi pekerja dengan tekanan darah tidak normal meningkat dari 61,7% menjadi 95,7%, takikardia dari 0% menjadi 83,0%, dan takipnea dari 0% menjadi 97,9%. Tekanan darah, denyut nadi, dan frekuensi pernapasan meningkat secara bermakna setelah bekerja ($p < 0,001$), sedangkan intensitas kebisingan tidak berkorelasi bermakna dengan nilai fisiologis setelah bekerja ($p > 0,05$). Dengan demikian, bekerja di area STG yang bising disertai peningkatan beban fisiologis pekerja, meskipun rancangan penelitian belum dapat memisahkan pengaruh kebisingan dari faktor lain seperti panas dan beban kerja fisik.

Hasil ini menjadi data dasar bagi manajemen untuk merumuskan program konservasi pendengaran dan pemantauan kesehatan pekerja di area STG, karena beban fisiologis pekerja meningkat selama bekerja di lingkungan tersebut.

Saran

1. Bagi perusahaan, meningkatkan peredaman akustik di sekitar instalasi STG untuk menurunkan intensitas suara yang dipantulkan oleh struktur ruang tertutup.
2. Bagi perusahaan, mengatur rasio waktu kerja dan istirahat (*work-rest cycle*) serta memperbaiki sistem ventilasi ruang mesin untuk mengurangi beban panas dan memberi waktu pemulihan bagi pekerja.
3. Bagi perusahaan, mewajibkan dan mengawasi pemakaian alat pelindung telinga (*earplug* atau *earmuff*) dengan nilai reduksi (*noise reduction rating*) yang memadai.
4. Bagi perusahaan, menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan berkala secara rutin bagi seluruh operator dan pekerja *maintenance*.

5. Bagi pekerja, mematuhi pemakaian alat pelindung telinga secara benar selama berada di zona operasional mesin.
6. Bagi pekerja, menjaga pola hidup sehat, mengontrol konsumsi kafein, menghindari merokok saat bekerja, dan memanfaatkan waktu istirahat secara optimal.

Rekomendasi

1. Peneliti selanjutnya disarankan menggunakan kelompok pembanding atau rancangan yang lebih kuat agar pengaruh kebisingan dapat dipisahkan dari faktor lain.
2. Peneliti selanjutnya disarankan mengukur faktor perancu secara kuantitatif, seperti indeks suhu bola basah (ISBB), tingkat kebugaran, usia, dan kebiasaan merokok.
3. Peneliti selanjutnya disarankan menggunakan alat pemantau fisiologis yang merekam data secara kontinu (*real-time monitoring*) selama satu *shift* penuh.
4. Peneliti selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih besar dan lebih dari satu lokasi kerja agar hasil dapat digeneralisasi.

Penelitian ini menggunakan rancangan tanpa kelompok kontrol, tidak mengukur faktor perancu secara kuantitatif, melibatkan sampel kecil dari satu lokasi, dan mengukur parameter fisiologis hanya satu kali sebelum dan satu kali sesudah bekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen dan seluruh pekerja PT X Kota Batam yang telah memberikan izin dan berpartisipasi dalam penelitian ini, serta kepada dosen pembimbing Program Studi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Ibnu Sina atas bimbingannya

REFERENSI

1. Aditya GHP. Pengantar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Bandung: Media Sains Indonesia; 2020.
2. Wijayakusuma P. Dampak kebisingan tingkat tinggi terhadap kesehatan fisik dan mental. Jurnal Kedokteran Indonesia. 2018;68(2):55–61.
3. Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Lingkungan Kerja. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan RI; 2018. Available from: https://jdih.kemnaker.go.id/kategori/peraturan-menteri-5

4. Basner M, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. Int J Environ Res Public Health. 2026;23(1):88–104.
5. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. Environ Res. 2016;146:359–70. doi:10.1016/j.envres.2015.12.036
6. Nareswari S, Wahyudiono B. Pemetaan tingkat kebisingan di area pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Jurnal Energi dan Lingkungan Vokasi. 2023;8(2):75–83.
7. Ladiku S, et al. Pengaruh intensitas kebisingan terhadap tekanan darah dan denyut nadi pekerja industri meubel. Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan. 2025;11(1):30–42.
8. Novyra R, et al. Analisis perubahan tekanan darah sistolik dan diastolik pada pekerja akibat paparan kebisingan industri manufaktur. Jurnal Epidemiologi Kesehatan Kerja. 2025;10(3):150–62.
9. Izzadini N, et al. Hubungan intensitas kebisingan dengan denyut nadi kerja pada operator mesin. Jurnal Promotif Preventif. 2022;5(2):134–42.
10. Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta; 2018.
11. Gultom. Pengukuran Tekanan Darah dan Evaluasi Klinis. Medan: Universitas Sumatera Utara; 2023. Available from: https://repositori.usu.ac.id
12. Arum. Hipertensi dan Manajemen Kesehatan. Jakarta: Rineka Cipta; 2020.
13. Leun, et al. Analisis frekuensi denyut nadi normal orang dewasa. Jurnal Fisiologi Indonesia. 2020;12(1):23–9.
14. RS Pindad. Tabel frekuensi pernapasan normal berdasarkan kelompok usia. Bandung: RS Pindad; 2022. Available from: https://rspindad.com
15. Notoatmodjo S. Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta: Rineka Cipta; 2018.
16. Hutagalung, et al. Pengaruh kebisingan terhadap fungsi fisiologis manusia. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia. 2017;16(2):45–52.
17. Guyton AC, Hall JE. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. 13th ed. Jakarta: EGC; 2016.
18. Alfarizi M, et al. Analisis beban kerja fisik dan stres termal terhadap respon kardiovaskular pekerja industri. Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja. 2026;14(2):112–25.

19. Artanti D, et al. Respon fisiologi sistem pernapasan dan ventilasi paru akibat beban aktivitas kerja. Jurnal Fisiologi Kerja Indonesia. 2025;9(1):45–58.
20. Kulla DS, et al. Dampak kebisingan industri terhadap keluhan fisiologis pekerja. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Industri. 2022;8(3):110–8.
21. Winata. Evaluasi penggunaan alat pelindung diri (APD) telinga pada pekerja lapangan. Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja. 2021;5(2):89–96.
22. Sagala, et al. Efektivitas alat pelindung telinga (ear plug dan ear muff) di tempat kerja. Jurnal Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. 2023;11(2):75–83.
23. Arya R, et al. Evaluasi pengendalian teknik akustik dan paparan lingkungan kerja di sektor industri berat. Jurnal Teknik Industri dan K3. 2021;6(3):201–15.