

IDENTIFIKASI KERUSAKAN MOTOR FAN KONDENSOR MENGGUNAKAN METODE KUALITATIF TERHADAP KINERJA CHILLER DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM

Benny Kurnianto⁽¹⁾, Dewa Ayu Putu Laksmi Putri Wijaya⁽²⁾, Fatria Fathan Bagaskara⁽³⁾

¹ Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail: ¹benny.kurnianto@ppicurug.ac.id, ²laksmiputriwijaya@gmail.com

³fatriafathan08@gmail.com

Received :

02 Juni 2025

Revised :

10 Juni 2025

Accepted :

20 Juni 2025

Abstrak: Chiller merupakan alat yang digunakan untuk pengkondisian udara di Bandara, dengan peran penting dalam menyejukkan ruangan bagi penumpang, pengunjung, dan pegawai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan pada motor fan kondensor menggunakan metode observasi serta menganalisis dampaknya terhadap kinerja chiller di Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Dalam pemeriksaan visual, penulis menemukan alarm motor current overload pada Chiller 4 sistem 2. Metode observasi diterapkan untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan dan penurunan performa pada motor fan kondensor. Data yang dikumpulkan meliputi pengamatan visual, analisis getaran, dan pengukuran suhu serta tekanan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada motor fan kondensor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi chiller, peningkatan konsumsi energi, dan potensi kerusakan lebih lanjut pada komponen lainnya. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeliharaan rutin dan inspeksi berkala untuk memastikan kinerja optimal dari sistem chiller, serta memberikan rekomendasi praktis untuk mitigasi dan perbaikan kerusakan pada motor fan kondensor.

Kata Kunci: Chiller, Motor Fan Kondensor, Pemeliharaan, Kinerja Chiller

Abstract: *Chiller is a tool used for air conditioning at the airport, with an important role in cooling the room for passengers, visitors, and employees. This study aims to identify damage to the condenser fan motor using the observation method and analyze its impact on chiller performance at Hang Nadim International Airport Batam. In the visual inspection, the author found a motor current overload alarm on Chiller 4 system 2. The observation method was applied to detect signs of damage and performance degradation in the condenser fan motor. The data collected included visual observation, vibration analysis, and measurement of system temperature and pressure. The results show that damage to the condenser fan motor can result in decreased chiller efficiency, increased energy consumption, and potential further damage to other components. The findings confirm the importance of regular maintenance and periodic inspections to ensure optimal performance of the chiller system, and provide practical recommendations for mitigation and repair of damage to the condenser fan motor.*

Keyword: *Chiller, Condenser Fan Motor, Maintenance, Chiller Performance*

Pendahuluan

Istilah Tata Udara merupakan suatu proses pendinginan udara yang menghasilkan temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan kondisi udara di suatu ruangan sesuai yang diinginkan.[1] Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin salah satunya AC central.[2] Alat ini digunakan bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan di distribusikan secara terpusat ke seluruh isi gedung dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran ruangan dan isinya dengan menggunakan saluran udara/ducting[3].

Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam merupakan Bandar Udara yang melayani kebutuhan pelanggan, penyedia layanan perlu menyediakan layanan yang efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan peralatan bantu, seperti fasilitas yang mempunyai dan operator yang handal dibidangnya, Salah satunya *Air Conditioning System* (ACS) merupakan fasilitas yang dimiliki Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam sebagai peran penting di Bandar Udara. Dijelaskan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) bahwa standar pengkondisian udara dalam ruangan pada terminal untuk kenyamanan penumpang adalah dengan suhu udara kisaran 22,8°C – 25,8°C dan RH 40% - 60%.[4]

Hal tersebut bisa terpenuhi dengan cara mengoptimalkan kinerja dari fasilitas *air conditioning* di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam, salah satunya adalah *Chiller* sebagai alat pengkondisian udara[5]. *Chiller* adalah sistem pendingin yang di gunakan untuk mengatur suhu udara di bandara, salah satu komponen penting dalam sistem *chiller* adalah motor fan kondensor, motor fan kondensor berfungsi untuk mengeluarkan panas dari kondensor untuk kinerja *chiller* tetap optimal[6]. tetapi selama motor fan berkerja akan mengalami kerusakan, beberapa faktor yang dapat menyebabkan kerusakan motor meliputi

gangguan pada motor, kerusakan pada bantalan, dan kerusakan pada kabel konektor. Oleh karna itu masalah pada komponen *chiller* sangat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem *chiller* dan dapat menyebabkan gangguan signifikan terhadap oprasional bandar udara. [7]

Kerusakan motor fan kondensor akan mengakibatkan pendinginan yang tidak optimal oleh sebab itu pemeliharaan dan perbaikan komponen *chiller* harus dilakukan secara rutin untuk memastikan kinerja *chiller* tetap oprimal dan menghindari gangguan oprasional.[8]

Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif yang bersifat deskriptif (ulber silalahi, Drs, MA) mengemukakan bahwa metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan secara kualitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara rinci dan mendalam mengenai kerusakan motor fan kondensor terhadap kinerja *chiller*. [9]

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode observasi yang merupakan suatu metode pengumpulan data secara bertemu langsung. Observasi kualitatif diterapkan dalam konteks suatu kejadian natural. Observasi kualitatif tidak dibatasi kategorisasi pengukuran (kuantitatif) dan tanggapan yang telah diperkirakan terlebih dahulu. (Denzin & Lincoln)(2009: 524)[10]. Terdapat tahapan yang harus di lakukan pada metode observasi yaitu dimulai dari menentukan variable yang relevan, mengamati secara langsung, menganalisis data[11].

Metode ini digunakan karena berdasarkan kajian teori secara spesifik sesuai untuk mengidentifikasi permasalahan dalam konteks penelitian lapangan. Dengan menggunakan metode observasi, peneliti

IDENTIFIKASI KERUSAKAN MOTOR *FAN* KONDENSOR MENGGUNAKAN METODE KUALITATIF TERHADAP KINERJA *CHILLER* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM

dapat secara langsung mengamati yang menjadi objek penelitian, sehingga data yang diperoleh lebih akurat dan relevan[12].

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan penelitian dilakukan selama 3 bulan dimulai dari Februari sampai dengan April 2023 pada unit chiller di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam. Penelitian dilakukan dengan metode observasi dan wawancara serta analisis untuk mengidentifikasi permasalahan tersebut.[10]

1. Observasi

Observasi yang dilakukan dalam penelitian adalah mengidentifikasi permasalahan, menguji coba pengoprasian chiller dan kemudian dilakukan juga pembongkaran untuk memastikan penyebab dan akibat dari permasalahan.[13]

- Pada tahap ini penulis mengumpulkan data terkait permasalahan yang terjadi khususnya dalam hal yang menyebabkan suhu ruang panas pada ruang tunggu A4 di terminal.
- Pada tahap ini penulis mengidentifikasi penyebab suhu pada koil AHU yang mengalami kenaikan temperatur.
- Pada tahap ini penulis mengidentifikasi penyebab chiller yang mengalami alarm motor current overload pada panel chiller.
- Pada tahap ini penulis melakukan pengecekan pada setiap motor yang ada pada chiller dan melakukan pengecekan pada panel chiller dan menemukan ada mcb pada panel chiller yang mengalami trip.
- Pada tahap ini penulis mengidentifikasi penyebab mcb trip dan melakukan uji coba running untuk mengetahui penyebab mcb pada panel chiller mengalami trip. Kemudian melakukan pengecekan pada setiap motor yang ada pada chiller dan di temukan adanya

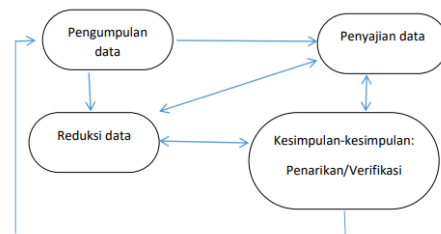
motor fan kondensor yang mengalami getaran tidak normal dan suara bising.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengetahui permasalahan dari sudut pandang supervisi dan teknisi pemeliharaan chiller serta upaya memperoleh data pendukung lainnya [14].

Metode Analisis Data

Teknik pengolahan data menggunakan metode analisis data untuk mengidentifikasi penyebab utama dalam penelitian ini. Menurut (Sugiyono, 2019) analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi[15] Untuk memastikan kembali tingkatan masalah yang muncul dalam topik ini, penulis menggunakan analisis kualitatif untuk memastikan permasalahan pada aspek pemahaman lebih mendalam terhadap suatu masalah. Miles dan Huberman (1992:20) menggambarkan proses analisis data penelitian kualitatif sebagai berikut.



Gambar 1 Proses Analisis Data Penelitian Kualitatif

Gambar tersebut memperlihatkan sifat interaktif pengumpulan data dengan analisis data, pengumpulan data merupakan bagian integral dari kegiatan analisis data. Reduksi data adalah upaya menyimpulkan data, kemudian memilah-milah data dalam satuan konsep tertentu, kategori tertentu, dan tema tertentu.[16]

Menurut analisa dilapangan, mengindikasikan kerusakan motor *fan* kondensor ditandai dengan adanya MCB motor *fan* kondensor mengalami trip pada panel *Chiller*. Dari hasil analisa dan indikasi kerusakan

setelah dilakukan pemeriksaan lebih mendalam pada motor *fan*, diketahui terjadi kerusakan bearing yang telah aus pada motor *fan*. Akibat dari bearing motor *fan* kondensor yang aus mengalami *over current* sehingga mengakibatkan MCB motor *fan* kondensor *trip*[17].

Motor *fan* kondensor tersebut mengalami arus yang melebihi kapasitas normal atau batas yang direkomendasikan dikarenakan bearing yang telah aus. Kerusakan bearing tersebut disebabkan karena kurangnya pelumasan dan life time yang sudah melebihi umur pakai pada bearing motor *fan* kondensor dan berdampak ke bantalan bearing menjadi rusak serta putaran bearing tidak stabil.

Diskusi

1. Permasalahan yang terjadi

Untuk melaksanakan penelitian ini, peneliti mengidentifikasi sebagai suatu penelitian, identifikasi awal penumpang di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam, mengeluhkan hawa panas di ruang tunggu A4, penumpang merasa tidak nyaman dengan kondisi yang terjadi, meyakini keluhan panas area ruang tunggu bukan hanya dirasakan olehnya tapi hampir semua penumpang pesawat merasakan.

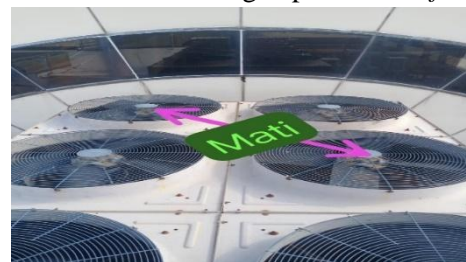
Hal tersebut disampaikan oleh pihak informasi kepada unit mekanikal bahwa ruang tunggu A4 panas. Pihak mekanikal melakukan pengecekan pada monitoring BAS (*Building Automatic System*) dan ditemukan suhu air masuk ke koil AHU 12 melebihi batas normal seharusnya. Sehingga harus dilakukan pengecekan visual pada unit *Chiller*. Pada saat melakukan pemeriksaan visual kondisi *Chiller* penulis mendapatkan alarm pada *Chiller* 4 sistem 2 di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam yaitu motor *current overload*.



Gambar 2 Alarm Chiller motor *current overload*

Penulis melakukan pemeriksaan terhadap keadaan motor yang ada pada *Chiller* 4 yaitu motor *fan*, motor kompresor dan motor pompa, setelah dilakukan pemeriksaan ditemukan ada 2 unit motor *fan* kondensor yang tidak berkerja, untuk mengetahui penyebab motor *fan* kondensor tidak berkerja melanjutkan pemeriksaan bagian panel *Chiller*, saat melakukan pengecekan ditemukan ada MCB motor *fan* kondensor *trip* pada panel *chiller*, pemeriksaan secara visual seperti sambungan kabel listrik yang menghubungkan motor *fan*, kekenduran baut pengunci motor *fan* kondensor tidak ditemukan adanya kerusakan hal tersebut.

Penulis melakukan uji coba *running* pada *Chiller* untuk menemukan faktor penyebab MCB motor *fan* kondensor *trip*. Ketika saat uji *running Chiller* ditemukan ada 1 motor *fan* kondensor yang mengalami putaran tidak stabil dan menimbulkan getaran abnormal serta kebisingan pada motor *fan*.



Gambar 3 *Fan Motor rusak*



IDENTIFIKASI KERUSAKAN MOTOR *FAN* KONDENSOR MENGGUNAKAN METODE KUALITATIF TERHADAP KINERJA *CHILLER* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM

Gambar 4 Mcb motor fan trip

2. Dampak Permasalahan

Kerusakan motor fan kondensor pada chiller dapat memiliki berbagai dampak negatif pada kinerja chiller dan sistem pendinginan keseluruhan[18]. Beberapa dampak kerusakan motor fan kondensor chiller meliputi:

- a. Peningkatan suhu yang keluar pada kondensor chiller

Kerusakan motor *fan* kondensor tersebut dapat menyebabkan berkurangnya efektifitas terhadap kinerja *Chiller*. Jika motor *fan* kondensor tidak berfungsi dengan baik atau rusak, akan terjadi pengurangan sirkulasi udara didalam kondensor *Chiller* karena pembuangan kalor pada kondensor tidak dapat dibuang secara maksimal, akibatnya suhu pada kondensor bisa meningkat dan menyebabkan peningkatan tekanan dan mengurangi kinerja *Chiller* dalam menghilangkan panas.

Ketika kondisi *Chiller* 5 sistem 2 normal yaitu 5 unit motor *fan* kondensor bekerja, suhu keluar pada kondensor mencapai 30.5°C. Namun pada kondisi *Chiller* 4 sistem 2 dengan adanya 1 unit motor fan kondensor yang mengalami kerusakan suhu keluar pada kondensor lebih panas mencapai 45.1°C. Masing-masing dari sistem 2 *Chiller* 4 dan 5 suhu yang masuk ke dalam kondensor mencapai ±70.8°C. Pada saat kondisi *Chiller* 4 dengan 1 motor *fan* kondensor mengalami kerusakan, tidak mampu berkerja dengan optimal dikarenakan pembuangan kalor pada kondensor tidak terbuang secara maksimal. Dampak yang ditimbulkan saat *Chiller* 4 *running* suhu pada kondensor meningkat dan mengurangi kinerja *Chiller* dalam menghilangkan panas serta untuk mencapai set point memerlukan waktu lebih lama serta harus dibantu oleh *Chiller* 3 untuk mencapai set point yang tersebut.



Gambar 5 Suhu yang keluar dari kondensor dengan 5 motor fan 30.5 °C



Gambar 6 Suhu yang keluar dari kondensor dengan 4 motor fan 45.7 °C

- b. *Chiller* mencapai set point lebih lama

Set point adalah nilai yang diinginkan atau target untuk variabel penting, atau nilai target untuk variabel proses (PV) dari sistem kontrol, yang mungkin berbeda dari pengukuran aktual nilai variabel Untuk mengetahui waktu yang digunakan *Chiller* mencapai set poin[19]. penulis melakukan perbandingan *Chiller* yang mengalami kerusakan motor fan kondensor (*Chiller* 4) dengan *Chiller* yang masih normal (*Chiller* 5).



Gambar 7 Chiller 4 dan 5

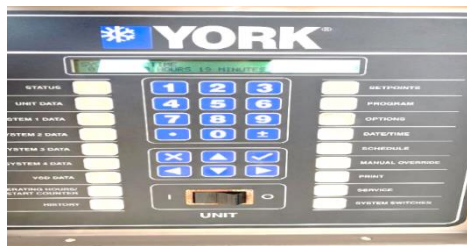
Sebelum membandingkan kedua kinerja *Chiller* tersebut, penulis melakukan persamaan pada beban kerja *Chiller* seperti:

1. Menggunakan *Set point* 13°C/55,4° F
2. Menggunakan 4 AHU
3. Menggunakan sistem 2

Setelah melakukan uji coba terhadap *Chiller* 4 dan 5 penulis mengetahui ada perbedaan waktu kinerja *Chiller* untuk mencapai set point.

Tabel 1 Perbandingan kinerja chiller mencapai set point

No	Chiller	Waktu	Keterangan
1.	Chiller 4	19 menit 42 detik	Kerusakan Motor Fan
2.	Chiller 5	9 menit 6 detik	Normal



Gambar 8 Waktu yang dibutuhkan Chiller 4



Gambar 9 Waktu yang dibutuhkan Chiller 5

3. Penyelesaian Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis melakukan analisis data untuk mengetahui penyebab trip pada MCB motor *fan* kondensor di panel *chiller*.

a. Analisis Permasalahan

Indikasi kerusakan motor *fan* kondensor ditandai dengan adanya MCB motor *fan* kondensor mengalami trip pada panel *Chiller*. Dengan ini penulis melakukan analisis terhadap motor *fan* kondensor yang mengakibatkan trip pada panel *Chiller*. hasil

pemeriksaan mengalami trip pada MCB motor *fan* kondensor di panel *Chiller*, ketika MCB dhidupkan kembali serta diuji *running*. *Chiller* 4 yang mengalami trip motor *fan* kondensor menimbulkan putaran tidak stabil dan getaran abnormal serta kebisingan pada motor *fan*.

Dari hasil analisa dan indikasi kerusakan setelah dilakukan pemeriksaan lebih mendalam pada motor *fan*, diketahui terjadi kerusakan bearing yang telah aus pada motor *fan*. Akibat dari bearing motor *fan* kondensor yang aus mengalami *over current* sehingga mengakibatkan MCB motor *fan* kondensor *trip*.



Gambar 10 Bearing yang aus pada motor fan

Motor *fan* kondensor tersebut mengalami arus yang melebihi kapasitas normal atau batas yang direkomendasikan dikarenakan bearing yang telah aus. Kerusakan bering tersebut disebabkan karena kurangnya pelumasan pada bearing motor *fan* kondensor dan berdampak ke bantalan bearing menjadi rusak serta putaran bearing tidak stabil.

b. Solusi

Pergantian bearing pada motor *fan* kondensor Pergantian bearing pada motor *fan* kondensor bisa menjadi tugas yang cukup sederhana atau kompleks tergantung pada jenis dan model motor *fan* kondensor yang digunakan.

Langkah-langkah pergantian bearing pada motor fan

- a) Matikann daya: Putuskan arus listrik *Chiller* dengan mematikan mcb pada panel mcb *Chiller*

IDENTIFIKASI KERUSAKAN MOTOR *FAN* KONDENSOR MENGGUNAKAN METODE KUALITATIF TERHADAP KINERJA *CHILLER* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM

- b) Buka casing motor *fan*: Lepaskan casingnya dengan membuka baut-baut yang terpasang pada casing motor *fan*
 - c) Lepaskan kabel arus listrik dari chiller ke motor *fan*
 - d) Lepaskan bearing: Lepaskan bearing yang rusak dari tempatnya menggunakan treker
 - e) Pasang bearing baru: Setelah bearing lama dilepaskan, sebelum dipasang bearing yang baru pastikan kondisi motor *fan* kondensor dalam keadaan bersih tidak ada debu, kemudian pasang bearing baru dengan benar di tempatnya. Pastikan bearing baru cocok dengan ukuran dan tipe bearing yang digunakan sebelumnya.
 - f) Pasang kembali motor *fan* kondensor pada *Chiller* dan sambungkan kabel arus listrik dari *Chiller* ke motor *fan* kondensor
 - g) Pasang kembali baling-baling pada motor *fan* kondensor dan mengikatnya dengan baut pengikat.
 - h) Tutup casing motor *fan*: Pasang kembali casing motor *fan* kondensor dengan mengencangkan baut pengikatnya.
 - i) Sambungkan kembali daya: Setelah semua langkah selesai, nyalakan kembali mcb pada panel mcb *Chiller*
 - j) Uji motor *fan*: Nyalakan motor *fan* kondensor dan periksa apakah baling-baling berputar dengan baik dan tidak ada suara atau getaran aneh. Jika tidak ada motor *fan* kondensor sudah berfungsi secara normal dan *Chiller* bisa beroperasi kembali.
- 1) Melakukan penambahan pemeliharaan pada motor *fan*
 - a) *Cleaning fan*, dilakukan dengan cara menyapu kotoran-kotoran yang menempel pada *fan*. Membersihkan debu atau kotoran pada motor *fan*.
 - b) Proses lubrikasi bearing, dilakukan dengan melumasi bearing motor *Fan*.

Pelumas yang digunakan yaitu menggunakan grease agar tahan terhadap suhu tinggi. Pelumasan ini bertujuan untuk menjaga kondisi bearing agar tidak cepat rusak dan motor *Fan* kondensor dapat bekerja secara maksimal.

- c) Melakukan penggantian bearing sesuai umur waktu kerja yang telah ditentukan.

Kesimpulan

Berdasarkan permasalahan pada motor *fan* kondensor *Chiller* 4 mengalami kerusakan bearing, yang terjadi karena kurangnya perawatan dan masa pemakaian yang cukup lama sampai melebihi umur bearing tersebut, sehingga menimbulkan *over current* yang mengakibatkan MCB motor *fan* kondensor *Chiller* 4 drop.

Saran

Melihat dari permasalahan yang terjadi, penulis berdiskusi dengan para pegawai unit mekanikal antara lain:

1. Perlunya diadakan pergantian bearing sesuai *lifetime* pada motor *fan* kondensor agar motor *fan* bisa beroperasi secara normal.
2. Menambahkan pemeliharaan mingguan atau bulanan berupa pelumasan pada bearing motor *fan* kondensor agar bearing motor tersebut bisa bertahan lebih lama dan tidak terjadi kerusakan fatal.

Daftar Pustaka

- Hartoyo. (n.d.). Materi kuliah teknik pendingin dan tata udara AC.
- Kurniawan, A. (n.d.). AC Central. Academia.edu.
https://www.academia.edu/23317310/AC_Central
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2005). SSKEP 77 - Persyaratan teknis pengoperasian teknik bandar

- udara.
<https://www.studocu.com/id/document/politeknik-penerbangan-indonesia/politeknik-penerbangan-indonesia/skep-77-vi-2005-skep-77/40655977>
- Susilo, A., Rohimat, R. I., & Husniah, H. (2020). Analisis kegagalan operasional mesin chiller dengan metoda FTA dan FMEA. Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 4(2), 19.
<https://doi.org/10.32502/js.v4i2.2871>
- Sukariyanto. (2019). Pengaruh variasi putaran kipas kondensor terhadap unjuk kerja sistem pendingin (air conditioner) yang menggunakan R-410a. [Undergraduate thesis, Institution not listed].
- Mahkota Prawira Darmawan, N. S. S. (2023). Analisis identifikasi kecacatan bearing motor induksi berdasarkan arus stator dan torsi pada RPM berbasis fast Fourier transform. University of Lampung, Indonesia, Electrical Engineering.
- Suwandi, D., & Mulyani, R. (2020). Pengaruh kecepatan fan kondensor terhadap kinerja pada mesin AC mobil. Prosiding Seminar Nasional Sentrinov, 6(1), 502–510.
<https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/371>
- Silalahi, U. (2017). Metodologi penelitian (pp. 2–5). Bina Budhaya.
- Hasanah, H. (2017). Teknik-teknik observasi (sebuah alternatif metode pengumpulan data kualitatif ilmu-ilmu sosial). At-Taqaddum, 8(1), 21.
<https://doi.org/10.21580/at.v8i1.1163>
- Henry, D., et al. (2020). Metode observasi. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 34(8), 709.e1–709.e9.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2013.01.032>
- Hasanah, H. (2016). Teknik-teknik observasi. At-Taqaddum, 8, 21–46.
- Okpatrioka. (2023). Research and development (R&D): Penelitian yang inovatif dalam pendidikan. Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya, 1(1), 86–100.
- Bastian, I., Winard, R., Djatu, R., Fatmawati, & Dewi. (2018). Metoda wawancara. In Metodologi pengumpulan dan teknik analisis data (pp. 53–99).
- Sugiyono, P. D. (2019). Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D). Alfabeta.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1992). Qualitative data analysis: A sourcebook of new method. Universitas Indonesia (UI Press).
- Ma, J., Xue, Y., Han, Q., Li, X., & Yu, C. (2022). Motor bearing damage induced by bearing current: A review. Machines, 10(12).
<https://doi.org/10.3390/machines10121167>
- Siagian, S. (2017). Analisis karakteristik unjuk kerja kondensor pada sistem pendingin (air conditioning) yang menggunakan freon R-134a berdasarkan variasi putaran kipas pendingin. Bina Teknik, 11(2), 124.
<https://doi.org/10.54378/bt.v11i2.104>
- Masyrukan, M., Ngafwan, N., & Nugroho, T. S. (2017). Perbandingan kualitas material bearing merk SKF, FMB, NKK, dan JAL terhadap sifat fisis dan mekanis. Media Mesin: Majalah Teknik Mesin, 18(2), 91–99