

ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN VOLTASE PADA CHILLER YORK DENGAN STARTER STAR DELTA

¹Hendro Fujiawan

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tama Jagakarsa, Indonesia

Email: hfujiawan@gmail.com

Kata kunci:

ketidakseimbangan voltase, Chiller York, starter Star Delta, efisiensi energi, sistem kontrol.

Keywords:

voltage imbalance, York Chiller, Star Delta starter, energy efficiency, control system.

ABSTRAK

Pemakaian energi listrik untuk sistem pendingin mencapai 47% - 65% dari total keseluruhan energi listrik yang dipergunakan di gedung. Oleh karenanya, agar dapat mengurangi penggunaan energi, perlu dilakukan evaluasi, identifikasi dan rekomendasi, salah satu caranya adalah dengan mengganti unit mesin yang sudah berusia dan tidak efisien. Dalam prosesnya, mengingat kondisi bangunan yang harus tetap harus beroperasi saat proses penggantian mesin, sehingga departemen engineering terkadang hanya memutuskan untuk mengganti mesin utama yaitu chiller tanpa harus mengganti komponen pendukung (pompa, cooling tower, AHU, FCU serta instalasi pemipaan). Sehingga, dengan kondisi komponen pendukung yang kondisinya sudah tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketidakseimbangan voltase pada Chiller York yang menggunakan starter jenis Star Delta. Ketidakseimbangan voltase dapat menyebabkan berbagai masalah pada kinerja chiller, termasuk penurunan efisiensi dan peningkatan konsumsi energi. Penelitian dilakukan dengan pengukuran langsung dan analisis data dari sistem chiller. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan voltase yang terjadi berdampak signifikan pada performa chiller, terutama pada arus full load yang terbaca. Disarankan untuk melakukan pemeliharaan rutin dan penyesuaian pada sistem kontrol chiller untuk mengurangi dampak negatif dari ketidakseimbangan voltase.

ABSTRACT

The use of electrical energy for the cooling system reaches 47% - 65% of the total electrical energy used in buildings. Therefore, in order to reduce energy use, it is necessary to evaluate and take action with the recommendation, one way is to replace the engine units that are already active and inefficient. In the process, considering the building must remain operational during the engine replacement process, most of the engineering department only decided to replace the unit chiller only without the supporting components (pumps, cooling tower, AHU, FCU and piping installations). Thus, with the supporting components are in not perform condition; influencing to the chiller parameters deviate from the standard design parameters. This research aims to analyze the impact of voltage imbalance on a York Chiller using a Star Delta starter. Voltage imbalance can cause various issues in chiller performance, including decreased efficiency and increased energy consumption. The study was conducted through direct measurement and data analysis from the chiller system. The results indicate that the voltage imbalance significantly affects the chiller's performance, particularly the full load current reading. It is recommended to perform regular maintenance and adjustments on the chiller control system to mitigate the negative impacts of voltage imbalance.

PENDAHULUAN

Berdasarkan fungsinya untuk mengatur pengkondisian udara, Air Conditioner (AC) memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, baik dalam kategori skala yang besar untuk industri, commercial office dan juga skala rumah tangga. Banyak orang tergerak untuk mendapatkan kenyamanan terhadap temperature ruangan dengan menggunakan AC sebagai akibat dari kondisi iklim yang tidak menentu saat ini. Kondisi ini membuat pasar dari AC semakin meningkat sehingga pemakaian energi listrik juga menjadi lebih besar.

Pada sistem unit chiller, keseimbangan voltase adalah faktor kritis untuk memastikan operasional yang efisien dan andal. Ketidakseimbangan voltase, yang terjadi ketika nilai tegangan tidak merata antar fase dalam suatu sistem, dapat menimbulkan berbagai konsekuensi serius. Dalam konteks ini, latar belakang penelitian mengenai pengaruh ketidakseimbangan voltase pada chiller yorck menggunakan start delta menjadi sangat relevan.

Sementara itu, salah satu faktor elektrik yang dapat mengakibatkan motor induksi bekerja dalam kondisi tidak ideal adalah terjadinya ketidakseimbangan tegangan pada suplai daya listriknya. Ketidakseimbangan tegangan suplai merupakan kondisi pada sistem kelistrikan tiga-fasa dimana tegangan per-fasanya memiliki magnitudo berbeda dan/atau beda fasa yang tidak sama

Sistem suplai listrik harus dirancang dan dioperasikan untuk membatasi ketidakseimbangan tegangan maksimum hingga 3% ketika diukur pada meteran listrik dalam kondisi tanpa beban. Ini berarti pengguna bertanggung jawab untuk memverifikasi kondisi keseimbangan tegangan pabrik mereka sendiri. (ANSI C84 1)

Dalam penyaluran tenaga listrik sering terjadi pemakaian oleh konsumen secara bersamaan pada waktu tertentu dan adanya penambahan daya listrik oleh konsumen, sehingga mengakibatkan peningkatan permintaan suplai tenaga listrik atau disebut beban puncak (peak supplies). Beban puncak terjadi baik pada malam hari maupun siang hari pada waktu tertentu.

Dampaknya tidak hanya terbatas pada efisiensi operasional, namun juga dapat memicu kerusakan pada peralatan listrik. Peralatan yang terpapar ketidakseimbangan voltase berisiko mengalami overheating, penurunan umur operasional, dan bahkan kegagalan total. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang pengaruh ketidakseimbangan voltase menjadi esensial untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif dan memastikan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak ketidakseimbangan voltase terhadap performance chiller yorck, dengan tujuan akhir meningkatkan kinerja dan kehandalan sistem secara keseluruhan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang faktor ini, dapat dirancang solusi yang dapat mengoptimalkan efisiensi, mencegah kerusakan, dan menjaga kestabilan operasional.

Dalam penelitian ini, tujuan utama yang ingin dicapai adalah untuk mengungkap pengaruh ketidakseimbangan voltase terhadap kapasitas pendingin chiller York, serta untuk menilai kondisi aktualnya dibandingkan dengan desain unit yang ada.

Pertama, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak dari ketidakseimbangan voltase terhadap kinerja kapasitas pendingin chiller York. Dengan memahami

hubungan ini, diharapkan dapat ditemukan cara untuk mengoptimalkan kinerja chiller dalam kondisi operasional yang berbeda.

Kedua, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kondisi aktual dari chiller York tersebut dan membandingkannya dengan spesifikasi desain yang telah ditetapkan. Hal ini penting untuk menentukan apakah chiller beroperasi sesuai dengan ekspektasi awal yang direncanakan oleh desainnya.

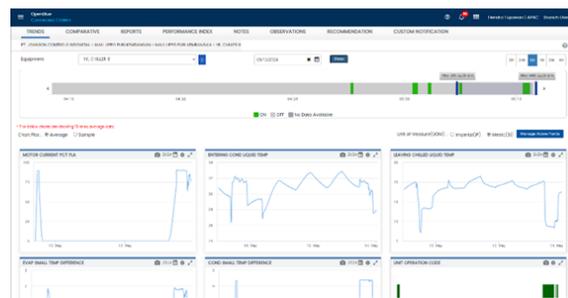
Dengan demikian, penelitian ini akan menyediakan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana ketidakseimbangan voltase dapat mempengaruhi kapasitas pendingin chiller York, serta memberikan gambaran yang jelas tentang sejauh mana kondisi aktual chiller tersebut sesuai dengan desain yang telah ditetapkan.

METODE

Metode pengukuran dibedakan menjadi 2 jenis yaitu dengan metode manual yaitu memasang peralatan diluar chiller serta pengukuran internal dengan memanfaatkan fitur chiller. Secara fitur, chiller dapat merekam penggunaan kW selama sepersekian waktu. Namun, pada proses analisis ini penulis memilih menggunakan metode pengukuran internal memanfaatkan fitur chiller yang ter record pada Smart Connecting Chiller untuk memudahkan penarikan data data yang diperlukan sebagai bahan analisis pembuatan skripsi ini.

Smart Connecting Chiller

Smart Connecting Chiller adalah aplikasi yang digunakan oleh York Chiller untuk memonitoring performa Chiller di setiap customer yang sudah bekerjasama atau kontrak service maintenance sehingga dapat memonitor performa dan kondisi Chiller jika terjadi alarm atau masalah pada Chiller. Dengan adanya SCC ini history Chiller dapat lebih banyak terrecord di bandingkan dengan record history pada Chiller yang hanya tersedia sebanyak 10 slot history yang dapat tersimpan.



Gambar 1. Tampilan Smart Connecting Chiller

Metode pengambilan data yang dilakukan dengan menarik data parameter voltase, amper, daya (kw), Full load amper dan temperatur pada Smart Connecting Chiller yang terpasang pada site Project Lippo Mall Puri Chiller no.8. Pengambilan data dilakukan pada saat kondisi full load atau beban puncak pendinginan yaitu pukul 11:00 sampai 16:00. Setelah proses pengambilan data

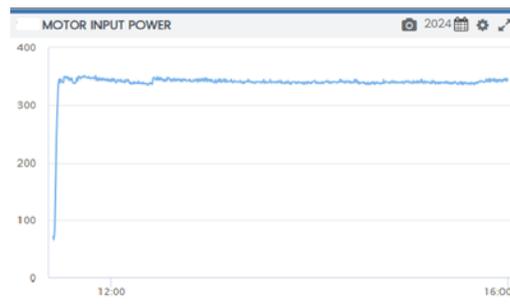
sudah lengkap, maka selanjutnya menganalisis data sehingga diperoleh Kesimpulan dari tugas akhir ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjabarkan mengenai metode dalam analisa performa chiller yang terjadi pada saat adanya ketidakseimbangan voltase pada saat Chiller beroperasi, dengan adanya batasan atau current limit setpoint dan Full Load Amper chiller dengan program operasional 100% atau bisa dibatasi sesuai kondisi dan kemampuan operasional chiller, parameter current limit dan Full Load Amper chiller secara program menggunakan parameter Amper yang masuk ke chiller sehingga apabila adanya ketidakseimbangan akan mempengaruhi pembacaan FLA pada display chiller. Pengambilan data tersebut diperlukan untuk menghitung dan menganalisa kapasitas pendingin serta efisiensi mesin chiller. Proses pengambilan data dilakukan pada saat beban chiller operasional puncak yaitu dari jam 11:00 sampai 16:00 dengan interval 15 menit.

Daya (kW) yang digunakan oleh chiller

Pengukuran aktual daya pada chiller didapatkan dengan cara pengambilan data yang terbaca pada chiller melalui Smart Connection Chiller yang dimiliki oleh Johnson Controls sehingga dapat terkumpul data pembacaan Daya selama Chiller beroperasi.



Gambar 2. Grafik daya (kW)

Temperature air yang mengalir di evaporator

Pengambilan data Temperature air yang mengalir di evaporator digunakan untuk menganalisis perubahan temperatur yang ada saat terjadi ketidakseimbangan voltase.



Gambar 3. Temperatur air keluar dari Evaporator

Motor Current pada Phase A, B dan C

Pengambilan data ini di gunakan untuk analisa perubahan amper saat terjadi ketidakseimbangan volatese sehingga dapat di kumpulkan data dari hasil monitor amper yang masuk ke chiller saat beroperasi.



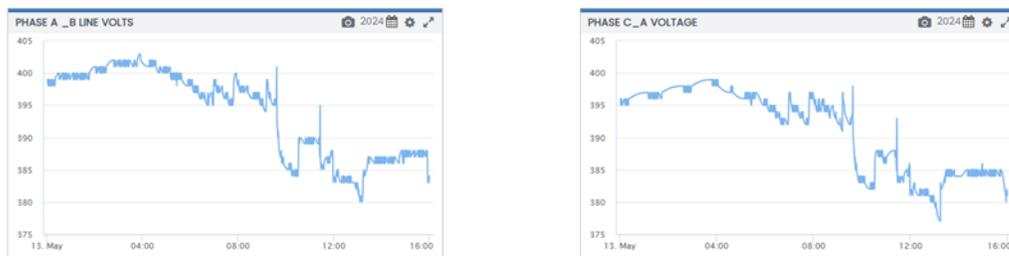
Gambar 4. Grafik Motor Current

Parameter data Chiller (Smart Connecting Chiller)

Merekam data FLA, Amper, Daya dan Temperature Air sebagai referensi penulis untuk melakukan analisis pengaruh ketidakseimbangan pada mesin chiller

Parameter voltase chiller

Pengambilan data ini digunakan untuk melakukan analisa adanya ketidakseimbangan voltase pada chiller sehingga di dapat data untuk penulis lakukan analisis pengaruhnya pada performa chiller.





Gambar 5. Parameter voltase chiller

Pengolahan Data

Sesuai dengan tujuan dari tugas akhir yaitu untuk mengetahui pengaruh yang di timbulkan sebagai akibat ketidakseimbangan voltase terhadap kinerja chiller serta perbandingan antara kerja aktual dengan desain dan voltase yang sesuai, maka di perlukan perhitungan efisiensi kw/tr chiller.

Tabel 1. Data yang terekam pada Smart Connecting Chiller

Tanggal	Waktu	Daya (kw)	FLA (%)	PhA-Amps (amps)	PhB-Amps(amps)	PhC-Amps (amps)	CHWS-T (degc)
13/05/2024	11:00	337,3	90%	588	628	582	9
13/05/2024	11:15	343,1	91%	590	633	584	8.89
13/05/2024	11:30	341,1	90%	588	631	582	9
13/05/2024	11:45	341,9	91%	593	628	580	8.89
13/05/2024	12:00	341,1	90%	588	631	582	8.89
13/05/2024	12:15	342,1	91%	590	628	584	8.89
13/05/2024	12:30	341,1	90%	588	633	580	8.78
13/05/2024	12:45	342,1	91%	590	628	584	8.89
13/05/2024	13:00	340,1	90%	588	626	582	8.83
13/05/2024	13:15	341,4	91%	590	628	580	8.83
13/05/2024	13:30	339,7	90%	586	626	582	8.78
13/05/2024	13:45	341,4	89%	590	628	580	8.89
13/05/2024	14:00	340,5	90%	588	626	584	8.78
13/05/2024	14:15	341,9	89%	593	628	580	8.67
13/05/2024	14:30	340,5	90%	590	626	582	8.78
13/05/2024	14:45	341,2	89%	588	628	584	8.67
13/05/2024	15:00	340,5	90%	590	626	582	8.78
13/05/2024	15:15	342,3	89%	588	631	584	8.67
13/05/2024	15:30	340,1	90%	586	628	582	8.67
13/05/2024	15:45	340,6	89%	588	626	580	8.56
13/05/2024	16:00	340,7	90%	586	631	582	8.66

Tabel 2. Data volatase yang terekam pada smart Connecting Chiller

Tanggal	Waktu	PH AB-V (volt)	PH BC-V (volt)	PH CA-V (volt)
13/05/2024	11:00	383	384	381
13/05/2024	11:15	388	389	385
13/05/2024	11:30	387	388	384
13/05/2024	11:45	388	389	385
13/05/2024	12:00	387	388	384
13/05/2024	12:15	388	389	385
13/05/2024	12:30	387	388	384
13/05/2024	12:45	388	389	385
13/05/2024	13:00	387	388	384
13/05/2024	13:15	388	389	385
13/05/2024	13:30	387	388	384
13/05/2024	13:45	388	389	385
13/05/2024	14:00	387	388	384
13/05/2024	14:15	388	389	385
13/05/2024	14:30	387	388	384
13/05/2024	14:45	388	387	385
13/05/2024	15:00	387	388	384
13/05/2024	15:15	388	389	385
13/05/2024	15:30	387	388	384
13/05/2024	15:45	388	389	385
13/05/2024	16:00	387	388	384

Tabel 3. Simulasi perhitungan pengaruh ketidakseimbangan voltase

No	Voltage			Average Voltage	Ampere			Average Ampere	KW Input (KW)	FLA Display %	FLA Aktual %	Selisih
	R	S	T		R	S	T					
11:00	383	384	381	382,7	588,0	628,0	582,0	599,3	337	90%	84%	6%
12:00	387	388	384	386,3	588	631,0	582,0	600,3	341,1	90%	85%	5%

Data design Chiller untuk kondisi 100% :

FLA : 693

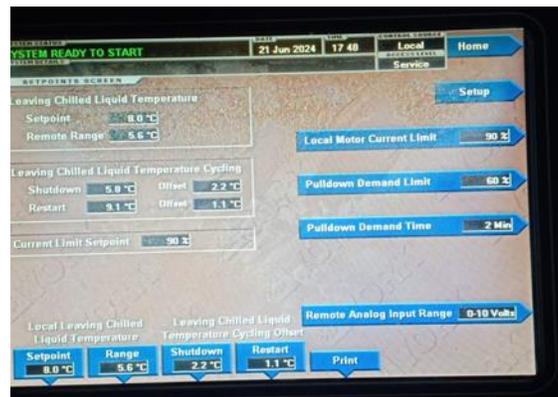
KW : 400

Berdasarkan tabel 3. terlihat adanya selisih yang terjadi dikarenakan pada kondisi aktual akibat dari ketidakseimbangan voltase mengakibatkan salah satu amper tinggi sehingga

Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Voltase pada Chiller York dengan Starter Star Delta

pembacaan FLA pada display akan terbaca sesuai dengan perhitungan amper tertinggi tersebut, akibat dari hal tersebut performa chiller menjadi tidak optimal karena sudah terbatas oleh program Current limit setpoint 90% yang mana aktual kinerja motor jika melihat kW yang terbaca tidak optimal dan tidak sesuai dengan persentase FLA pada display chiller hal ini bisa mengurangi kemampuan operasional Chiller dan berkurangnya kapasitas Chiller itu sendiri. Perhitungan FLA aktual adalah menggunakan perhitungan dari KW input motor yang di hasilkan sehingga didapat perbandingan antara design dan juga perhitungan aktualnya dengan rumus sebagai berikut:

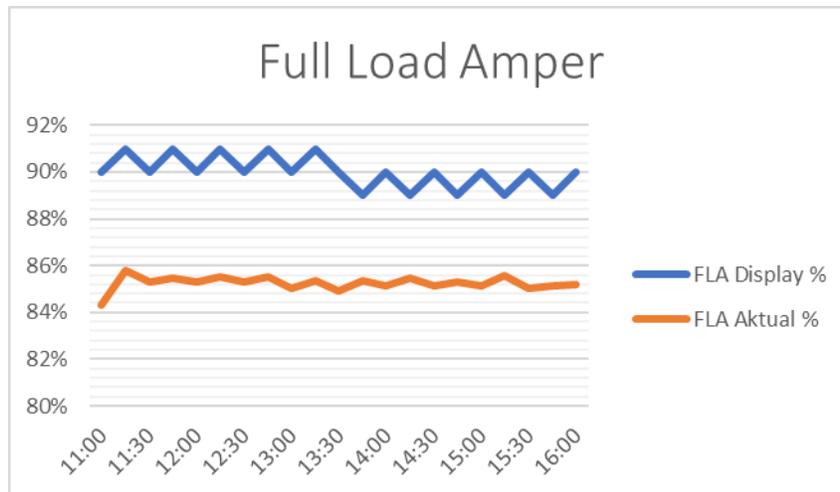
$$KW = \frac{Voltage \times Amper \times 0,85 \times 1,73}{1000} \quad (2.5)$$



Gambar 6. Program set point FLA Chiller

Design Load		Evaporator	Condenser	Nameplate Information	
Passes	2	2		Motor Code	5CP
Design Working Pressure	1.0	1.0		Volts	380
Fouling Factor	0.0176	0.0440		Phases	3
Pressure Drop	77.6	84.2		Frequency (Hz)	50
Nozzle Arrangement In	C	R		LRA	4500
Nozzle Arrangement Out	B	S		Full Load Amps	693
Leaving Temperature	6.67	34.74		Inrush Amps	2024
Return Temperature	12.22	30		System Information	
GPM	1675	2275		Refrigerant	R-134A
Tubes	409	557		Tons	700
				Gear Code	RR
				Liquid Type	WATER

Gambar 7. Data design unit Chiller



Gambar 8. Grafik perbandingan FLA Display dengan Perhitungan FLA actual

Tabel 4. Perhitungan deviasi

Tanggal	Waktu	FLA Display	FLA Aktual	Deviasi
13/05/2024	11:00	90%	84%	6%
13/05/2024	11:15	91%	86%	5%
13/05/2024	11:30	90%	85%	5%
13/05/2024	11:45	91%	85%	6%
13/05/2024	12:00	90%	85%	5%
13/05/2024	12:15	91%	86%	5%
13/05/2024	12:30	90%	85%	5%
13/05/2024	12:45	91%	86%	5%
13/05/2024	13:00	90%	85%	5%
13/05/2024	13:15	91%	85%	6%
13/05/2024	13:30	90%	85%	5%
13/05/2024	13:45	89%	85%	4%
13/05/2024	14:00	90%	85%	5%
13/05/2024	14:15	89%	85%	4%
13/05/2024	14:30	90%	85%	5%
13/05/2024	14:45	89%	85%	4%
13/05/2024	15:00	90%	85%	5%
13/05/2024	15:15	89%	86%	3%
13/05/2024	15:30	90%	85%	5%
13/05/2024	15:45	89%	85%	4%
13/05/2024	16:00	90%	85%	5%

Sesuai dengan data yang terbaca pada tabel 4. Perhitungan deviasi bahwa terjadi perbedaan kondisi aktual dengan pembacaan, dapat dilihat bahwa adanya perbedaan antara FLA pada display

Chiller dengan FLA seharusnya atau aktual yang mana terjadi karena program FLA pada Chiller menggunakan parameter dari pembacaan amper tertinggi yang terbaca pada current transformer sehingga hal ini mengakibatkan berkurangnya kemampuan dan kapasitas Chiller saat beroperasi karena pembacaan sudah maksimal current limit yaitu di setting 90% namun kondisi aktual jika melihat dari KW motor bahwa kinerja motor Chiller tidak sesuai dengan pembacaan FLA Chiller. Pengaruh kinerja kontrol chiller yang mungkin tidak presisi dalam proses pengaturan kerja komponennya. Hal tersebut tentu akan berdampak pada proses kerja chiller itu sendiri dalam mencapai target temperature yang ditentukan.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisis mendalam terhadap sistem chiller, temuan-temuan berikut menjadi titik fokus utama terkait dampak ketidakseimbangan voltase pada performa chiller York. Pertama, ketidakseimbangan voltase pada chiller menghasilkan perbedaan yang signifikan antara pembacaan Full Load Amper (FLA) yang tercatat pada kondisi aktual dan yang ditampilkan pada display chiller. Kondisi ini disebabkan oleh salah satu fase yang mengalami arus lebih tinggi dari yang seharusnya, sehingga FLA yang tertera pada display tidak mencerminkan secara akurat kondisi operasional sebenarnya.

Kedua, efisiensi operasional chiller terpengaruh secara nyata oleh ketidakseimbangan voltase ini. Meskipun angka FLA yang ditampilkan menunjukkan nilai yang tinggi, pembacaan KW motor tidak sesuai dengan persentase FLA tersebut. Artinya, meskipun secara visual chiller terlihat bekerja pada kapasitas penuh, kinerja sebenarnya dari motor chiller tidak mencapai optimalitas yang diharapkan.

Ketiga, dampak terbesar dari ketidakseimbangan voltase adalah degradasi kapasitas pendinginan chiller. Batasan program current limit setpoint yang membatasi operasi chiller pada 90% FLA mengakibatkan penurunan kemampuan operasional secara keseluruhan. Akibatnya, kapasitas pendinginan chiller menurun secara signifikan dan tidak lagi sesuai dengan kapasitas desain yang seharusnya.

Secara keseluruhan, temuan ini menyoroti betapa pentingnya menjaga keseimbangan voltase untuk memastikan kinerja optimal dari chiller York. Dengan memahami dampak langsung dari ketidakseimbangan ini, dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan yang tepat guna memastikan chiller beroperasi sesuai dengan kapasitasnya yang dirancang, serta memaksimalkan efisiensi dan efektivitas operasional dalam lingkungan pendinginan yang kritis.

Untuk meningkatkan performa dan efisiensi operasional chiller berdasarkan hasil analisis, beberapa saran praktis telah diidentifikasi. Pertama, peningkatan sistem monitoring chiller dengan teknologi presisi akan membantu mendeteksi ketidakseimbangan voltase secara lebih akurat, menjaga performa optimal. Kedua, kalibrasi berkala pada sistem kontrol chiller sangat penting untuk memastikan data FLA yang akurat dan konsisten. Ketiga, perbaikan sistem distribusi listrik, termasuk pemeriksaan rutin pada kabel dan konektor, akan mengurangi risiko ketidakseimbangan voltase. Keempat, optimalisasi program current limit setpoint perlu dievaluasi untuk memastikan tidak ada pembatasan yang berlebihan yang mengurangi kemampuan operasional chiller. Kelima,

pelatihan operator tentang pemantauan voltase dan tindakan pencegahan ketidakseimbangan voltase akan meningkatkan pemahaman dan kemampuan mereka dalam menjaga performa chiller. Dengan implementasi saran-saran ini, diharapkan chiller dapat beroperasi dengan lebih efisien dan konsisten sesuai dengan kapasitas dan desainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Mochamad Safii (2021) “Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Air Yang Masuk Kondensor Terhadap Performa Mesin Chiller “ Universitas Mercu Buana
- Mimin Roi Marling Dan Muhammad Mujahidin (2018) “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Rugi Daya Pada Trafo Daya Pln Gardu Induk Bulukumba” Universitas Muhammadiyah Makassar
- All-Test Pro. Diakses pada 12 Desember 2023. <https://alltestpro.com/id/dampak-ketidakseimbangan-tegangan/>
- Mutiara Zahra Kurnia, I Made Wiwit Kastawan, Parno Raharjo (2023) “Pengaruhketidakseimbangan tegangan pada suplai daya listrik terhadap kecepatan putaran dan efisiensi motor induksi 3-fasa” Politeknik Negeri Bandung
- Institute Teknologi Batam (ITEBA). Diakses pada 12 Desember 2023. <https://iteba.ac.id/blog/perbedaan-metode-penelitian-kualitatif-kuantitatif-gabungan/#:~:text=Metode%20Gabungan,kuantitatif%20dan%20kualitatif%20atau%20sebaliknya.>
- HAFID NUR SHAFUAT, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D. (2021). Perancangan kompresor sentrifugal dan simulasi numerik dengan variasi sudut sisi keluar impeller (Universitas Gajah Mada). <https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/kompresor-sentrifugal-centrifugal-compressor/>
- Rindika, Asep; Indra, Saputra;. (2020). Analisa Performansi tipe water cooled centrifugal kapasitas 2000 TR pada gedung central park mall Jakarta Barat
- Sunardi, Rahmad Budiman, Wawan Gunawan (2023). Perancangan Modul Pemantau Tegangan, Arus, dan Daya Listrik Tiga Fasa Chiller Room Via Data Logger Transcend MicroSD Gedung The Tower Jakarta. <https://www.omazaki.co.id/studi-ketidakseimbangan-tegangan/>
- Faiz Addeawami, Ananda Yhuto Wibisono Putra : (2022). Sistem Kerja Rangkaian Kontrol Star Delta Pada Motor Fas (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)



work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License