

PROBLEMATIK BEBERAPA PENGGUNAAN VSD PADA SYSTEM PENGKONDISI UDARA SENTRAL DI JAKARTA

Oleh

Marhaendra Natawibawa

Prodi Teknik Mesin – Universitas Sains Indonesia

Email: marhaendra.natawibawa@lecturer.sains.ac.id

Abstract

The utilization of VSD in centralized air conditioning systems has been applied for years for efficiency purposes. However, found in real implementation has not been really applied as its function yet. This paper will present real site implementation of applying VSD on regulating the motor speed of chilled water pump as its function [1] to control the chilled water flow rate [2] go into the evaporator to let the chiller work as correspond on cooling demand at the actual load level and at its necessary power input. By analyzing some related parameters such as temperature, water pressure and amperes measured and observed to be the raw data then they will show the working performance of chiller impact on energy consumed to be evaluated on its efficiency impact. Found the real implementation at this site the VSD does not look like varying the speed of motor pump as usually applied but more by being set at certain frequency such as 32 Hz. Then mostly the chiller cannot be run as high as cooling demand as running at only about 50-60% as lower chilled water flow rate flowing into the evaporator. Other than that it looks efficiency of refrigeration effect on handling the building load is not good enough as mentioned in catalogue/reference with difficulties on reaching the target chilled water leaving temperature.

Keyword: Variable Speed Drive (VSD), temperature, chiller efficiency, HVAC System, Energy Efficiency

1. PENDAHULUAN

Penggunaan VSD pada sistem pengkondisi udara sudah lama dan banyak digunakan di gedung-gedung komersial. Harapan utama penggunaan VSD adalah untuk energy efficiency [2] dalam rangka mengurangi konsumsi energi [3] tanpa mengurangi fungsi kenyamanan udara [4]. Dalam tulisan ini, evaluasi penggunaan VSD diaplikasikan pada kerja pompa air dingin (*chilled water pump*) dari sistem pengkondisi udara sentral di gedung perkantoran sebagai tempat dimana penelitian ini dilakukan. Di dalam bekerjanya, VSD mengatur kecepatan putar motor dengan mengatur frekuensinya Listrik yang diberikan ke motornya [1]. Karena bervariasinya

frekuensi listrik yang masuk, maka bervariasi juga kerja motor pompa berputar [5]. Oleh

karenanya aliran air dinginpun (*chilled water flow*) akan bervariasi mengikuti cooling demand sebagaimana deteksi sensor dari kerja VSD tersebut.

Secara historis pemanfaatan VSD dilakukan dalam rangka mensiasati perbedaan temperatur udara (luar) yang begitu besar pada musim dingin (winter) [3].



Gambar 1. Chilled Water System

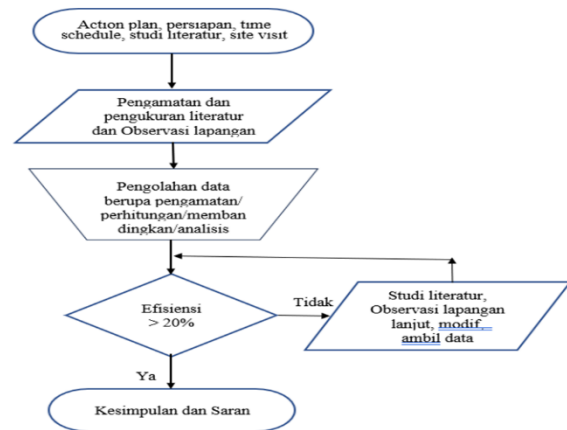
Diagram kerja sistem pengkondisi udara adalah sebagaimana di Gambar 1.

Pada penelitian penggunaan kerja VSD ini didapati kerjanya tidak sinkron dengan variasi nyata *cooling demand* yang terjadi. Kerja VSD itu hanya di-stel pada frekuensi tertentu saja dan bukan fluktuasi. Pada kondisi ini didapati juga kerja pompa yang terbatas [6] sehingga sepertinya kerja chiller-pun ikut terbatas walau pada cooling demand yang menaik; artinya adanya VSD malah membuat kerja sistem terutama chiller jadi tidak efektif. sehingga akhirnya berdampak pada efisiennya kerja chiller [7]. Disinilah permasalahan penggunaan VSD bermula.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan pengukuran langsung di lapangan pada beberapa parameter seperti temperatur, tekanan, amper dan aliran airnya. Pengamatan juga diarahkan pada running data yang terlihat di display control dari chiller. Data-data itu akan jadi data mentah.

Beberapa analisis dilakukan melalui beberapa Perhitungan dan untuk kemudian dibandingkan dengan spesifikasi chiller dan pompa untuk evaluasi tingkat kerja sistem. Kegiatan lengkap penelitian sebagaimana di Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart of Activities

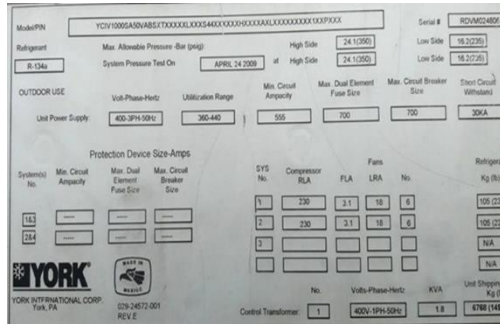
Beberapa data yang diamati adalah seperti ditunjukkan water pressure gauge tentang discharge pressure dari pompa dan pengamatan perbedaan tekanan air antara inlet dan outlet aliran air dari/ke chiller untuk mengestimasi jumlah aliran air yang bekerja saat itu dengan bantuan rujukan katalognya di samping penggunaan water flow meter. Ampere clamp meter dan data amper yang terlihat di control juga dilakukan/diamati untuk dapatkan data amper kerja. Digital thermometer digunakan untuk dapatkan temperature udara.

3. Data dan Pembahasan

Lapangan yang digunakan untuk penelitian adalah gedung per-bank-an berlokasi di Jakarta selatan, dimana chiller and pompa di tempatkan di atap dari lantai 8. Ada 2 unit pengolah udara untuk tiap lantainya yang pendistribusian udaranya menggunakan saluran udara (*ductwork*).

Spesifikasi chiller terlihat pada nameplate

Gambar 3 dan yang tertulis pada katalog Gambar 4 dan Gambar 5 sebagaimana berikut:



Gambar 3 Nameplate Chiller

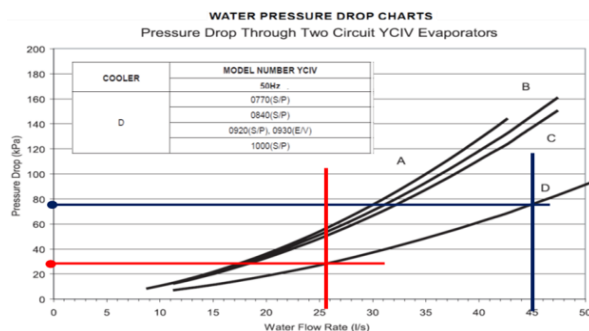
Standard Efficiency (SE) Models		YCIV1000		YCIV1070		YCIV1180		YCIV1340		YCIV1500	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Chilled Liquid	Liquid Outlet Temperature	4.4 to 15.6									
	Glycol Outlet Temperature	-9 to 15.6									
	Temp. Range	3 to 10									
	Evaporator Flow Rate	11.4	50.5	15.8	75.7	18.9	75.7	18.9	75.7	18.9	75.7
Ambient Air	Evaporator Pressure Drop	7.2	92.9	6.2	86.1	11.0	105.1	11.0	105.1	11.0	105.1
	Maximum Water Side Pressure	10									
	Air Entering Temperature	-18 to 52									
	Fan	Standard Fans									
Maximum Refrigerant Side Pressure	Available Static Pressure	10									
	2 Speed Fans	10									
	High Static Fans	100									
	Maximum Refrigerant Side Pressure	16									
Power Supply Voltage 400V, 3 ~, 50 Hz (nominal)		360 to 440									
Recommended Minimum System Water Volume		litres 950 1000 1100 1250 1400									

Gambar 4 Spesifikasi Chiller pada katalog

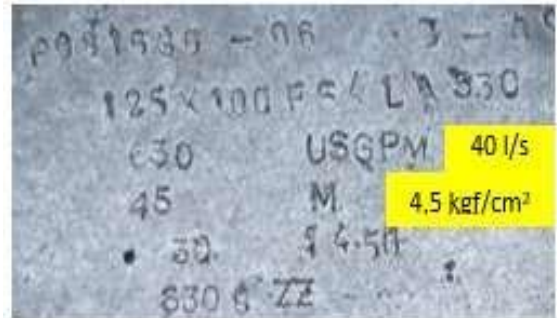
Part Load Rating Data				
Load %	Ambient (°C)	Capacity (kW)	Total kW	Unit Efficiency (kW/kW)
100	35.0	1000	298.9	3.345
90	35.0	900.0	260.8	3.451
80	35.0	800.0	228.1	3.507
70	35.0	700.0	198.1	3.535
60	35.0	600.0	165.9	3.616
50	35.0	500.0	139.9	3.575
40	35.0	400.0	114.4	3.495
30	35.0	300.0	88.82	3.378
20	35.0	200.0	58.84	3.400

Gambar 5 Efisiensi kerja chiller vs beban chiller

Sedangkan jumlah air dingin yang bekerja pada pressure drop yang terjadi antara tekanan air masuk/keluar chiller adalah:



Gambar 6 Water flow rate vs Pressure drop Untuk spesifikasi pompa pada nameplate:



Gambar 7 Nameplate Pompa Air Dingin

Kerja pompa air dingin ini dikendalikan oleh VSD yang memberikan input listrik ke motor pompa seperti data berikut ini:



Gambar 8 Kerja VSD terpasang di Pompa

Gambar 9 Tekanan air masuk/keluar chiller

Dari spesifikasi terlihat nominal chiller capacity 270TR x 2 unit running yang dalam bekerjanya menangani dan mengkondisikan temperature aliran air dingin (*chilled water flow rate l/s*) yang tekanan air masuk/keluar chiller (dalam hal ini masuk/keluar evaporator dari chiller) adalah 1,4 kgf/cm² dan 1,1 kgf/cm²

sebagaimana terlihat di Gambar 9. Perbedaan temperatur air terjaddi adalah 9,1°F atau 5°C.

Artinya jumlah air dingin (*chilled water flow*) yang bekerja di chiller (evaporator) adalah sebanyak 0,3 kgf/cm² atau 30 kPa. Itu berarti debit air dingin yang bekerja di chiller hanya 22-25 liter/s atau 396 GPM padahal sesuai spesifikasi dalam katalog seharusnya tekanan dari air dingin (sebagai representasi beban atau *cooling demand*) yang seharusnya bekerja adalah sekitar 80 kPa atau 40-45 liter/s atau sekitar 635 GPM.

Pada kondisi ini chiller membaca bahwa beban atau *cooling demand* dianggap sedang mengecil. Maka kerja chillernya pun mengecil yaitu bekerja sebagai part load sekitar (25/45) x 100% = 55,5%. Pada kondisi ini berarti efisiensi kerja chiller mengecil dari 3,616 kW/kW menjadi 3,575 kW/kW. Hal lainnya adalah kerja pompa yang sudah dipersiapkan dan di-investasikan untuk kerja di 40 liter/s tapi nyatanya kerja maksimalnya hanya di 25 liter/s karena terbatas akibat pengaruh VSD sehingga kerja listrik input yang masuk ke pompa ter-stel tetap pada 32 Hz saja.

Padahal juga stelan temperature udara sebagai temperatur harapan penghuninya adalah 23 °C. Sedangkan aktual temperatur udara yang terjadi adalah sebagaimana hasil pengukuran di bawah terlihat di Gambar 10 berikut ini:



Gambar 10 Hasil Pengukuran temperatur udara

Terlihat bahwa temperatur udara yang didapat masih ada di atas temperatur udara yang

diharapkan itu yaitu 23°C akibat sistem atau chiller yang hanya bekerja di 55,5% saja.

Formula dasar untuk menghitung kapasitas:

$$Q \text{ (Btu/h)} = (\dot{V} \times \rho) \times C_p \times (T_{in} - T_{out}) \times 60 \text{ min/hr}$$

$$Q \text{ (Btu/h)} = 500 \times \dot{V} \text{ (GPM)} \times \Delta T \text{ (°F)}$$

$$Q \text{ (TR)} = (\dot{V} \text{ (GPM)} \times \Delta T \text{ (°F)}) / 24$$

$\dot{V}$: Volume flow rate (USGPM)

ρ : Density of water (8.34 lb/Gal)

C_p : Specific heat of water (1.0 Btu/lb.°F)

T : Water temperature (°F)

$$Q \text{ (TR)} = (396 \times 9.1) / 24 = 150.15 \text{ TR}$$

Artinya kerja chiller hanya 150TR/chiller pada kapasitas nominal 270TR.

Penjelasan bahwa kerja pompa air dingin yang dipengaruhi kerja VSD dalam memvariasikan frekuensi dari Listrik yang masuk ke pompa air adalah dengan formula [6]:

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

Dengan kerja motor pompa air dingin yang bekerja pada frekuensi yang lebih rendah yaitu pada 32 Hz saja, maka kecepatan motor pompanya pun akan menjadi putaran sebesar N_2 (Rpm). Oleh karenanya debit aliran air yang disirkulasi pun menjadi Q_2 (l/s) yang dalam hal ini adalah sekitar 396 GPM.

4. KESIMPULAN

1. Akibat kerja VSD yang selalu hanya memberikan frekuensi input sebesar 32 Hz yang berakibat kapasitas kerja chiller terbatas/sulit untuk bekerja lebih tinggi.
2. Temperatur udara yang dicapai ada di atas temperature yang diharapkan yaitu di atas 23°C
3. Karena kerja VSD tetap dalam arti tidak berfluktuasi maka akan mempengaruhi efisiensi kerja chiller dalam sistemnya.
4. Secara keseluruhan, efisiensi kerja sistem jadi lebih rendah

5. REKOMENDASI

1. Kerja VSD perlu lebih presisi sehingga perlu lebih fleksibel/berfluktuasi mengikuti *cooling demand*. [10]
2. Keakuratan kerja sensors yang mempengaruhi kerja VSD perlu dievaluasi.

REFERENCES

- [1] Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2022). Design of an Ergonomic Crackers Dryer to Increase Production Productivity at Rahayu Krupuk SME. *Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering*, 31–34. <https://doi.org/10.1145/3468013.3468305>.
- [2] Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2021). Perancangan Pengereng Kerupuk “Smart Fuse Water Dryer” Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi Di Ukm Rahayu Kerupuk. *Jurnal Simetris*, 12 (2).
- [3] D. Watanabe, "The Influence of Optimizing The Difference of Water Flow Rate to Energy Efficiency," Research India Publications, p. 1, 2017.
- [4] M. S. Y. T. A.-Q. Y. N. Jachun Lim, "Feasibility Study on Variable-Speed Air Conditioner under Hot Climate based on Real-Scale Experiment," MDPI, p. 2, 2019.
- [5] M. Luigi Schibuola, "Variable Speed Drive Technology Applied to HVAC System for Energy Savings," Elsevier Energy Procedia, p. 1, 2018.
- [6] M. F. H. Z. M. S. Hazlina Selamat, "Review on HVAC System Optimization Towards Energy Saving Building Operation," International Energy Journal, p. 1, 2020.
- [7] S. N. Patrialova, "The Characteristic of Variable Frequency Drive fot Water Flow Control," The Journal of Engineering, p. 1, 2021.
- [8] R. M. E.-M. M. F. Mohamed Sadek, 2023, "Evaluation of Variable Speed Drives to Improve Energy Efficiency and Reduce Gas Emissions," Faculty of Petroleum and mining engineering, Suez University.
- [9] L. L. E. H. M. Gideon Edgar Du Plessis, "The use of variable speed drives for cost-effective energy savings in South African Mine Cooling System," Elsevier, p. 2, 2013.
- [10] Johnson Controls, Air Cooled Condenser Chiller, Johnson Controls Inc.
- [11] "Air Cooled Screw Chiller Performance Datasheet," Johnson Control Inc, Milwaukee, 2022.
- [12] N. S. E. G. K. Karunakaran, "Variable Speed Compressor based Energy Savings in Air Conditioning System," Research Gate, p. 3, 2019.
- [13] Windy H. Mitrakusuma, Apip Badarudin, Susilawati, 2022, "Split Type Air Conditioner Under Varied Outddoor Air Temperature", Semarak Ilmu Publishing.
- [14] Rahmat, R., Sumardiyanto, H., Laksana, R. N., Natawibawa, M., Anggara, D., & Munawar, K. (2024). Rancang Bangun Mesin Stirling Tipe Gamma Menggunakan Metode Vdi 2221. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 14-22.
- [15] Rahmat, D. W. K. (2019). Pengembangan Mesin Stirling Tipe Gamma Sebagai Tenaga Penggerak Kipas Angin. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah*



-
- Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(1), 28-36.
- [16] Iskandar, I. (2022). Analisa keretakan material mounting boom hydraulic excavator merk Hitachi ZX-470 LC-3F di PT. Darma Henwa Tbk tambang Asam-asam Kalimantan Selatan. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(2), 124-136.
- [17] Kusumo, Probo; rokhmah, a. K. (2024). Perbaikan tata letak fasilitas departemen produksi cv. Decorus menggunakan systematic layout planning untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi. *Jurnal ekselenta*, 1(1).
- [18] Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan meja kerja pengolahan lele yang ergonomis menggunakan metode rasional. *Jurnal Ekselenta*, 1(1).
- [19] Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan produk toolbox dengan pendekatan ergonomi dan antropometri. *Jurnal Ekselenta*, 1(1), 1–7.
- [20] Sari, E. M., Mulyani, R., & Saepullah, a. (2024). Mengukur partnering dalam design-bid-build (dbb). *Jurnal ekselenta*, 1(1), 1–9.
- [21] Saepullah, A. (2024). Implementasi sistem barcode terintegrasi dengan sap erp pada sistem persediaan pt al 1. *Jurnal Ekselenta*, 1(1), 1–6.
- [22] Saepullah, A. (2024). Analisis Kecacatan Produk Pada Hasil Pengelasan Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). *Jurnal Ekselenta*, 1(1). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i2.3853>.