



**STUDI VARIASI PENYIMPANAN ENERGI TERMAL PADA SISTEM
PENDINGIN (HVAC) GEDUNG KOMERSIAL
(di BAWAH 150 kVA)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar strata satu (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



Disusun Oleh :
MOH. FIQI FIRMANSAH A
NPM. 219.010.5.2100

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

2023

ABSTRAK

Moh. Fiqi Firmansyah A. 2023. Studi Variasi Penyimpanan Energi Termal Pada Sistem Pendingin (HVAC) Gedung Komersial (Di Bawah 150 Kva).Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing: Ir. H. Margianto, M.T dan Cepi yazirin, S.Pd., M.T

HVAC atau *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* merupakan sistem yang penting untuk menjaga kenyamanan lingkungan dalam gedung komersial yang bertanggung jawab dalam pengaturan suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara. Salah satu masalah pada sistem *HVAC* adalah konsumsi energi yang cukup besar dalam menjalankan sistem tersebut. Sistem (*HVAC*) *Water cooled chiller* yang di kombinasikan dengan menggunakan *cold thermal energy storage (CTES)* yang didasarkan pada prinsip bahwa energi panas dapat disimpan dan digunakan kembali ketika diperlukan. Keunggulan *CTES* sendiri merupakan suatu metode penyimpanan energi yang dapat mengurangi konsumsi listrik *chiller*. Hal ini karena pengoperasian *CTES* dapat diatur untuk beroperasi di luar waktu jam beban puncak (LWBP), sehingga menghemat biaya listrik sekitar 20% dibandingkan dengan pengoperasian 24 jam penuh. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis sistem pendingin (*HVAC*) dengan menggunakan metode variasi *Cold Thermal Energy Storage (CTES)* yang memperhatikan waktu diluar beban puncak (LWBP) dan mengidentifikasi efektivitas dari penyimpanan energi *Thermal* dalam sistem pendingin (*HVAC*) pada gedung komersial dengan kapasitas kurang dari 150 kVA dengan model optimum yang dihasilkan dari analisis energi pada sistem *Cold Thermal Energy Storage (CTES)* dengan variasi penyimpanan penuh (*Full storage*), penyimpanan bertingkat (*Levelling storage*), penyimpanan sebagian 30%, penyimpanan sebagian 50%), penyimpanan sebagian 70%), penyimpanan sebagian 90%, di gedung komersial (di bawah 150 kVA). Penelitian ini menggunakan metode studi simulasi, dengan modeling dari sistem *CTES* yang menggunakan optimasi *simplex linear programming* yang di kombinasikan dengan 6 (Enam) variasi mode penyimpanan energi, dimana terdapat keseimbangan antara ukuran *CTES storage* dan air dingin (*water chilled*) yang disimpan. Penelitian ini membuktikan bahwa gedung rumah sakit memiliki keuntungan yang sangat signifikan.



Kata Kunci : Energi *Thermal*; Sistem pendingin (*HVAC*); *Cold Thermal Energy Storage (CTES)*; *Chiller*; Gedung Komersial.



ABSTRACT

Moh. Fiqi Firmansyah A. 2023. Studi Variasi Penyimpanan Energi Termal Pada Sistem Pendingin (HVAC) Gedung Komersial (Di Bawah 150 Kva). Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing: Ir. H. Margianto, M.T dan Cepi yazirin, S.Pd., M.T

HVAC or Heating, Ventilation, and Air Conditioning is an important system for maintaining environmental comfort in commercial buildings that is responsible for regulating temperature, humidity, and air circulation. One of the problems with HVAC systems is the considerable energy consumption in running the system. The (HVAC) Water cooled chiller system is combined with the use of cold thermal energy storage (CTES) which is based on the principle that heat energy can be stored and reused when needed. The advantage of CTES itself is an energy storage method that can reduce chiller electricity consumption. This is because the operation of CTES can be set to operate outside of peak load hours (LWBP), thus saving electricity costs around 20% compared to full 24-hour operation. This study aims to calculate and analyze the cooling system (HVAC) using the Cold Thermal Energy Storage (CTES) variation method that takes into account the time outside the peak load (LWBP) and identify the effectiveness of Thermal energy storage in the cooling system (HVAC) in commercial buildings with a capacity of less than 150 kVA with the optimum model resulting from energy analysis in the Cold Thermal Energy Storage (CTES) system with variations of Full storage, Levelling storage, 30% Partial storage, 50% Partial storage, 70% Partial storage, and 90% Partial storage. in commercial buildings (below 150 kVA). This research uses a simulation study method, with modeling of the CTES system using simplex linear programming optimization in combination with 6 (Six) variations of energy storage modes, where there is a balance between the size of CTES storage and chilled water stored.

Keywords: Thermal Energy; Cooling system (HVAC); Cold Thermal Energy Storage (CTES); Chiller; Commercial Building.

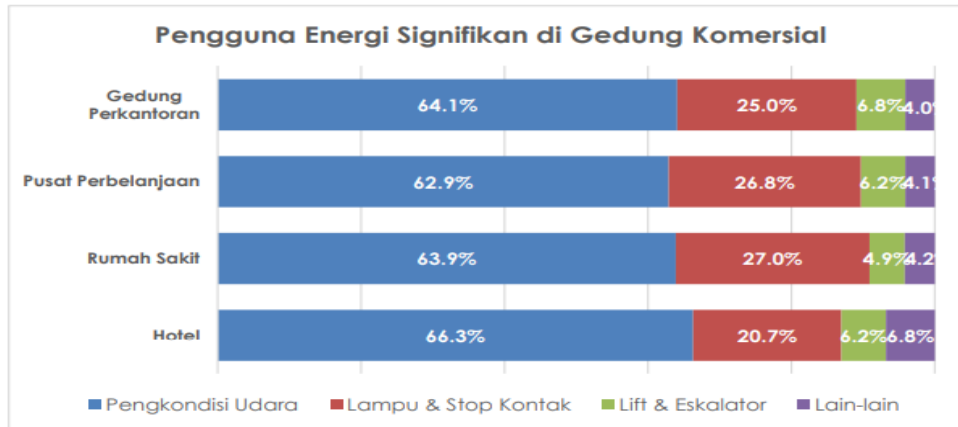
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

HVAC atau *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* merupakan sistem yang penting untuk menjaga kenyamanan lingkungan dalam gedung komersial. Sistem ini bertanggung jawab dalam pengaturan suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara. Salah satu masalah pada sistem *HVAC* adalah konsumsi energi yang cukup besar dalam menjalankan sistem tersebut. Penggunaan energi yang tinggi ini dapat memicu peningkatan emisi gas rumah kaca (ERK) dan meningkatkan biaya operasional gedung. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu yang dapat digunakan adalah sistem penyimpanan energi *Thermal*. Sistem penyimpanan energi *Thermal* dapat menyimpan energi yang dihasilkan oleh sistem *HVAC* saat kondisi lingkungan tidak memerlukan pendinginan atau pemanasan, sehingga dapat digunakan pada saat yang dibutuhkan. Studi mengenai variasi penyimpanan energi *Thermal* pada sistem pendingin (*HVAC*) gedung komersial (di bawah 150 kVA) dapat memberikan pemahaman mengenai efisiensi penggunaan energi pada sistem *HVAC*, sehingga dapat membantu mengurangi biaya operasional dan emisi gas rumah kaca (ERK).

Pada peraturan pemerintah No. 70 Tahun 2009 menerapkan batas penggunaan energi di atas 6000 *TOE* (*Ton Oil Equivalent*) atau setara dengan 70 GWh/tahun masih terlalu sedikit menjangkau pengguna energi terutama untuk bangunan gedung komersial. Konsumsi penggunaan energi di atas 6000 *TOE* (*Ton Oil Equivalent*) lebih banyak di sektor industri. Dari hasil *survey Benchmarking Specific Energy Comsumptions* pada Gambar 1.1 terdapat bangunan komersial peralatan pengguna energi yang lebih signifikan dari setiap gedung komersial adalah peralatan pengkondisian udara AC, dengan penggunaan energi di atas 62% (BB2TKE-BPPT, 2020). Banyak pengguna di gedung-gedung komersial memilih sistem pengkondisian udara AC, tanpa memikirkan penyebab tingginya konsumsi energi dan meningkatnya biaya listrik *HVAC*.



Gambar 1.1 Grafik pengguna energi signifikan di gedung komersial

Sumber:(B2TKE-BPPT, 2020)

Sistem *HVAC* telah menyediakan ruangan yang sangat nyaman, bagi pengguna gedung Perkantoran, pusat perbelanjaan, Rumah sakit dan Hotel dengan sistem pendingin sentral yang menyumbang porsi yang signifikan dari konsumsi energi sistem *HVAC*. Meningkatnya sistem efisiensi pendingin telah mendapat banyak perhatian karena mengurangi penggunaan energi sistem pendingin secara efektif pada kelestarian lingkungan. Sistem pengoperasian ini memainkan peranan yang sangat penting dalam efisiensi energi pendingin dalam kondisi yang sangat dinamis. Pengoptimalan sistem pendingin ini telah terbukti mengurangi konsumsi energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca (ERK).

Dalam penelitian ini sistem (*HVAC*) *Water coold chiller* yang di kombinasikan dengan menggunakan *cold thermal energy storage (CTES)* memperkenalkan konsep sistem pendingin (*HVAC*) baru. Konsep *CTES* sendiri didasarkan pada prinsip bahwa energi panas dapat disimpan dan digunakan kembali ketika diperlukan, dengan menggunakan media penyimpanan yang sangat baik dan digunakan di negara lain, dikembangkan dalam beberapa proyek penelitian di seluruh dunia. Salah satunya di Swedia, di mana sebuah kawasan hunain di kota vujong menggunakan sistem *CTES* sebagai bagian dari proyek "*Fossil Free Energy Districts*". Dalam proyek ini, *CTES* digunakan untuk menyimpan panas yang dihasilkan oleh sistem pemanas pusat, dan kemudian menggunakannya kembali ketika diperlukan, mengurangi penggunaan energi dan emisi karbon (Karl hilman et al, 2019).

Keunggulan *CTES* sendiri merupakan suatu metode penyimpanan energi yang dapat mengurangi konsumsi listrik *chiller*, dan juga dapat mengurangi biaya investasi, pengoperasian dan pemeliharaan dibandingkan dengan sistem pendinginan

HVAC konvensional yang tidak memperhatikan waktu beban puncak listrik. Hal ini karena pengoperasian *CTES* dapat diatur untuk beroperasi di luar waktu jam beban puncak (LWBP), sehingga menghemat biaya listrik sekitar 20% dibandingkan dengan pengoperasian 24 jam penuh (Biyanto et al., 2015)

Chiller merupakan sitem pendingin yang digunakan dalam gedung komersial untuk mengatur suhu udara dan menjaga kenyamanan lingkungan. Manfaat *chiller* dapat membantu mengurangi beban listrik dengan melakukan sistem penyimpanan energi *thermal*. Pada konsumsi listrik gedung dengan kategori mulai dari B-1 atau konsumsi energi di bawah 150 kva yang memiliki waktu diluar beban puncak seperti rumah sakit, klinik, atau fasilitas lainnya.

Dalam mendukung keterbaruan penelitian ini, pendekatan metode analisis energi *Coeffisient of Performance (COP)* kompresor, *chiller*, kondensasi, *water cooling* dan kapasitas *Cold thermal energi storage (CTES)* dapat beroperasi di luar jam beban puncak (LWBP), dengan variasi penyimpanan penuh (*Full storage*), penyimpanan bertingkat (*Levelling storage*), penyimpanan sebagian 30% (*30 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 50% (*50 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 70% (*70 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 90% (*90% partial storage*)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai kapasitas *chiller* untuk penyimpanan *chilled water* setiap variasi ?
2. Berapa nilai volume untuk penyimpanan *chilled water* setiap variasi ?
3. Bagaimana perbedaan konsumsi energi peralatan pada setiap variasi ?
4. Berapa hasil harga harian konsumsi energi listrik pada pendinginan langsung dan pendingin konvensional pada setiap variasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung dan menganalisis sistem pendingin (*HVAC*) dengan menggunakan metode variasi *Cold Thermal Energy Storage (CTES)* yang memperhatikan waktu diluar beban puncak (*LWBP*) dan mengidentifikasi efektivitas dari penyimpanan energi *Thermal* dalam sistem pendingin (*HVAC*) pada gedung komersial dengan kapasitas kurang dari 150 kVA dengan model optimum yang dihasilkan dari analisis energi pada sistem *Cold Thermal Energy Storage (CTES)* dengan variasi penyimpanan penuh (*Full storage*), penyimpanan bertingkat (*Levelling storage*), penyimpanan sebagian 30% (*30 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 50% (*50 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 70% (*70 % Partial storage*), penyimpanan sebagian 90% (*90% partial storage*) di gedung komersial (di bawah 150 kVA).

1.4 Batasan Masalah

1. Gedung komersial yang memiliki kebutuhan daya di bawah 150 kVA terhadap di luar waktu beban puncak (*LWBP*), seperti rumah sakit
2. Teknologi *Cold Thermal Energy Storage (CTES)* yang dikombinasikan dengan skema sistem *water cooled chilled*
3. Perhitungan profil kompresor pada *chiller* menggunakan *software coolpack* dengan media *refrigerant R134a*
4. Mode optimasi yang di gunakan adalah metode *simplex linear programming*
5. Profil beban listrik Gedung komersial yang digunakan mengikuti penelitian B2TKE-BPPT 2020

2.2 Sektor Komersial

Sektor Komersial adalah sektor yang terdiri dari perusahaan orang yang tidak terlibat dalam industri pengangkutan atau pengolahan, atau Manufaktur dan kegiatan industri lainnya seperti pertanian, pertambangan atau konstruksi. perusahaan komersial termasuk hotel, restoran, supermarket dan penjualan besar lainnya, promosi penjualan pengecer. lembaga pendidikan, sosial dan kesehatan, kantor swasta dan Kantor pemerintah dan layanan publik lainnya, jika Perusahaan yang mengoperasikannya dianggap komersial (B2TKE-BPPT, 2020).

Sektor komersial antara lain pemerintahan, kantor swasta dan pelayanan sosial. Penggunaan energi di sektor komersial pada pelayanan sosial memiliki konsumsi energi selama 24 jam dengan memperhatikan kebutuhan aktivitas manusia.

Kategori pelayanan sosial yang di tetapkan oleh PLN dengan tarif yang telah di tentukan sebesar Rp. 1.444,70 kWh.



**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)**

APRIL - JUNI 2023

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*	1.699,53	1.699,53
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*	1.699,53	1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ kVArh = $1.114,74$ ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ kVArh = $1.114,74$ ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***	Blok WBP dan Blok LWBP = $996,74$ kVArh = $996,74$ ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.699,53	1.699,53
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.415,01$ Blok LWBP = $1.415,01$ kVArh = $1.622,88$ ****)	-
12.	P-3/TR		*	1.699,53	1.699,53
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 $RM1 = 40$ (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.
 **) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 $RM2 = 40$ (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
 ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 $RM3 = 40$ (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
 ****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
 K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan-Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.
 WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 2.1 Tarif listrik per April-Juni tahun 2023

(Sumber: www.pln.co.id,2023)

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, hasil analisis termodinamika dapat dijadikan pandangan bagi pengguna gedung komersial dan pendingin dengan konsumsi energi pada gedung komersial di bawah 150 kVA untuk menentukan desain sistem pendingin (HVAC) yang lebih optimal dengan model CTES yang dapat dikembangkan melalui profil beban pendinginan bangunan komersial.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam menyediakan air dingin yang dibutuhkan untuk gedung komersial dibawah 150 kVA, variasi yang dapat dipelajari dalam termodinamika dalam penelitian ini, untuk penyimpanan air dingin penuh dan sebagian menggunakan 6 variasi penyimpanan dengan menggunakan teknologi *CTES*. Total beban pendinginan harian yang dibutuhkan dalam studi kasus gedung rumah sakit adalah 10448 kW/h refrigerasi yang digunakan untuk pendinginan air Berikut hasil yang diperoleh dalam analisis studi kasus ini:

1. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas *chiller* yang diperlukan untuk penyimpanan air dingin pada variasi penyimpanan penuh 1966 kW, penyimpanan bertingkat 573 kW, penyimpanan sebagian (*Partial storage*) 30% 804 kW, Penyimpanan sebagian 50% 1136 kW, penyimpanan sebagian 70% 1468 kW dan penyimpanan sebagian 90% 1799 kW.
2. Terlihat bahwa, volume tangki dalam variasi penyimpanan penuh adalah 1028 m³ dan *heat loss* 222 m³, variasi penyimpanan bertingkat 225 m³ dan *heat loss* 48,6 m³, variasi penyimpanan sebagian 30% , 308 m³ dan *heat loss* 67 m³, variasi penyimpanan sebagian 50%, 519 m³ dan *heat loss* 112 m³, variasi penyimpanan sebagian 70% , 727 m³ dan *heat loss* 157 m³, variasi penyimpanan sebagian 90%, 934 m³ dan *heat loss* 201 m³.
3. Dilihat dari grafik konsumsi energi peralatan yang berbeda untuk variasi penyimpanan penuh adalah 5442,46 kW/h, variasi penyimpanan bertingkat puncak adalah 5990,78 kW/h, variasi penyimpanan sebagian 30% adalah 9963,04 kW/h, sementara konsumsi energi pendingin gedung tanpa menggunakan tangki penyimpanan sebagian 50%, 70% dan 90%

terhadap luar waktu beban puncak adalah 5787,11 kW/h, 5846,47 kW/h, dan 5822,87 kW/h.

4. Hasil harga harian konsumsi energi listrik pada sistem pendinginan langsung atau pendinginan konvensional adalah Rp 9.680.873 dengan menggunakan teknologi *CTES*, variasi Penyimpanan penuh terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 7.833.831, variasi Penyimpanan bertingkat terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 8.654.878, variasi Penyimpanan sebagian 30%, 50%, 70%, 90% terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 8.380.993, Rp. 8.360.643, Rp. 8.446.338 dan Rp. 8.412.306. Dengan skenario 6 variasi pada sistem pendinginan menghasilkan penghematan konsumsi energi listrik tahunan, Penyimpanan penuh terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 674.170.244, Penyimpanan bertingkat terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 374.488.33, Penyimpanan sebagian 30%, 50%, 70%, dan 90% terhadap luar waktu beban puncak adalah Rp. 474.456.200, Rp. 481.883.969, Rp. 450.605.247, dan Rp. 463.027.029

5.2 Saran

- 1) Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk gedung rumah sakit terhadap jumlah *chiller* dan perubahan temperature setiap variasi *CTES*

DARTAR PUSTAKA

- Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE-BPPT), 2020. (n.d.-b).Biyanto, T. R., Alhikami, A. F., Nugroho, G., Hantoro, R., Bayuaji, R., Firmanto, H., Waluyo, J., & Sonhaji, A. I. (2015). *Thermal energy storage optimization in shopping center buildings. Journal of Engineering and Technological Sciences*, 47(5), 549–567. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2015.47.7>
- Erdemir, D., & Altuntop, N. (2018). *Effect of encapsulated ice thermal storage system on cooling cost for a hypermarket. International Journal of Energy Research*, 42(9), 3091–3101.
- Nyoman Suamir, I., Temaja, W., Putu, D. I., & Yana, E. I. (2021b). Analisis perbandingan berbagai sistem AC komersial pada aplikasi gedung hotel. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology Journal Homepage*, 2, 128–134.
- Wang, X, Liu, G., Zhang, G., dan Ma, L. (2015). *Performance analysis and optimization of a water-cooled chiller system. Applied Thermal Engineering*. 89, 1028-1037
- Ferdian Tandiling., Stefany Yunita Bara'langi. (2015).Sistem Akuisisi Data Besaran Listrik Gedung Komersial Ali Reaza Shaibani., Mohammad Mehdi Keshtkar., Pouyan Talebizadeh Sardari. (2019).*Thermo-Economic Analysis Of Early Storage System In Full And Partial Method with 2 Different Skenarios*
- Riffat., S. B., Ma, X (2016). *Thermal energy storage technologies sustainability; systems design, assessment and applications. Elsevier.*
- Lundqvist, per, and karl Hillman. "Circular Thermal Energy Storage-A Review of System, Compenets and applications." *Energies*12, no. 19 (2019):3697. Doi:10.3390/en12193697.
- Gabriele Comoodi., Francesco Carducci., Balamurugan Nagarajan., Alesandro Romagnolic (2016). *Application of cold thermal energy storage (CTES) for the management of hot climate building neds*
- Sabate, C.C., Santiago, V.B., & jabbari. (June 4-6, 2014). *Optimizing performance of a Thermal Energy Storage System. Portland, Oregon, USA,: American control conference (ACC) 2014*

- Circular Thermal Energy Storage: A Key Technology for a Sustainable Energy System." *Energies* 14, no. 3 (2021): 751. doi:10.3390/en14030751.
- Ade Firmansyah., Didik Notosudjono., Dede Suhendi., (2012). *Analysis Of The HVAC AutoMatic System In The Wisma BCA Pondok Indah Building*
- Sugianto., Harwata., Novia Aris Purnama Sari., (2018). *Maintenance Of Colling Machines For Water Conditioning (Chiller) System Of Radioactive Waste Treatment Plants.*
- Adi Winarta., Muhammad Amin., Nandy Putra., (2015). *Bess Wax PCM Application As And Energy Storage Tecnology In Domestic Water Heate*
- Abduljalil A., Al- Abidin., Sohif Bin Mat., K. Sopian., MY Sulaiman., CH Lim., Abdulrahman Th., (2012). *Overview Of Thermal Energy Storage For Water Conditioning Systems.*
- Kody M. Powell., Wesley J. Cole., Udememfon F. Ekarika., Thomas F. Edgar., (2013). *Optimun Chiller Loading In Electric Cooling System With Thermal Energy Storage.*
- Hu Lin., Xin-Hong., Li Peng-Sheng., Cheng., Bu-Gong Xu., (2014). *Study Of Cold Energy Storage In Water Conditioning System With Energy Savings.*
- Widya A Putri (2016). *Thermophysical Parameters Of Coconut Oil And Potential Applications As An Indonesian Thermal Energy Storage*
(Ashrae, A.H.-F., 1997)