

PERBANDINGAN EFISIENSI ENERGI SOLAR WATER HEATER (SWH) DAN ELECTRIC WATER HEATER (EWH) DALAM SKALA RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN LIFE CYCLE COST (LCC)

(COMPARISON OF SOLAR WATER HEATER (SWH) AND ELECTRIC WATER HEATER (EWH) ENERGY EFFICIENCY IN HOUSEHOLD SCALE USING LIFE CYCLE COST (LCC))

Nicco Plamonia¹, Muhammad Rizki Efendi², Azaria Andreas²

¹Universitas Pancasila; Badan Riset dan Inovasi Nasional

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: niccoplamonia@univpancasila.ac.id; nicco.plamonia@brin.go.id

Diterima 20 Maret 2023, Disetujui 28 April 2023

ABSTRAK

Paper ini membahas perbandingan efisiensi energi antara Solar Water Heater (SWH) dan Electric Water Heater (EWH) dalam skala rumah tangga menggunakan metode Life Cycle Cost (LCC). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efisiensi energi dan biaya yang dikeluarkan oleh kedua jenis pemanas air tersebut dalam kurun waktu 15 tahun. Metode yang digunakan meliputi observasi dan analisis data, serta pengukuran efisiensi energi dan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SWH lebih efisien secara energi dan ekonomis dibandingkan dengan EWH. Biaya instalasi yang lebih tinggi pada SWH terbayar dalam waktu yang lebih cepat karena biaya operasional yang lebih rendah dan umur layanan yang lebih panjang. Oleh karena itu, SWH merupakan pilihan yang lebih baik dalam jangka panjang untuk rumah tangga yang ingin menghemat biaya dan energi dalam penggunaan pemanas air.

Kata Kunci: *Solar Water Heater, Electric Water Heater, efisiensi energi, Life Cycle Cost, biaya*

ABSTRACT

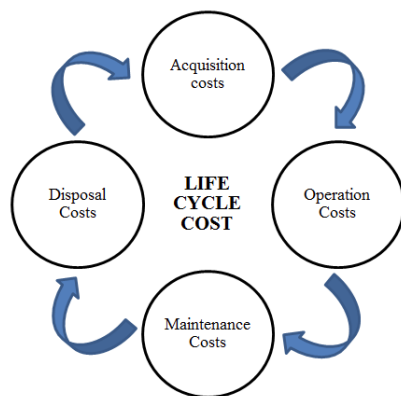
This paper compares the energy efficiency of Solar Water Heater (SWH) and Electric Water Heater (EWH) in a household scale using Life Cycle Cost (LCC). The study aims to evaluate the economic viability and environmental impact of both systems. The research methodology includes data collection, analysis, and comparison of the two systems using LCC. The results show that SWH is more cost-effective and environmentally friendly than EWH, as it has a lower LCC and emits fewer greenhouse gases. The findings suggest that SWH is a better option for households looking for a sustainable and efficient water heating system. The paper concludes by highlighting the importance of considering the LCC and environmental impact when making energy-related decisions.

Keywords: *solar water heater, electric water heater, efficiency, life cycle cost, household scale*

PENDAHULUAN

Penelitian ini membandingkan antara Solar Water Heater (SWH) dengan Electric Water Heater (EWH) untuk mengetahui manakah yang lebih efisien dalam mengkonsumsi energi pada skala terkecil yaitu skala rumah tangga. Life Cycle Cost (LCC) akan digunakan sebagai alat untuk membandingkan SWH dan EWH. LCC merupakan cara penilaian biaya komparatif untuk periode waktu tertentu, dengan mempertimbangkan dalam hal investasi modal awal dan biaya operasional masa depan [1].

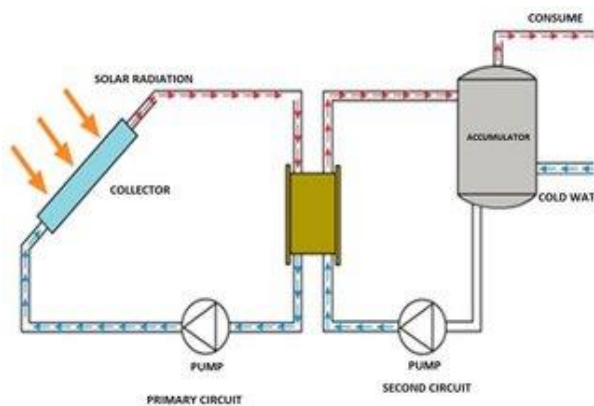
Maka Life Cycle Cost terdiri dari Suatu metoda ekonomi untuk memperhitungkan biaya suatu proyek selama pemakaiannya. Life Cycle Cost terdiri dari biaya investasi, biaya operasional, biaya pemeliharaan, dan biaya disposasi. Lihat Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Life Cycle Cost [2]

Life Cycle Cost (LCC) adalah suatu konsep perhitungan biaya dari tahap awal sampai akhir sebuah proyek sebagai alat untuk mengambil keputusan atas sebuah studi analisis dan perhitungan dari total biaya yang ada selama siklus hidupnya.[3]

SWH menggunakan tenaga matahari untuk memanaskan kolektor yang sudah di isi air baku, air yang sudah dipanaskan dialirkan kedalam tangki sedangkan air dingin turun kebagian bawah kolektor, selain itu SWH menggunakan pompa dan katup untuk memaksa aliran air antara tangki dan kolektor (Lihat Gambar 2).

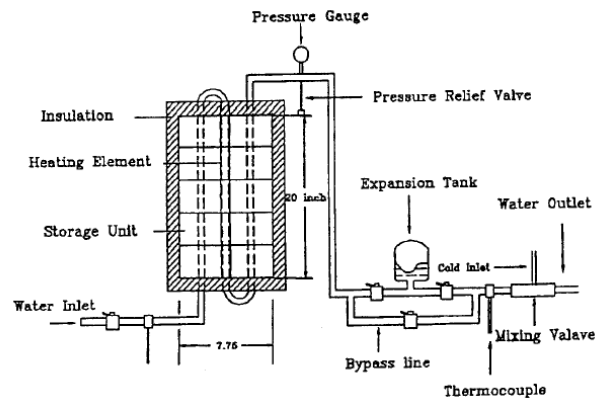


Gambar 2. Sistem sirkulasi pemanasan air menggunakan SWH [4]

SWH tidak dapat memenuhi semua kebutuhan air panas, terutama saat matahari terlalu rendah atau

permintaan air panas terlalu tinggi. Oleh karena itu, penyediaan sistem cadangan diperlukan.

Sedangkan EWH adalah pemanas yang menggunakan energi listrik sebagai sumber panasnya dengan kapasitas penyimpanan dapat dimatikan dan dihidupkan. Saat air dingin masuk ke tangki, elemen pemanasnya bekerja memanaskan air dalam tangki sampai mencapai suhu yang dikehendaki. Ketika suhu air dalam tangki mulai turun, kedua elemen pemanas ini bekerja kembali memanaskan air sampai mencapai suhu yang telah di setting, dengan demikian suhu air di dalam tangki selalu terjaga setiap dibutuhkan (Lihat Gambar 3).



Gambar 3. Sistem sirkulasi pemanasan air menggunakan EWH [5]

Belanja Modal

Biaya belanja modal adalah suatu pengeluaran ataupun pembiayaan yang dibutuhkan untuk bisa membentuk modal dengan cara mengadakan, membeli, ataupun membangun suatu aset yang mempunyai nilai lebih dari periode akuntansi tertentu. Definisi lain jika belanja modal merupakan pinjaman adalah "Biaya modal adalah total pengeluaran untuk menyediakan peralatan utama dan fasilitas, ditambah bunga yang dibebankan atas uang yang dipinjam untuk tujuan tersebut." Clark, et al. [6], [7]

Dalam artikel ini kami mengasumsikan Capital Expenditure adalah sama dengan Rencana Anggaran Biaya (disingkat RAB) karena belanja modal diasumsikan di keluarkan oleh penggunaan SWH atau EWH secara langsung tanpa memerlukan proses tender. RAB merupakan perhitungan biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek [8].

RAB adalah *The cost of budget plan* atau *Real Estimate of Cost* or Rencana Anggaran Biaya merupakan biaya keseluruhan atau total dari biaya bahan, dan upah serta biaya - biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan secara terperinci hingga mencakup waktu dan tempat keadaan lingkungan sekitarnya. Rencana Anggaran Biaya dapat disimpulkan dengan sebagai berikut $RAB = \sum (\text{Volume}) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$.

Volume

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan pekerjaan atau tugas yang harus diselesaikan dalam suatu proyek konstruksi atau proyek lainnya. Volume pekerjaan dapat mencakup berbagai jenis pekerjaan, termasuk

pekerjaan sipil, mekanikal, elektrikal, dan lain sebagainya, dan mencakup semua pekerjaan yang harus dilakukan dari awal hingga selesai proyek. Volume pekerjaan biasanya diukur dalam satuan tertentu, seperti meter persegi atau kubik, dan digunakan untuk memperkirakan biaya dan jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Adapun volume pekerjaan SWH and EWH disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi SWH dan EWH

No	SWH	EWH
1	Tangki : 180 L Panjang : 1.5 m Material : Steel 2.5 mm	Tangki: 100 L Max Temp : 60 °C Power Heat : 500 watt Tekanan 1000 kpa Power supply : 200-400 V, 50 Hz
2	Kolektor Luas : 1.86 m ² Kapasitas :3 L Tekanan : 1000 kpa Material : Low Iron Solar Tempered Glass 3.2 mm	Tidak memiliki Kolektor

Harga Satuan Pekerjaan

merupakan perkalian antara koefisien dengan harga bahan, upah, dan harga beli atau sewa alat dengan waktu untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan” [9]. Dengan demikian Analisa Harga Satuan Pekerjaan terdiri dari Harga dan Koefisien waktu atau koefisien yang menggunakan indeks produktifitas (Koefisien tenaga kerja).

Harga

Harga satuan pekerjaan menjadi yang dijabarkan dalam perkalian dengan harga bahan bangunan, upah pekerja dan harga sewa alat atau beli untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan tersebut [10].

Waktu

Merupakan analisa terhadap durasi pelaksanaan untuk item pekerjaan tertentu dari awal hingga selesai [11]. Waktu juga digunakan sebagai indicator untuk mengendalikan proyek agar sesuai dengan rencana.

Biaya Operasional

Biaya penjualan dan biaya administrasi berhubungan dengan operasi yang dilakukan [12]. Biaya operasional adalah biaya yang menunjukkan sejauh mana efisiensi pengelolaan usaha.

Biaya Pemeliharaan

“Biaya pemeliharaan adalah biaya yang meliputi segala aktivitas yang terlibat dalam penjagaan peralatan sistem dalam aturan kerja untuk itu harus diusahakan seminimal mungkin agar lebih memadai”. [13]

METODE

Data Primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) Spesifikasi of SWH (180 ltr) dan EWH (100 ltr); (2) Survey Harga satuan SWH dan EWH; (3) Survey Harga upah instalasi alat. Sedangkan Data Sekunder yang diperlukan adalah: (1) rata rata volume kebutuhan air panas; (2) Suhu air baku di suatu daerah; (3) Suhu air panas yang dibutuhkan; (3) Harga tarif listrik 2021. Metode pengumpulan data penelitian dilakukan dengan studi dokumen.

Analisa data dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Deskripsikan system SWH dan EWH;
2. Mendeskripsikan biaya biaya berdasarkan diagram LCC;
3. Menghitung belanja modal dari instalasi SWH dan EWH yang terdiri dari: (1) Menghitung volume pekerjaan; (2) Rencana Anggaran Biaya (RAB); (3)Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP);
4. Menghitung biaya operasional dan pemeliharaan instalasi SWH dan EWH.
5. Menganalisis Depresiasi.

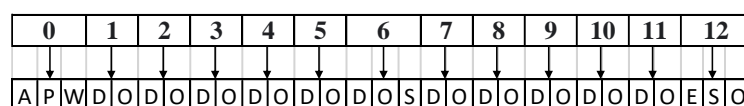
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menstrukturkan bagian ini, maka kami membagi bagian ini menjadi 2 dua yaitu : (1) Hasil; dan (2) Pembahasan. Penjelasan dari masing masing bagi tersebut diatas adalah sebagai berikut.

Hasil

Life Cycle Cost (LCC) dihitung dengan mengidentifikasi sekuens pekerjaan sebagai berikut:

1. Mulai pada Bulan ke - nol terdapat biaya belanja modal investasi yaitu terdiri dari : (1) Alat (A); (2) Pempipa (P); (3) dan Upah (Wage).
2. Selanjutnya pada bulan satu sampai bulan dua belas terdapat : (1) biaya depresiasi (D); dan (2) biaya operasional (O) yaitu biaya penggunaan listrik (Cost).
3. Pada bulan ke enam terdapat biaya service alat (S) (Cost) dari system SWH dan EWH.
4. Pada bulan ke dua belas terdapat biaya penggantian Elemen (E) (Cost) pada EWH (Lihat Gambar 4)



Gambar 4. Diagram LCC untuk SWH dan EWH. Note: Assets Nilai asset awal (A); Piping Works (P); Wage Labor (W) ; Depreciation (D); Element Replacement (E); Service (S).

Selanjutnya dihitung Belanja Modal; Biaya Operasional dan Biaya Pemeliharaan; dan Biaya Depresiasi.

Belanja Modal atau Capital Expenditures

suatu pengeluaran ataupun pembiayaan yang dibutuhkan untuk bisa membentuk modal dengan cara mengadakan, membeli, ataupun membangun suatu aset yang mempunyai nilai lebih dari satu tahun periode akuntansi. Metoda menghitung Capital Expenditures dilakukan dengan menghitung biaya investasi awal dengan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan persamaan berikut:

$$RAB = \sum (V) \times HSP \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- RAB : Rencana Anggaran Biaya
- V : Volume Pekerjaan
- HSP : Harga Satuan Pekerjaan

Berdasarkan persamaan 1 diatas dapat dilihat bahwa RAB terdiri dari: (1) Volume Pekerjaan; (2) Harga satuan Pekerjaan SWH dan EWH dalam waktu tertentu (Perhari).

Volume

Volume pekerjaan 1 Unit SWH untuk kapasitas 180 L (termasuk asesoris) Biaya Labor untuk pemasangan 1 unit solar panel di area atap rumah dan system erpipaan 1 Unit SWH dihitung lumpsum (lihat Table 2).

Tabel 2. Volume Pekerjaan SWH

No	Item	Volume	Satuan
1	SWH 180 L	1	Unit
2	Pemipaan SWH	1	ls

Sedangkan Volume pekerjaan EWH disajikan pada Table 3 sebagai berikut. Volume pekerjaan EWH di asumsikan untuk 2 Unit dengan accessories berikut pekerjaan pemipaan dihitung 2 lump sum.

Tabel 3. Volume Pekerjaan EWH

No	Item	Volume	Satuan
1	EWH 100 L	2	Unit
2	Pemipaan EWH	2	ls

Unit Price Analysis

Unit Price Analysis merupakan Rincian pekerjaan SWH terdiri dari harga alat & asesoris sebesar IDR. 25.000.000 dan pekerjaan pemipaan sebesar IDR. 5.000.000 kemudian upah dua tukang pemasangan sebesar IDR. 300.000 maka total biaya yang diperlukan adalah sebesar IDR. 30.300.000 (Tabel 4)

Tabel 4. Analisa Harga Satuan Pekerjaan SWH 180 L

No	Analisa	IDR/Unit	Jumlah
1	Bahan		
1	Unit SWH	25.000.000	25.000.000
1	ls Pemipaan	5.000.000	5.000.000
2	Upah		

2	oh	Tukang	150.000	300.000
Total				30.300.000

Sedangkan untuk pekerjaan EWH, dengan rincian terdiri dari harga alat & asesoris sebesar IDR 6500000, pemipaan sebesar IDR 300000 dan upah tukang pemasangan sebesar IDR 100000. In total, Analisa Harga Satuan Pekerjaan EWH adalah IDR 6900000 (lihat Tabel 5)

Tabel 5 Analisa Harga Satuan Pekerjaan EWH 100L

No	Analisa	IDR/Unit	Jumlah	
1	Bahan			
1	Unit EWH	6.500.000	6.500.000	
1	ls Pemipaan	300.000	300.000	
2	Upah			
1	oh	Tukang	100.000	100.000
Total			6.900.000	

Hasil: Berdasarkan analisa Rencana Anggaran Biaya diatas maka di dapatkan harga untuk biaya belanja modal dari SWH adalah IDR 30300000 dan EWH adalah IDR 13800000, maka belanja modal awal dari SWH lebih mahal dibandingkan EWH (Lihat Table 6).

Tabel 6 Rencana Anggaran Biaya untuk SWH dan EWH

No	Item	Volume / Unit	AHSP	Cost
1	EWH 180 L	1	30.300.000	30.300.000
2	SWH 100 L	2	6.900.000	13.800.000

Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya penggunaan listrik per tahunnya menggunakan standar Provinsi DKI Jakarta. SWH menggunakan system pasif yang tidak menggunakan listrik, maka perhitungan biaya operasional untuk penggunaan listrik diasumsikan tidak ada. Sebaliknya untuk EWH, biaya operasional untuk penggunaan listrik tetap ada, biaya penggunaan listrik diasumsikan untuk kebutuhan air panas 200 L. Berikut data yang akan diolah untuk EWH [14] (lihat Tabel 7) :

Tabel 7. Biaya operasional penggunaan EWH

Data	
1. Volume	: 200 L
2. Input Water Temperature	: 30 °C
3. OutputWater	: 55 °C
4. Temperature Difference (ΔT)	: 55 - 30 °C = 25 °C
5. Occupancy	: 100%
6. Basic Electricity Price (BEP)	: IDR. 1.500
7. Heat Capacity	: 0,5 kw
8. Power Supply	: 200 - 400 V, 50 Hz
9. Power Capacity (H)(kW)	: $Qd \times \Delta T \times \text{Konstanta}$: 200 L x 25 °C x 0,00116 : 5,8 KW

Data	
10. Heating Time (T)	: $H(kW) / (\text{Heat Capacity} \times \text{Number of Unit})$
	: $5,8 \text{ KW} / (0,5 \times 2)$
	: 5,8 hours
11. Operational Cost (OC)	: $\text{Numbers of EWH} \times \text{Heat Capacity} \times T \times \text{BEP}$
	: $2 \times 0,5 \text{ kw} \times 5,8 \text{ hours} \times \text{IDR. 1.500}$
	: IDR. 8.700 / day
	: IDR. 261.000 / month
	: IDR. 3.175.500 / year

Berdasarkan perhitungan yang disajikan pada Tabel 7, maka didapatkan hasil untuk biaya operasional dari EWH yaitu IDR. 3.175.500 per tahun.

Biaya Pemeliharaan

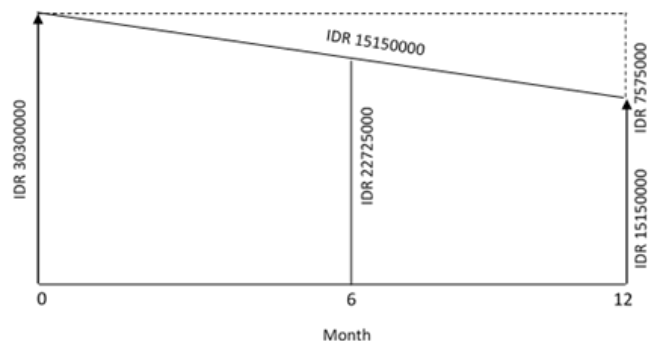
Berdasarkan survey ditemukan bahwa biaya pemeliharaan alat dan system yaitu IDR. 350.000 per 6 bulan harga ini diluar kerusakan pada penggantian spare part dan untuk EWH setiap sekali setahun ada penggantian element pemanas air (500 watt) dengan harga IDR. 600.000.

Biaya Depresiasi

Nilai biaya modal awal SWH adalah IDR. 30.300.000 dan untuk nilai akhir setelah depresiasi adalah 50% atau 15.150.000 dari nilai biaya modal awal maka dapat dihitung nilai depresiasi - nya yaitu (Lihat Tabel 8 dan Gambar 5):

Tabel 8. Depresiasi dan nilai Asest 50% SWH

1. Annual depreciation (N = 1)	
$d_n = d = \frac{I - L}{N} = \frac{\text{IDR. 30.300.000} - \text{IDR. 15.150.000}}{1}$	
$d_n = d = \text{IDR. 15.150.000}$	
2. Depreciation at the end of the economic life	
$D_n = n \left[\frac{I - L}{N} \right] = n * d$	
$D_n = 0,5 * \text{IDR. 15.150.000}$	
$D_n = \text{IDR. 7.575.000}$	
3. Asset Value in year n	
$B_n = I - \frac{n}{N} (I - L) = I - D_n$	
$B_n = \text{IDR. 30.300.000} - \text{IDR. 7.575.000}$	
$B_n = \text{IDR. 22.725.000}$	



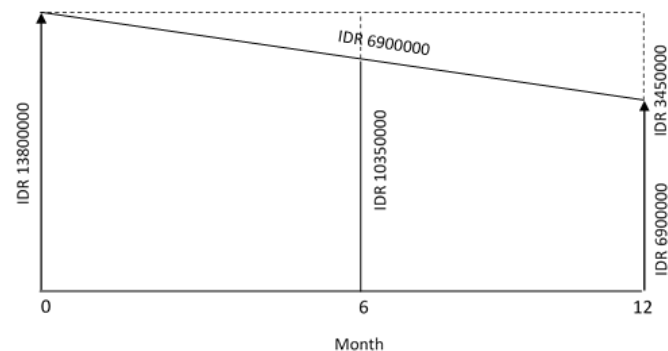
Gambar 4. Depresiasi SWH

Selama 6 bulan nilai aset SWH berkurang menjadi IDR. 22.725.000 dan nilai aset terus berkurang setiap tahunnya senilai IDR. 15.150.000 dari nilai aset awal (lihat Gambar 5).

Nilai biaya modal awal EWH adalah IDR. 13.800.000 dan untuk nilai akhir setelah depresiasi adalah 50% dari nilai biaya modal awal maka dapat dihitung nilai depresiasi-nya yaitu (lihat Tabel 9 dan gambar 6).

Tabel 9. Depresiasi dan nilai Asest 50% EWH

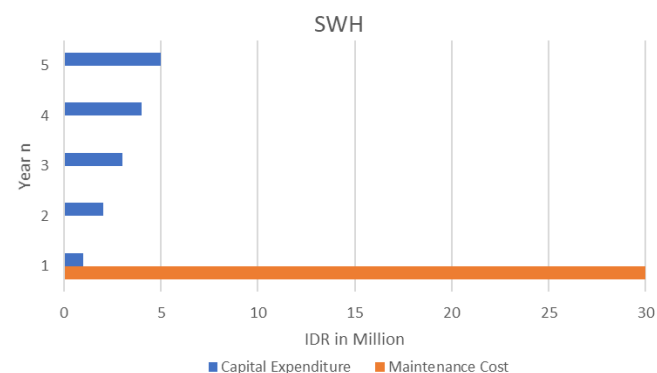
1. Annual depreciation (N = 1)	
$d_n = d = \frac{I - L}{N} = \frac{\text{IDR. 13.800.000} - \text{IDR. 6.900.000}}{1}$	
$d_n = d = \text{IDR. 6.900.000}$	
2. Depreciation at the end of the economic life	
$D_n = n \left[\frac{I - L}{N} \right] = n * d$	
$D_n = 0,5 * \text{IDR. 6.900.000}$	
$D_n = \text{IDR. 3.450.000}$	
3. Asset Value in year n	
$B_n = I - \frac{n}{N} (I - L) = I - D_n$	
$B_n = \text{IDR. 13.800.000} - \text{IDR. 3.450.000}$	
$B_n = \text{IDR. 10.350.000}$	



Gambar 5. Depresiasi EWH

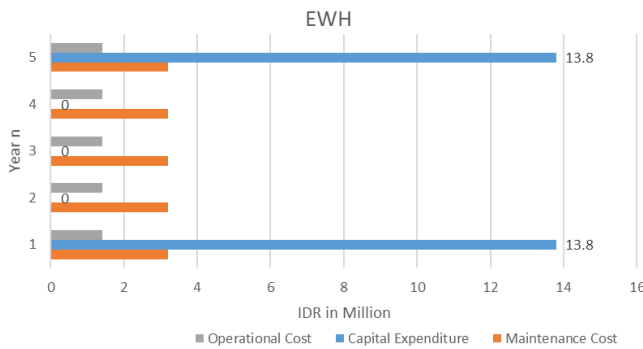
Berdasarkan gambar 6 bahwa periode 6 bln nilai aset EWH berkurang menjadi IDR 10.350.000 dan nilai aset terus berkurang setiap tahunnya senilai IDR 6.900.000 dari nilai aset awal.

Life Cycle Cost



Gambar 6. Diagram LCC untuk SWH

Berdasarkan gambar 7 dapat disimpulkan bahwa untuk SWH biaya modal yaitu sebesar IDR. 30.300.000 dan biaya perawatan yaitu sebesar $(350.000 \times 2) \times 5\text{th} = \text{IDR. } 3.500.000$ dalam jangka waktu 5 tahun. Sementara untuk EWH (Lihat Gambar 5).



Gambar 8. Diagram LCC untuk EWH.

EWH biaya modal yaitu sebesar IDR. 13.800.000 $\times 2 = \text{IDR. } 27.600.000$, biaya pemeliharaan yaitu sebesar IDR. 1.300.000 $\times 5\text{th} = \text{IDR. } 3.700.000$, dan biaya operasional IDR. 3.175.500 $\times 5\text{ tahun} = \text{IDR. } 15.877.500$. Maka total keseluruhan biaya yang dikeluarkan dalam jangka waktu 5 tahun untuk SWH adalah IDR. 33.800.000 sedangkan EWH adalah IDR. 47.177.500.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pembahasan penggunaan EWH kurang dari 5 tahun lebih menguntungkan dan biaya belanja modal lebih murah dibandingkan SWH. Tetapi sebaliknya jika digunakan dalam waktu lebih dari 5 tahun maka SWH yang lebih menguntungkan dari segi pengeluaran biaya. SWH membutuhkan biaya modal belanja awal yang tinggi. EWH memerlukan biaya operasional listrik yang lebih besar.

Periode pengembalian SWH akan tergantung pada jumlah dan waktu radiasi matahari yang tersedia, harga energi, dan jumlah konsumsi energi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi efektivitas biaya pemanas air tenaga surya adalah pendapatan. Dikarenakan biaya untuk belanja modal awal yang tinggi.

Memastikan air menggunakan SWH lebih hemat biaya dari pada EWH. SWH mudah dipasang, penggunaannya tidak rumit, dan perawatan yang mudah. Dalam siklus biaya hidup (Life cycle Cost) SWH tidak dapat memenuhi semua kebutuhan air panas pada saat jumlah pancaran radiasi matahari yang terlalu rendah atau permintaan air panas terlalu tinggi.

Tabel 10. Perbandingan benefit SWH dan EWH

No	Solar Water Heater (SWH)	Electric Water Heater (EWH)
1	Menguntungkan jika digunakan dalam jangka waktu lama	Menguntungkan jika digunakan jangka waktu pendek
2	Lebih tahan lama hingga 20 tahun	Hanya bertahan hingga 5 tahun
3	Ramah lingkungan	Mudah dalam pemasangan
4	Tanpa biaya tarif listrik	Waktu pemanasan lebih cepat dan mudah

No	Solar Water Heater (SWH)	Electric Water Heater (EWH)
5	Perawatan lebih mudah	Harga modal lebih ekonomis

KESIMPULAN

Kesimpulan disajikan pada Tabel 10 berikut ini yaitu terdapat dua kesimpulan terkait dengan perbandingan SWH dan EWH: (1) Jika dilihat dari cara kerja kedua system tersebut, penggunaan SWH kurang menguntungkan jika dalam kondisi cuaca buruk atau kurangnya terik matahari dari pada EWH; (2) Dalam segi biaya SWH lebih menguntungkan jika digunakan dalam jangka waktu lama dibandingkan dengan EWH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. C. Hui and A. H. Mohammed, "The role of cost breakdown structure in life cycle cost model," *Jurnal Teknologi*, vol. 74, no. 2, 2015.
- [2] O. Hui and M. a. h. Mohammed, "The Role of Cost Breakdown Structure in Life Cycle Cost Model," *Jurnal Teknologi*, vol. 74, 05/13 2015.
- [3] H. Barringer and D. WEBER, "Life Cycle Cost Tutorial-Fifth International Conference on Process Planet Reliability-Houston," Texas-1996, 1996.
- [4] A. Alarcón Villamil, J. E. Hortúa, and A. López, "Comparison of thermal solar collector technologies and their applications," *Tecciencia*, vol. 8, no. 15, pp. 27-35, 2013.
- [5] C. Jotshi, J. Klausner, and S. Malakar, "A Water Heater Using Very High-Temperature Storage and Variable Thermal Contact Resistance," *International Journal of Energy Research*, vol. 25, pp. 891-898, 08/01 2001.
- [6] R. M. Clark, J. I. Gillean, and W. K. Adams, *The cost of water supply and water utility management*. Cincinnati, Ohio: U. S. Environmental Protection Agency, 1977.
- [7] N. Plamonia, "Improving The Coverage Area of Drinking Water Provision by Using Build Operate and Transfer Investments in Indonesia. An Institutional Analysis," University of Twente, 2020.
- [8] H. Prasetyo, Y. C. S. Poernomo, and A. I. Candra, "Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun-Kalidawir Kabupaten Tulungagung)," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 347-361, 2020.
- [9] A. Permadi, R. Waluyo, and W. Kristiana, "Analisis Estimasi Biaya Konstruksi Menggunakan Analisis Harga Satuan Pekerjaan 2013 dan 2016," *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, vol. 2, no. 1, pp. 1-12-1-12, 2018.
- [10] M. Natalia, F. Adibroto, D. Hamid, M. Muluk, and R. Dinna, "Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton Bertulang Berdasarkan BCWP dan AHSP SNI 2016 (Proyek Pembangunan Aeon Mixed Use Apartemen 3 Sentul City Bogor)," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 16, no. 2, 2019.
- [11] M. A. Salim, A. B. Siswanto, H. Hartono, and B. Rozaq,

"Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Penggunaan Teknologi Risha dan Metode KOnvensional Pada Proyek Perumahan," Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, vol. 6, no. 2, pp. 48-57, 2021.

- [12] M. L. Wardiyah, "Akuntansi keuangan menengah". 2017.
- [13] B. R. d. J. Heizer, Manajemen Operasi. 2016.
- [14] T. M. Soufyan Moh. Noerbambang, Perancangan dan Pemeliharaan Sistem. 1991, p. 25.