

Analisis *Life Cycle Cost* pada Bangunan Sekolah SMP Islam Al Azhar 17 Pontianak

ADMIRAL HAZEL RABBANI^{1*}, HENRICUS PRIYOSULISTYO²

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Email: admiral hazel rabbani@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Dalam rangka mendukung program wajib belajar 12 tahun yang telah diterapkan Pemerintah Indonesia, bangunan sekolah membutuhkan metode yang baik dalam pemeliharaannya agar selalu dalam kondisi yang layak guna. Salah satu metode pemeliharaan yang dapat digunakan adalah metode Life Cycle Cost yang mengacu pada ISO 15686:5. Komponen biaya pada Metode LCC yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis biaya konstruksi awal, biaya operasional dan biaya pemeliharaan dan penggantian. Untuk mendukung penggunaan LCC, dilakukan perhitungan indeks kondisi bangunan agar dapat menentukan kondisi bangunan saat ini. Sedangkan untuk kelayakan dari segi investasi, dilakukan perhitungan Net Present Value. Dari hasil penelitian yang direncanakan untuk 25 tahun ke depan, didapatkan nilai biaya konstruksi sebesar Rp7.344.650.553 (39,91%), biaya operasional sebesar Rp7.520.911.599 (40,86%), dan biaya pemeliharaan sebesar Rp3.538.849.941 (19,23%). Total Life Cycle Cost bangunan sekolah adalah sebesar Rp18.404.412.094 (100%). Untuk nilai indeks kondisi bangunan saat ini, didapatkan nilai sebesar 91,054. Yang berarti bangunan masih dalam kondisi baik sekali dan belum membutuhkan penanganan segera. Sedangkan untuk perhitungan NPV bangunan untuk 25 tahun ke depan, didapatkan nilai positif sebesar Rp29.336.060.666. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa investasi bangunan dinyatakan layak atau menguntungkan.

Kata kunci: biaya siklus hidup, indeks kondisi bangunan, pemeliharaan bangunan, NPV

ABSTRACT

In order to support the 12-year compulsory education program implemented by the Indonesian Government, school buildings require good maintenance so that they are always in a usable condition. One maintenance method that can be used is the Life Cycle Cost method which refers to ISO 15686:5. The cost components of the LCC method used in this research are analysis of initial construction costs, operational costs, and maintenance and replacement costs. To support the use of LCC, a building condition index is calculated to determine the current condition of the building. Meanwhile, for feasibility in terms of investment, Net Present Value is calculated. From the results of research planned for the next 25 years, construction costs amounted to IDR 7,344,650,553 (39.91%), operational costs amounted to IDR 7,520,911,599 (40.86%), and maintenance costs amounted to IDR 3,538,849,941. (19.23%).). Total Life Cycle Cost of school buildings is IDR 18,404,412,094 (100%). For the current building condition index value, a value of 91.054 was obtained. This means that the building is still in very good condition and does not require immediate maintenance. Meanwhile, for calculating the building's NPV for the next 25 years, a positive value of IDR 29,336,060,666 was obtained. These results can be interpreted as meaning that building investment is declared feasible or profitable.

Keywords: life cycle cost, building condition index, building maintenance, NPV

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, berupaya memenuhi hak dan kebutuhan pendidikan warga negaranya dengan meluncurkan program Wajib Belajar 12 Tahun yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 80 Tahun 2013. Untuk mendukung program tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemeliharaan pada bangunan sekolah yang telah disediakan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam perencanaan biaya pengelolaan dan pemeliharaan bangunan adalah Metode *Life Cycle Cost* (LCC) atau biaya siklus hidup.

Tujuan dari LCC adalah untuk menghitung biaya siklus hidup yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan atau proses evaluasi [1]. Sebagai tambahan dalam analisis LCC, menurut Graham Ive, biaya operasional yang ditambahkan dengan biaya pemeliharaan sebuah bangunan untuk 25 tahun ke depan, akan menghasilkan biaya 1,5 kali lebih besar daripada biaya konstruksi [4].

Dalam mendukung penerapan LCC, dilakukan analisis Indeks Kondisi Bangunan (IKB) dan analisis Net Present Value (NPV). Analisis IKB dapat berguna untuk menggambarkan kondisi bangunan saat ini. Sedangkan untuk analisis NPV, metode NPV direkomendasikan untuk diterapkan dalam ISO 15686-5 sebagai metode evaluasi ekonomi LCC [11].

2. LANDASAN TEORI

2.1 Metode *Life Cycle Cost*

Pengertian *Life Cycle Cost* adalah metodologi untuk evaluasi ekonomi sistematis dari biaya siklus hidup selama periode analisis. Biaya-biaya yang termasuk dalam LCC adalah biaya konstruksi, operasional, pemeliharaan, dan biaya akhir siklus hidup [1].

2.2 Analisis Indeks Kondisi Bangunan (IKB)

Perumusan indeks kondisi gabungan sebuah bangunan (*Composite Condition Index*) [10] dapat menggunakan **Persamaan 1** berikut.

$$CI = \sum_{i=1}^n (W_i \times C_i) \quad \dots(1)$$

dengan:

- CI = indeks kondisi gabungan,
- W = bobot komponen,
- C = nilai kondisi komponen,
- i = 1 = komponen ke-1 (satu),
- n = banyaknya komponen.

Tabel 1 menunjukkan skala nilai indeks kondisi bangunan [10]. Untuk menentukan bobot komponen, dilakukan dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP), yaitu dengan melakukan penyebaran kuesioner penilaian perbandingan berpasangan antar komponen. **Tabel 2** menunjukkan skala penilaian perbandingan menurut [10].

Tabel 1. Skala Indeks Kondisi Bangunan [10]

Zona	Indeks Kondisi	Uraian Kondisi	Tindakan Penanganan
1	85 - 100	Baik Sekali: Tidak terlihat kerusakan	Penanganan segera belum diperlukan
	70 - 84	Baik: Hanya terjadi kerusakan kecil	
2	55 - 69	Sedang: Mulai terjadi kerusakan namun tidak mempengaruhi fungsi struktur bangunan secara keseluruhan	Analisis ekonomi terhadap alternatif perbaikan dianjurkan untuk menentukan tindakan yang tepat.
	40 - 54	Cukup: Terjadi kerusakan tetapi bangunan masih cukup berfungsi	
3	25 - 39	Buruk: Terjadi kerusakan yang cukup kritis sehingga fungsi bangunan terganggu	Evaluasi terperinci diperlukan untuk menentukan tindakan perbaikan, rehabilitasi, atau rekonstruksi. Evaluasi keselamatan dianjurkan.
	10 - 24	Sangat buruk: Kerusakan parah dan bangunan hampir tidak berfungsi	
	0 - 9	Runtuh: komponen utama bangunan terjadi keruntuhan	

Tabel 2. Skala Perbandingan Pasangan [10]

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjumlahan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktik
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen yang lain memiliki tingkat oebegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada kompromi diantara dua nilai pilihan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikannya dibandingkan dengan i	

Untuk menghitung rata-rata dari hasil kuesioner, metode yang digunakan dengan mencari nilai *geometric mean*. Penggunaan *Geometric Mean* (GM) dapat digunakan apabila data yang ada terdistributif dengan kemiringan positif [8]. Perhitungan rata-rata geometrik dapat menggunakan **Persamaan 2** berikut.

$$GM = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \quad \dots(2)$$

dengan:

GM = *Geometric Mean* (rata-rata geometrik),

X = nilai jawaban dari responden,

n = jumlah responden.

Nilai-nilai GM yang telah didapat, kemudian dituliskan dalam matriks untuk dilakukan perbandingan berpasangan untuk mencari bobot masing-masing komponen. Dalam perhitungannya, dibutuhkan nilai faktor koreksi (FK) dan nilai pengurang (NP) berdasarkan tingkat kerusakannya. Nilai FK [10] disajikan pada **Tabel 3**.

Sedangkan untuk besaran NP [6] adalah sebagai berikut:

- Kerusakan ringan (>0% – 15%), Nilai Pengurang = 25
- Kerusakan sedang (>15% - 35%), Nilai Pengurang = 50
- Kerusakan berat (>35% – 65%), Nilai Pengurang = 75
- Kerusakan tidak layak fungsi (>65%), Nilai Pengurang = 100

Tabel 3. Nilai Faktor Koreksi untuk Kombinasi Kerusakan [10]

No	Jumlah Kombinasi Kerusakan	Prioritas Bahaya Kerusakan	Faktor Koreksi F(t,d)
1	2	I	0,8 – 0,7 – 0,6
		II	0,2 – 0,3 – 0,4
2	3	I	0,5 – 0,6
		II	0,3 – 0,4
		III	0,1 – 0,2

2.3 Net Present Value (NPV)

NPV adalah selisih antara pemasukan di masa depan yang dinilai di masa sekarang dengan pengeluaran investasi di masa sekarang [12]. **Persamaan 3** berikut untuk menghitung NPV [12].

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} \quad \dots(3)$$

dengan:

- B_t = keuntungan (*benefit*) setiap tahunnya;
- C_t = pengeluaran atau biaya (*cost*) setiap tahunnya;
- t = tahun ke-1,2,3 dan seterusnya;
- n = jumlah tahun;
- i = tingkat suku bunga.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Bangunan yang digunakan pada penelitian ini adalah SMP Islam Al Azhar 17 Kota Pontianak.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan survey lapangan dan wawancara yang menghasilkan data seperti dokumentasi, *as built drawing*, dan data biaya LCC. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan adalah jurnal penelitian terdahulu, peraturan pemerintah, dan buku-buku literatur.

3.3 Analisis Data

Analisis data LCC pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada ISO 15686:5 (2017) [1], yaitu dengan menjumlahkan komponen biaya untuk kondisi biaya saat ini (*present value*) dari biaya konstruksi awal, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan (termasuk penggantian komponen). Tahun acuan (tahun ke 0) yang digunakan adalah tahun 2023 dan periode analisis dilakukan untuk 25 tahun kedepan. Periode bangunan sekolah baru dapat bertahan minimal 20 tahun [5]. Nilai inflasi yang digunakan sebesar 3,25% dan nilai *discount rate* sebesar 5%. Untuk mendukung analisis LCC, dilakukan analisis indeks kondisi bangunan (IKB) yang bertujuan untuk mengetahui kondisi bangunan saat ini dan analisis *Net Present Value* (NPV) dengan tujuan untuk mengevaluasi kelayakan bangunan dalam segi ekonomi. Semua analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Biaya Konstruksi Awal (*Construction Cost*)

Biaya konstruksi di tahun 2004 sebesar Rp4.000.000.000 akan dikonversikan ke tahun 2023 menggunakan rumus *Future Value* dengan nilai inflasi 3,25%. Maka, didapatkan untuk biaya konstruksi di tahun 2023 adalah sebesar Rp7.344.650.553.

$$FV \text{ Biaya Konstruksi 2023} = \text{Rp}4.000.000.000 \times ((1 + 3,25\%)^{(2023-2004)}) = \text{Rp}7.344.650.553$$

4.2 Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya operasional meliputi biaya petugas [7], kebersihan, energi dan asuransi bangunan seperti tersaji pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Biaya Operasional Tahun 2023

Komponen	Item	Jumlah	Satuan	Biaya	Total Bulanan	Total Tahun 2023
Petugas	Kebersihan dan keamanan	8	Orang/bulan	Rp2.750.645	Rp22.005.156	Rp264.061.877
Kebersihan	Alat Kebersihan	1	per tahun	Rp4.333.333	Rp361.111	Rp4.333.333
	Listrik	1	per bulan	Rp4.568.025	Rp4.568.025	Rp54.816.300
Energi	Air	1	per bulan	Rp349.787	Rp349.787	Rp4.197.444
	Telepon dan Internet	1	per bulan	Rp3.577.339	Rp3.577.339	Rp42.928.071
				Total Biaya Energi	Rp8.495.151	Rp101.941.816
Asuransi	Asuransi Bangunan	1	per tahun	Rp1.228.667	Rp102.389	Rp1.228.667
Total Biaya Operasional per Tahun						Rp371.565.692

Didapatkan biaya operasional pada tahun 2023 sebesar Rp371.565.692 dan akan dikonversikan ke setiap tahunnya hingga 25 tahun seperti tersaji pada **Tabel 5**. Berikut ini contoh perhitungan konversi biaya asuransi:

$$FV \text{ Biaya Asuransi } 2024 = Rp1.228.667 \times ((1 + 3,25\%)^{(2.024 - 2.023)}) = Rp1.268.598$$

Tabel 5. Biaya Operasional 25 Tahun Ke Depan

	2024 1	2025 2	2026 3	...	2048 25	Total Biaya Operasional
Petugas	Rp272.643.888	Rp281.504.814	Rp290.653.721	...	Rp587.431.477	Rp10.273.203.443
Kebersihan	Rp4.474.167	Rp4.619.577	Rp4.769.713	...	Rp9.639.924	Rp168.586.301
Energi	Rp105.254.925	Rp108.675.710	Rp112.207.670	...	Rp226.779.541	Rp3.965.998.517
Asuransi	Rp1.268.598	Rp1.309.828	Rp1.352.397	...	Rp2.733.289	Rp47.800.700
Total per tahun	Rp383.641.577	Rp396.109.929	Rp408.983.501	...	Rp826.584.231	Rp14.455.588.961

Didapatkan total biaya operasional (FV) selama 25 tahun kedepan sebesar Rp14.455.588.961.

4.3 Biaya Pemeliharaan (*Maintenance Cost*)

Biaya pemeliharaan terbagi menjadi biaya perbaikan dan biaya penggantian rutin komponen.

4.3.1 Bobot Komponen Bangunan

Untuk mencari bobot komponen bangunan [9], yaitu dengan menyebarkan kuesioner yang diisi menggunakan metode AHP. Untuk menghitung hasil kuesioner dilakukan dengan mencari nilai rata-rata geometriknya seperti tersaji pada **Tabel 6**. Komponen yang dilakukan penilaian, hanya komponen yang mengalami kerusakan pada saat survey lapangan, yaitu komponen cat dinding (CD), *handle* & kunci pintu (HP), engsel pintu (EP), cat pintu (CP), cat jendela (CJ), cat ventilasi (CV), keramik lantai (KL), keramik dinding (KD), papan *plafond* (PL), cat *plafond* (CF), kran air (KA), lampu (LP), saklar (SL), dan stop kontak (SK). Berikut ini adalah contoh perhitungan GM kerusakan cat dinding:

$$GM \{ \text{Cat Dinding (CD)} - \text{Handle \& Kunci Pintu (HP)} \} = \sqrt[5]{1/3 \times 1/6 \times 1/5 \times 1/5 \times 1/3} = 0,24$$

Tabel 6. Rata-rata Geometrik Kerusakan Cat Dinding

Perbandingan Kerusakan	Responden					Geometric Mean	Perbandingan Kerusakan
	1	2	3	4	5		
Cat Dinding	1/3	1/6	1/5	1/5	1/3	0,24	Handle & Kunci Pintu
Cat Dinding	1/3	1/5	1/4	1/2	1/3	0,31	Engsel Pintu
Cat Dinding	3	1/2	2	1	2	1,43	Cat Pintu
Cat Dinding	1	2	3	1	1	1,43	Cat Jendela
Cat Dinding	1	3	3	2	3	2,22	Cat Ventilasi
Cat Dinding	2	1/3	2	1/2	3	1,15	Keramik Lantai
Cat Dinding	3	4	3	5	5	3,90	Keramik Dinding
Cat Dinding	1/5	1/5	1/7	1/4	1/5	0,20	Papan <i>Plafond</i>
Cat Dinding	1	3	1	2	3	1,78	Cat <i>Plafond</i>
Cat Dinding	1/5	1/4	1/7	1/5	1/5	0,20	Kran Air
Cat Dinding	1/3	1/2	1/5	1/4	1/5	0,28	Lampu
Cat Dinding	1/3	1/4	1/2	1/2	1/3	0,37	Saklar
Cat Dinding	1/3	1/5	1/2	1/2	1/3	0,35	Stop Kontak

Nilai GM yang didapat, akan dilakukan perbandingan berpasangan dalam matriks 14 x 14 seperti tersaji pada **Gambar 1**.

	CD	HP	EP	CP	CJ	CV	KL	KD	PL	CF	KA	LP	SL	SK
CD	1	0.24	0.31	1.43	1.43	2.22	1.15	3.90	0.20	1.78	0.20	0.28	0.37	0.35
HP	4.23	1	3.25	4.28	4.62	5.72	2.35	3.90	0.17	3.73	0.40	2.35	3.37	3.73
EP	3.25	0.31	1	2.55	3.18	2.83	0.26	2.55	0.18	0.34	0.21	0.26	0.34	0.28
CP	0.70	0.23	0.39	1	1.32	1.32	0.24	2.70	0.19	1.00	0.19	0.19	0.34	0.25
CJ	0.70	0.22	0.31	0.76	1	1.15	0.21	0.39	0.16	0.87	0.20	0.19	0.26	0.22
CV	0.45	0.17	0.35	0.76	0.87	1	0.23	0.28	0.17	0.76	0.18	0.22	0.33	0.23
KL	0.87	0.43	3.90	4.17	4.68	4.36	1	3.90	0.29	4.13	0.37	0.40	3.90	3.37
KD	0.26	0.26	0.39	0.37	2.55	3.57	0.26	1	0.20	0.43	0.23	0.24	0.34	0.25
PL	5.11	5.72	5.55	5.35	6.35	5.75	3.44	4.96	1	3.90	2.93	2.93	5.93	5.14
CF	0.56	0.27	2.93	1.00	1.15	1.32	0.24	2.35	0.26	1	0.21	0.22	0.74	0.28
KA	5.11	2.49	4.86	5.35	4.96	5.47	2.70	4.32	0.34	4.83	1	2.55	3.52	3.00
LP	3.59	0.43	3.90	5.16	5.38	4.64	2.49	4.13	0.34	4.62	0.39	1	4.99	3.52
SL	2.70	0.30	2.93	2.93	3.90	3.06	0.26	2.93	0.17	1.35	0.20	0.20	1	0.66
SK	2.83	0.27	3.52	3.95	4.48	4.32	0.30	3.98	0.19	3.57	0.33	0.28	1.52	1

Gambar 1. Matriks Perbandingan Kerusakan Komponen

Setelah itu mencari nilai vektor prioritas untuk setiap baris menggunakan **Persamaan 4** berikut.

$$W_i = \sqrt[n]{a_{11} \times a_{12} \times \dots \times a_{1n}} \quad \dots(4)$$

dengan:

- W_i = vektor priotitas,
- a_{11} = nilai matriks perbaikan dari ke-11,
- n = jumlah komponen.

Contoh perhitungan vektor prioritas cat dinding:

$$W_i = \sqrt[14]{1 \times 0,24 \times 0,31 \times 1,43 \times 1,43 \times 2,22 \times 1,15 \times 3,90 \times 0,2 \times 0,28 \times 0,37 \times 0,35} = 0,67$$

Selanjutnya menghitung bobot dari kerusakan komponen menggunakan **Persamaan 5** berikut.

$$X_i = \frac{W_i}{\sum W_i} \quad \dots(5)$$

dengan:

- X_i = eigenvektor (yang menunjukkan bobot masing-masing elemen),
- W_i = nilai rata-rata geometrik tiap baris,
- $\sum W_i$ = nilai jumlah rata-rata geometrik tiap baris.

Contoh perhitungan eigenvektor cat dinding:

$$X_i = \frac{0,67}{19,16} = 0,035$$

Kemudian melakukan perhitungan eigen maksimum (λ_{maks}) menggunakan bantuan *software microsoft excel* menggunakan rumus MMULT, yaitu dengan mengalikan masing-masing baris matriks perbandingan kerusakan (*array 1*) dengan kolom X_i atau bobot (*array 2*).

Tabel 7 dan **Gambar 2** di bawah ini akan memperlihatkan hasil perhitungan W_i , X_i , dan λ_{maks} .

Setelah mendapat nilai λ_{maks} , kemudian melakukan perhitungan indeks konsistensi (CI) dan rasio konsistensi (CR) yang dipengaruhi RI (**Tabel 8**). Syarat pada metode AHP ini adalah nilai $CR < 0,1$.

$$CI = \frac{\sum \lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{15,80 - 14}{14 - 1} = 0,138$$

Tabel 7. Bobot Masing-Masing Komponen

No.	Komponen	W_i	X_i	Bobot
1	Cat Dinding	0,67	X1	0,035
2	Handle Pintu	2,29	X2	0,119
3	Engsel Pintu	0,68	X3	0,036
4	Cat Pintu	0,49	X4	0,025
5	Cat Jendela	0,37	X5	0,019
6	Cat Ventilasi	0,35	X6	0,018
7	Keramik Lantai	1,65	X7	0,086
8	Keramik Dinding	0,44	X8	0,023
9	Plafond	4,21	X9	0,219
10	Cat Plafond	0,61	X10	0,032
11	Kran Air	2,99	X11	0,156
12	Lampu	2,25	X12	0,117
13	Saklar	0,93	X13	0,049
14	Stop Kontak	1,25	X14	0,065
Total		19,19	-	1

	CD	HP	EP	CP	CJ	CV	KL	KD	PL	CF	KA	LP	SL	SK	λ_i	λ Maks
CD	1	0.24	0.31	1.43	1.43	2.22	1.15	3.90	0.20	1.78	0.20	0.28	0.37	0.35	0.03	0.57
HP	4.23	1	3.25	4.28	4.62	5.72	2.35	3.90	0.17	3.73	0.40	2.35	3.37	3.73	0.12	1.88
EP	3.25	0.31	1	2.55	3.18	2.83	0.26	2.55	0.18	0.34	0.21	0.26	0.34	0.28	0.04	0.59
CP	0.70	0.23	0.39	1	1.32	1.32	0.24	2.70	0.19	1.00	0.19	0.19	0.34	0.25	0.03	0.38
CJ	0.70	0.22	0.31	0.76	1	1.15	0.21	0.39	0.16	0.87	0.20	0.19	0.26	0.22	0.02	0.29
CV	0.45	0.17	0.35	0.76	0.87	1	0.23	0.28	0.17	0.76	0.18	0.22	0.33	0.23	0.02	0.28
KL	0.87	0.43	3.90	4.17	4.68	4.36	1	3.90	0.29	4.13	0.37	0.40	3.90	3.37	0.09	1.38
KD	0.26	0.26	0.39	0.37	2.55	3.57	0.26	1	0.20	0.43	0.23	0.24	0.34	0.25	0.02	0.38
PL	5.11	5.72	5.55	5.35	6.35	5.75	3.44	4.96	1	3.90	2.93	2.93	5.93	5.14	0.22	3.60
CF	0.56	0.27	2.93	1.00	1.15	1.32	0.24	2.35	0.26	1	0.21	0.22	0.74	0.28	0.03	0.50
KA	5.11	2.49	4.86	5.35	4.96	5.47	2.70	4.32	0.34	4.83	1	2.55	3.52	3.00	0.16	2.36
LP	3.59	0.43	3.90	5.16	5.38	4.64	2.49	4.13	0.34	4.62	0.39	1	4.99	3.52	0.12	1.82
SL	2.70	0.30	2.93	2.93	3.90	3.06	0.26	2.93	0.17	1.35	0.20	0.20	1	0.66	0.05	0.76
SK	2.83	0.27	3.52	3.95	4.48	4.32	0.30	3.98	0.19	3.57	0.33	0.28	1.52	1	0.07	1.02

Gambar 2. Perhitungan Nilai Eigen Maksimum (λ_{maks})

Setelah mendapat nilai λ_{maks} , kemudian melakukan perhitungan indeks konsistensi (CI) dan rasio konsistensi (CR) yang dipengaruhi RI (**Tabel 8**). Syarat pada metode AHP ini adalah nilai $CR < 0,1$.

$$CI = \frac{\sum \lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{15,80 - 14}{14 - 1} = 0,138$$

Tabel 8. Nilai Random Consistency Index (RI) [6]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,138}{1,57} = 0,088 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Maka nilai CR telah memenuhi syarat dengan nilai sebesar $0,088 < 0,1$.

4.3.2 Indeks Kondisi Bangunan

Dalam menganalisis indeks kondisi bangunan, perhitungan dimulai dengan menghitung nilai indeks kondisi sub elemen (IKSE) seperti tersaji pada **Tabel 9**. Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kondisi elemen (IKE), yaitu dengan mengalikan nilai IKSE dengan bobot elemen yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut ini contoh perhitungan IKSE dan IKE cat dinding:

$$IKSE \text{ cat dinding} = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m \alpha (T_j, S_j, D_{ij}) \times F(t, d) = 100 - \{(0,7 \times 25) + (0,3 \times 25)\} = 75$$

$$IKE \text{ cat dinding} = IKSE \text{ cat dinding} \times \text{bobot elemen cat dinding} = 75 \times 0,035 = 2,62$$

Tabel 9. Perhitungan Indeks Kondisi Sub Elemen (IKSE)

Sub Elemen	Jenis Kerusakan	Volume Kerusakan	FK	NP	IKSE
Cat Dinding	Terkelupas	0,71%	0,7	25	75
	Warna Pudar	10,95%	0,3	25	
Kunci & Handle	Kunci Rusak	0%	0	0	75
	Handle Lepas	4,88%	1	25	
Engsel Pintu	Lepas	3,57%	0,7	25	75
	Macet	3,06%	0,3	25	
Cat Pintu	Terkelupas	0%	0	0	50
	Warna Pudar	33,95%	1	50	
Cat Jendela	Terkelupas	0%	0	0	25
	Warna Pudar	55,78%	1	75	
Cat Ventilasi	Terkelupas	0%	0	0	50
	Warna Pudar	25,00%	1	50	
Keramik Lantai	Retak	0,53%	0,3	25	75
	Pecah	0,31%	0,7	25	
Keramik Dinding	Retak	1,19%	0,3	25	75
	Pecah	0,04%	0,7	25	
Papan Plafond	Lendut	0%	0	0	75
	Lapuk	0,38%	1	25	
Cat Plafond	Terkelupas	0%	0	0	75
	Warna Pudar	6,30%	1	25	
Kran Air	Rusak	7,69%	1	25	75
	Lepas	0%	0	0	
Lampu	Buram	2,44%	0,4	25	75
	Putus	13,01%	0,6	25	
Saklar	Pecah	6,25%	1	25	75
	Lepas	0%	0	0	
Stop Kontak	Pecah	5,08%	0,6	25	75
	Lepas	1,69%	0,4	25	

Setelah mendapatkan nilai indeks kondisi elemen, perhitungan langsung dilanjutkan ke tahap akhir, yaitu dengan menghitung nilai indeks kondisi kerusakan bangunan (**Tabel 10**).

Tabel 10. Perhitungan Indeks IKE dan Indeks Kondisi Kerusakan Bangunan

Elemen	IKSE	Bobot Elemen	Indeks Kondisi Elemen	Indeks Kondisi Kerusakan Bangunan
A	B	C	D = B x C	E = C x D
Cat Dinding	75	0,035	2,62	0,091
Handle Pintu	75	0,119	8,97	1,069
Engsel Pintu	75	0,036	2,67	0,095
Cat Pintu	50	0,025	1,27	0,032
Cat Jendela	25	0,019	0,49	0,009
Cat Ventilasi	50	0,018	0,46	0,017
Keramik Lantai	75	0,086	6,46	0,555
Keramik Dinding	75	0,023	1,74	0,039
Plafond	75	0,219	16,48	3,610
Cat Plafond	75	0,032	2,37	0,075
Kran Air	75	0,156	11,63	1,825
Lampu	75	0,117	7,02	1,031
Saklar	75	0,049	2,43	0,177
Stop Kontak	75	0,065	3,90	0,320
Indeks Kondisi Kerusakan Bangunan				8,946

Didapatkan nilai indeks kondisi kerusakan bangunan sebesar 8,946. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai indeks kondisi bangunan.

$$\begin{aligned}
 \text{Indeks Kondisi Bangunan} &= 100 - \text{Indeks Kondisi Kerusakan Bangunan} \\
 &= 100 - 8,946 \\
 &= 91,054
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai indeks kondisi bangunan sebesar 91,054 yang berarti kondisi bangunan berada dalam kondisi baik sekali dan belum membutuhkan penanganan dalam waktu dekat.

4.3.3 Perbaikan Kerusakan Berdasarkan Indeks Kondisi Kerusakan Bangunan

Analisis penggantian komponen yang rusak ini dilakukan pada tahun ke-1 dalam periode 25 tahun LCC, yang bertujuan agar komponen berada dalam kondisi 100% saat penggantian rutin dilakukan. Untuk harga satuan komponen akan mengacu pada Peraturan Wali Kota Pontianak [7]. **Gambar 3** menunjukkan perhitungan biaya perbaikan kerusakan komponen tahun 2023. Berikut ini contoh perhitungan biaya perbaikan kerusakan cat dinding:

$$\text{Biaya perbaikan cat dinding} = \text{Rp}43.981.138 \times (1 + 3,25\%)^{2024-2023} = \text{Rp}45.410.525$$

No.	Komponen	Volume Komponen	Satuan	Kerusakan Komponen	Satuan	Harga Satuan	Satuan	Total Harga (2023)
1	Cat Dinding	5336,405	m ²	621.885	m ²	Rp70,722	m ²	Rp43,981,138
2	Handle Pintu	82	buah	4	buah	Rp345,510	buah	Rp1,382,040
3	Engsel Pintu	392	buah	26	buah	Rp103,027	buah	Rp2,678,705
4	Cat Pintu	262,006	m ²	88.951	m ²	Rp100,018	m ²	Rp8,896,657
5	Cat Jendela	413,345	m ²	230.555	m ²	Rp100,018	m ²	Rp23,059,535
6	Cat Ventilasi	24,512	m ²	6.12785	m ²	Rp100,018	m ²	Rp612,892
7	Keramik Lantai	2457	m ²	20.79	m ²	Rp333,850	m ²	Rp6,940,742
8	Keramik Dinding	239,7	m ²	2.95	m ²	Rp753,080	m ²	Rp2,221,585
9	Plafond	2457	m ²	9.225	m ²	Rp101,613	m ²	Rp937,375
10	Cat Plafond	2457	m ²	154.68	m ²	Rp100,018	m ²	Rp15,470,707
11	Kran Air	52	buah	4	buah	Rp114,538	buah	Rp458,150
12	Lampu	246	buah	38	buah	Rp75,000	buah	Rp2,850,000
13	Saklar	64	buah	4	buah	Rp29,510	buah	Rp118,040
14	Stop Kontak	59	buah	4	buah	Rp55,000	buah	Rp220,000

Gambar 3. Perhitungan Biaya Perbaikan Kerusakan Komponen di Tahun 2023

Tabel 11. Kebutuhan Biaya Perbaikan Kerusakan Komponen Tahun 2024

Komponen	2023	2024
	0	1
Cat Dinding		Rp45.410.525
Handle Pintu		Rp1.426.956
Engsel Pintu		Rp2.765.762
Cat Pintu		Rp9.185.798
Cat Jendela		Rp23.808.970
Cat Ventilasi		Rp632.811
Keramik Lantai		Rp7.166.316
Keramik Dinding		Rp2.293.787
Plafond		Rp967.840
Cat Plafond		Rp15.973.505
Kran Air		Rp473.040
Lampu		Rp2.942.625
Saklar		Rp121.876
Stop Kontak		Rp227.150
Total Biaya Perbaikan		Rp113.396.961

Total biaya perbaikan kerusakan di tahun 2024 (**Tabel 11**) membutuhkan biaya sebesar Rp113.396.961.

4.3.4 Penggantian Rutin Komponen Bangunan

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk penggantian rutin komponen yang akan dimulai pada tahun ke 2 analisis. Prediksi umur layan komponen [3].

No.	Komponen	Vol. Komponen	Satuan	Umur Layan Komponen	Harga Satuan
1	Cat Dinding	5336.4049	m ²	8	Rp 70,722.30
2	Handle Pintu	82	buah	10	Rp 345,510.00
3	Engsel Pintu	392	buah	20	Rp 103,027.10
4	Cat Pintu	262.006	m ²	15	Rp 100,017.50
5	Cat Jendela	413.345	m ²	15	Rp 100,017.50
6	Cat Ventilasi	24.5115	m ²	15	Rp 100,017.50
7	Keramik Lantai	2457	m ²	20	Rp 333,850.00
8	Keramik Dinding	239.7	m ²	20	Rp 753,079.80
9	Plafond	2457	m ²	18	Rp 101,612.50
10	Cat Plafond	2457	m ²	15	Rp 100,017.50
11	Kran Air	54	buah	3	Rp 114,537.50
12	Lampu	246	buah	5	Rp 75,000.00
13	Saklar	64	buah	20	Rp 29,510.00
14	Stop Kontak	59	buah	20	Rp 55,000.00
15	Genteng	2567.289	m ²	20	Rp 234,256.00
16	Cat Genteng	2567.289	m ²	12	Rp 56,441.00
17	Cat Lisplank	132	m ²	15	Rp 100,017.50
18	Cat Bubungan Metal	17.863	m ²	12	Rp 56,441.00
19	Kusen Pintu	3.6846	m ³	30	Rp 15,440,425.00
	Daun Pintu	4.97322	m ³	30	Rp 1,237,390.00
20	Daun Jendela (pintu)	0.67551	m ³	30	Rp 878,064.00
21	Kusen Jendela	8.762	m ³	30	Rp 15,440,425.00
22	Daun Jendela	6.4944	m ³	30	Rp 878,064.00
	Kusen Ventilasi	3.26475	m ³	30	Rp 15,440,425.00
23	Kusen Ventilasi (Kecil)	2.97	m ³	30	Rp 7,857,850.00
24	Kloset Jongkok	28	buah	15	Rp 2,277,619.70
25	Kloset Duduk	2	buah	15	Rp 3,657,280.00
26	Wastafel TOTO	19	buah	8	Rp 2,658,491.00
27	Pemeliharaan Rutin	-	-	-	Rp 24,000,000.00

Gambar 4. Analisis Penggantian Rutin Komponen Bangunan di Tahun 2023

Komponen	2025	2039	2048	Total Biaya
	2	16	25	
Cat Dinding			Rp839,569,510.77	Rp1,992,890,642.71
Handle Pintu				Rp92,722,460.39
Engsel Pintu				Rp79,054,902.87
Cat Pintu		Rp43,714,769.93		Rp43,714,769.93
Cat Jendela		Rp68,965,077.48		Rp68,965,077.48
Cat Ventilasi		Rp4,089,656.66		Rp4,089,656.66
Keramik Lantai				Rp1,605,638,613.98
Keramik Dinding				Rp353,346,097.81
Plafond				Rp458,419,875.93
Cat Plafond		Rp409,941,717.79		Rp409,941,717.79
Kran Air		Rp10,317,688.80	Rp13,759,193.16	Rp80,589,932.18
Lampu		Rp30,777,783.17		Rp115,475,151.90
Saklar				Rp3,696,923.39
Stop Kontak				Rp6,351,933.87
Genteng				Rp1,177,217,564.41
Cat Genteng			Rp322,345,009.64	Rp541,948,999.94
Cat Lisplank		Rp22,023,730.87		Rp22,023,730.87
Cat Bubungan Metal			Rp2,242,800.47	Rp3,770,753.18
Kusen Pintu				Rp-
Daun Pintu				Rp-
Daun Jendela (pintu)				Rp-
Kusen Jendela				Rp-
Daun Jendela				Rp-
Kusen Ventilasi				Rp-
Kusen Ventilasi (Kecil)				Rp-
Kloset Jongkok		Rp106,384,953.08		Rp106,384,953.08
Kloset Duduk		Rp12,201,948.06		Rp12,201,948.06
Wastafel TOTO			Rp112,367,392.61	Rp266,727,081.46
Pemeliharaan	Rp25,585,350.00	Rp40,036,140.71	Rp53,390,347.79	Rp908,928,741.40
Total per Tahun	Rp25,585,350.00	Rp748,453,466.55	Rp1,343,674,254.45	Rp8,354,101,529.29

Gambar 5. Analisis Penggantian Rutin Komponen Bangunan di Tahun 2023

Total biaya penggantian rutin komponen untuk 25 tahun adalah sebesar Rp8.354.101.529. Maka total biaya pemeliharaan adalah dengan menambahkan total biaya perbaikan kerusakan komponen (**Tabel 11**) dengan total biaya penggantian rutin komponen (**Gambar 5**).

$$\text{Biaya Pemeliharaan} = \text{Rp}113.396.961 + \text{Rp}8.354.101.529 = \text{Rp}8,467,498,490$$

Didapatkan total biaya pemeliharaan bangunan untuk 25 tahun sebesar Rp8.467.498.490.

4.4 Rekapitulasi Life Cycle Cost di Tahun 2023

Langkah selanjutnya yaitu mengkonversi biaya dari masa depan ke nilai biaya saat ini (*present value*) dengan menggunakan *discount rate* sebesar 5%.

Tabel 12. Biaya LCC selama 25 tahun dalam Present Value (2023)

Tahun	PV Biaya Konstruksi	Biaya Operasional		Biaya Pemeliharaan		PV LCC/tahun
		FV	PV	FV	PV	
2023	Rp7.344.650.553	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp7.344.650.553
2024		Rp383.641.577	Rp365.372.931	Rp113.396.961	Rp107.997.105	Rp473.370.036
2025		Rp396.109.929	Rp359.283.382	Rp25.585.350	Rp23.206.667	Rp382.490.049
2026		Rp408.983.501	Rp353.295.326	Rp26.416.874	Rp22.819.889	Rp376.115.215
..
2047		Rp800.565.841	Rp248.229.777	Rp51.709.780	Rp16.033.543	Rp264.263.321
2048		Rp826.584.231	Rp244.092.615	Rp1.343.674.254	Rp396.790.732	Rp640.883.346
Total	Rp7.344.650.553	Rp14.455.588.961	Rp7.520.911.599	Rp7.520.911.599	Rp3.538.849.941	Rp18.404.412.094

Dari **Tabel 12** di atas didapatkan biaya saat ini (*present value*) untuk biaya konstruksi sebesar Rp7.344.650.553, biaya operasional sebesar Rp7.520.911.599 dan biaya pemeliharaan sebesar Rp3.538.849.941. Maka, rekapitulasi biaya siklus hidup dari bangunan SMP Islam Al Azhar 17 Pontianak tersaji pada **Tabel 13** berikut:

Tabel 13. Rekapitulasi Life Cycle Cost Bangunan Sekolah di Tahun 2023

Biaya Konstruksi	Biaya Operasional	Biaya Pemeliharaan	Total LCC
Rp7.344.650.553	Rp7.520.911.599	Rp3.538.849.941	Rp18.404.412.094
39,91%	40,86%	19,23%	100%

Didapatkan persentase masing-masing komponen biaya siklus hidup bangunan yaitu, biaya konstruksi sebesar Rp7.344.650.553 (39,91%), biaya operasional Rp7.520.911.599 (40,86%), dan biaya pemeliharaan Rp3.538.849.941 (19,23%). Sedangkan untuk total biaya LCC untuk 25 tahun ke depan adalah sebesar Rp18.404.412.094 (100%).

Biaya operasional ditambah dengan biaya pemeliharaan dan penggantian akan mencapai 1,5 kali lipat lebih besar dari biaya konstruksi awal (biaya pembangunan) [4].

$$\frac{\text{Biaya Operasional} + \text{Biaya Pemeliharaan}}{\text{Biaya Konstruksi Awal}} = \frac{\text{Rp7.520.911.599} + \text{Rp3.538.849.941}}{\text{Rp7.344.650.553}} = 1,506$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa biaya operasional ditambah biaya pemeliharaan, menghasilkan biaya 1,506 kali lebih besar dari biaya konstruksi. Hasil ini membuktikan bahwa pendapat yang diberikan oleh Graham Ive adalah benar.

4.5 Net Present Value (NPV)

Perhitungan NPV akan mencari selisih biaya saat ini dari pemasukan dan pengeluaran. Untuk biaya pengeluaran tahunan akan menggunakan biaya LCC, sedangkan untuk biaya pemasukan akan menggunakan rata-rata biaya yang dibayarkan siswa seperti biaya masuk sebesar Rp.8.000.000, biaya SPP per bulan Rp750.000, dan biaya daftar ulang sebesar Rp2.370.000.

Tabel 14. Rata-rata Biaya Pemasukan Bangunan Sekolah di Tahun 2023

Tahun Ajaran	Jumlah Siswa			Biaya Masuk Siswa Baru	Biaya SPP	Biaya Daftar Ulang	Total Pemasukan
	Siswa Baru	Siswa Lama	Total				
2018/2019	59	97	156	Rp472.000.000	Rp1.287.000.000	Rp229.890.000	Rp1.988.890.000
2019/2020	68	110	178	Rp544.000.000	Rp1.468.500.000	Rp260.700.000	Rp2.273.200.000
2020/2021	71	103	174	Rp568.000.000	Rp1.435.500.000	Rp244.110.000	Rp2.247.610.000
2021/2022	66	121	187	Rp528.000.000	Rp1.542.750.000	Rp286.770.000	Rp2.357.520.000
2022/2023	77	120	197	Rp616.000.000	Rp1.625.250.000	Rp284.400.000	Rp2.525.650.000
2023/2024	75	145	220	Rp600.000.000	Rp1.815.000.000	Rp343.650.000	Rp2.758.650.000
Rata-rata Pemasukan per Tahun				Rp554.666.667	Rp1.529.000.000	Rp274.920.000	Rp2.358.586.667

Dari **Tabel 14** didapatkan rata-rata pemasukan sekolah sebesar Rp2.358.586.667. Nilai tersebut akan dijadikan acuan di tahun 2023 yang selanjutnya dilakukan perhitungan *present value* (PV) dari pemasukan selama 25 tahun ke depan dengan mempertimbangkan *discount rate* sebesar 5%.

Tabel 15. Rekapitulasi Perhitungan Pemasukan Hingga Tahun 2048

Tahun	FV	PV
0 2023	Rp -	Rp -
1 2024	Rp2,435,240,733	Rp2,319,276,889
2 2025	Rp2,514,386,057	Rp2,280,622,274
3 2026	Rp2,596,103,604	Rp2,242,611,903
...
24 2047	Rp5,081,749,896	Rp1,668,462,798
25 2048	Rp5,246,906,768	Rp1,644,570,730
Total Pemasukan	Rp91,759,707,834	Rp47,740,472,759

Hasil dari **Tabel 15** didapatkan nilai saat ini (*present value*) untuk biaya pemasukan bangunan adalah sebesar Rp47.740.472.759. Perhitungan selanjutnya adalah mencari nilai NPV, yaitu dengan membandingkan nilai PV pemasukan dan PV pengeluaran.

Tabel 16. Perhitungan NPV Investasi Bangunan

Tahun	PV Pengeluaran	Kumulatif	PV Pemasukan	Kumulatif	NPV
	A	B	C	D	E = D-B
0 2023	Rp7,344,650,553	Rp7,344,650,553	Rp-	Rp-	-Rp7,344,650,553
1 2024	Rp473,370,036	Rp7,818,020,589	Rp2,319,276,889	Rp2,319,276,889	-Rp5,498,743,701
2 2025	Rp382,490,049	Rp8,200,510,638	Rp2,280,622,274	Rp4,599,899,163	-Rp3,600,611,475
3 2026	Rp376,115,215	Rp8,576,625,853	Rp2,242,611,903	Rp6,842,511,066	-Rp1,734,114,787
4 2027	Rp375,629,512	Rp8,952,255,365	Rp2,205,235,038	Rp9,047,746,104	Rp95,490,739
5 2028	Rp363,682,517	Rp9,315,937,882	Rp2,168,481,120	Rp11,216,227,224	Rp1,900,289,342
...
24 2047	Rp264,263,321	Rp17,763,528,748	Rp1,575,687,571	Rp46,191,046,648	Rp28,427,517,900
25 2048	Rp640,883,346	Rp18,404,412,094	Rp1,549,426,111	Rp47,740,472,759	Rp29,336,060,666

Dari **Tabel 16** di atas menghasilkan nilai NPV positif pada akhir periode penelitian dengan nilai sebesar Rp29.336.060.666, yang berarti investasi dinyatakan layak atau menguntungkan.

5. KESIMPULAN

Analisis *Life Cycle Cost* pada bangunan sekolah SMP Islam Al Azhar 17 Kota Pontianak untuk 25 tahun kedepan menghasilkan total biaya sebesar Rp18.404.412.094 (100%) dengan pembagian biaya konstruksi sebesar Rp7.344.650.553 (39,91%), biaya operasional sebesar Rp7.520.911.599 (40,86%), dan biaya pemeliharaan sebesar Rp3.538.849.941 (19,23%).

Hasil dari analisis LCC ini juga menghasilkan biaya operasional ditambah dengan biaya pemeliharaan 1,506 kali lebih besar daripada biaya konstruksi. Hal ini mengkonfirmasi bahwa biaya biaya operasional ditambah dengan biaya pemeliharaan 1,5 kali lebih besar daripada biaya konstruksi [2].

Untuk hasil analisis indeks kondisi bangunan, menunjukkan angka sebesar 91,054. Halmana menurut **Tabel 2** [10], hasil tersebut menunjukkan bangunan dalam kondisi yang baik sekali dan belum membutuhkan tindakan penanganan.

Sedangkan untuk hasil analisis *Net Present Value* (NPV), menghasilkan nilai NPV positif pada akhir periode analisis (25 tahun) dengan nilai sebesar Rp29.336.060.666. Nilai ini berarti telah memenuhi syarat untuk investasi dinyatakan layak atau menguntungkan (NPV>0).

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Internasional Organization for Standardization. (2017). *ISO 15686-5:2017 Building and constructed assets: Service-life planning Part 5: Life-cycle costing*. Geneva: Internasional Organization for Standardization - ISO.
- [2] Ive, G. (2006). Re-examining the costs and value ratios of owning and occupying buildings. *Building Research & Information*, 34(3), 230-245.
- [3] Kaming, J. &. (2016). Implementation of Life Cycle Costing: A Case of Hostel Building in Kediri, Eastern Jawa, Indonesia. *Applied Mechanics and Materials*, 845(____), 326-331.
- [4] Kaming, P. L. (2019). Adopsi Life Cycle Costing untuk Bangunan Gedung Diklat Muara Enim. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 2(2), 121-132.
- [5] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2007). *Permendiknas No. 24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SI/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTS), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [6] Kusnadi, E. (2011). *Sistem Pendukung Keputusan Pemeliharaan Bangunan Sekolah Negeri (Studi Kasus di Kecamatan Tigaraksa Kabupaten Tangerang)*. Tesis. Surakarta: Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret.
- [7] Pemerintah Kota Pontianak. (2023). *PERWALI Kota Pontianak No. 1 Tahun 2003 Standar Harga Satuan Dasar Upah dan Bahan Konstruksi Untuk Kegiatan Pembangunan Pemerintah Kota Pontianak Tahun Anggaran 2023*. Pontianak: Pemerintah Kota Pontianak.
- [8] Perdana, S. (2018). Penduga rataan geometrik pada sampel himpunan terurut untuk distribusi normal. *Jurnal Gantang*, 3(1), 9-16.
- [9] Setiawan, B. H. (2021). Analisis Skala Prioritas Pemeliharaan Bangunan Gedung Menggunakan Metode AHP (Analitical Hierarchy Process). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, 1(2), 85-101.
- [10] Suparjo, I. P. (2009). Perhitungan Indeks Kondisi Bangunan dan Analisis Biaya Perbaikan Gedung Akademi Keperawatan Panti Rapih Pasca Gempa (Studi Kasus : Bencana Gempa 27 Mei 2006). *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*, 19(1), 987-998.
- [11] Xie, H. C. (2022). Net Present Value Method: A Method Recommended by ISO 15686-5 for Economic Evaluation of Building Life Cycle Costs. *World Journal of Engineering and Technology*, 10(2), 224-229.
- [12] Zainuri. (2021). *Ekonomi Teknik*. Padang: CV Jasa Surya.