

ANALISIS LIFE CYCLE COST PRODUKSI PANEL GRC MENARA MASJID DENGAN RESIN MOLD

Reza Andrian¹ dan Sony Susanto^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri
Jl. Selomangleng No. 1, Mojoroto, Kec. Mojoroto. Kota Kediri 64115
E-mail: andrezza442@gmail.com¹ dan sonysusanto@unik-kediri.ac.id^{2*}.

(*) Penulis Korespondensi

(Artikel dikirim: 15 November 2025, Direvisi: 25 November 2025, Diterima: 23 Desember 2025)

DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v13i3.5016>

ABSTRAK: Efisiensi biaya merupakan aspek penting dalam industri konstruksi modern, terutama pada pekerjaan non-struktural yang menuntut presisi tinggi seperti produksi panel *Glass Fiber Reinforced Concrete* (GRC) untuk pembangunan menara masjid. Permasalahan utama terletak pada biaya investasi resin *mold* yang besar dan masa pakainya terbatas, sehingga diperlukan analisis untuk menentukan titik penggunaan paling ekonomis. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC) dengan metode kuantitatif deskriptif untuk menghitung biaya total per panel, efisiensi, dan titik impas ekonomi (*Break Even Point*) berdasarkan data aktual produksi di *workshop*. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi penggunaan resin *mold* secara signifikan menurunkan biaya produksi per panel dari Rp5.900.000,00 pada pemakaian pertama menjadi Rp1.030.312,50 pada pemakaian ke-20, dengan efisiensi biaya sebesar -30,71% dibandingkan praktik lapangan. Titik impas (BEP) tercapai pada pemakaian ke-18, menandakan bahwa investasi *mold* telah kembali modal dan mulai menghasilkan keuntungan bersih. Dengan demikian, penggunaan resin *mold* hingga 20 kali terbukti paling efisien dan ekonomis, sekaligus mendukung penerapan prinsip *Lean Construction* dan keberlanjutan dalam proses produksi prefabrikasi.

KATA KUNCI : *Life Cycle Cost, Efisiensi Biaya, Resin Mold, Break Even Point, Panel GRC*

1. PENDAHULUAN

Produksi panel *Glass Fiber Reinforced Concrete* (GRC) untuk pembangunan menara masjid di Kabupaten Pacitan menuntut akurasi bentuk, konsistensi kualitas, dan pengendalian biaya produksi yang ketat, mengingat seluruh proses fabrikasi dilakukan di *workshop* Trenggalek sebelum panel diangkut ke lokasi proyek (Baybure, 2024). Material GRC dikenal memiliki kekuatan mekanik, ketahanan cuaca, serta fleksibilitas desain yang baik, sehingga banyak diterapkan pada fasad dan elemen arsitektural (Blazy et al., 2022). Namun kualitas akhir panel sangat dipengaruhi oleh kondisi resin *mold* sebagai cetakan utama yang mengalami degradasi permukaan setelah beberapa siklus pemakaian (Alanazi et al., 2022). Hasil pengamatan awal di *workshop* menunjukkan bahwa *mold* yang dipakai terlalu sering meningkatkan cacat panel seperti retak rambut, ketidakteraturan tekstur, dan cacat tepi, sehingga biaya *rework* meningkat dan produktivitas menurun (Mohamed et al., 2025). Dalam praktiknya, penentuan kapan *mold* masih layak digunakan atau harus diganti umumnya hanya didasarkan pada pengalaman dan pemeriksaan visual, tanpa perhitungan biaya yang jelas mengenai batas pemakaian *mold* yang masih menguntungkan. Kondisi ini mengindikasikan

perlunya evaluasi menyeluruh terkait kontribusi *mold* terhadap pembentukan biaya produksi serta pentingnya menentukan umur ekonomis *mold* resin secara objektif.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Life Cycle Cost* (LCC) merupakan metode yang efektif dalam mengevaluasi biaya sepanjang umur aset konstruksi. Utari & Samad (2021) menegaskan bahwa LCC mampu mengidentifikasi komponen biaya dominan dan mendukung strategi pengendalian biaya proyek bangunan. Jin et al. (2025) mengembangkan model perhitungan biaya berbasis perspektif siklus hidup yang menekankan pentingnya analisis pemeliharaan dan umur aset untuk mencapai efisiensi biaya total. Penelitian Istiatun et al. (2023) menekankan pentingnya stabilitas *mold* untuk menjaga efisiensi produksi. Penelitian Guspari et al. (2022) juga menunjukkan bahwa kualitas cetakan dan metode fabrikasi berperan besar dalam pembentukan biaya produksi GRC. Sebagai pendukung teori, (Puhessti, 2021) serta Doda et al. (2025) menjelaskan bahwa evaluasi LCC membantu memahami proporsi biaya yang muncul selama umur layanan aset, meskipun penelitian mereka masih terbatas pada aset bangunan skala makro.

ANALISIS LIFE CYCLE COST DALAM PRODUKSI PANEL GRC UNTUK PEMBANGUNAN MENARA MASJID MENGGUNAKAN RESIN MOLD

(Reza Andrian, Sony Susanto)

Meskipun kajian LCC semakin berkembang, terdapat *research gap* yang sangat jelas dan relevan bagi penelitian ini. Pertama, seluruh penelitian terdahulu, baik Utari & Samad (2021), Puhessti (2021), maupun Doda et al. (2025) masih berfokus pada struktur makro seperti bangunan, pemeliharaan gedung, dan aset konstruksi besar, sehingga tidak mencakup konteks alat bantu produksi berskala mikro seperti resin *mold*. Kedua, penelitian mengenai GRC lebih menekankan kualitas material dan metode produksi, tetapi tidak ada yang menganalisis biaya per siklus pemakaian *mold*, padahal *mold* merupakan komponen kritis yang menentukan kualitas dan biaya produksi panel (Baybure, 2024; Blazy et al., 2022). Ketiga, belum ditemukan penelitian terdahulu yang menggabungkan LCC dengan analisis *Break Even Point* (BEP) untuk mengidentifikasi titik balik modal dan siklus ekonomis *mold* resin berdasarkan biaya kumulatif dan pendapatan aktual. Dengan demikian, aspek ekonomi dari *mold* resin sebagai elemen mikro dalam rantai produksi panel GRC masih belum tersentuh oleh penelitian sebelumnya.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode LCC dan BEP untuk mengevaluasi umur ekonomis *mold* resin berdasarkan data produksi aktual dari *workshop*. Penelitian ini tidak hanya menentukan siklus pemakaian *mold* yang paling efisien (n^*), tetapi juga menghitung titik impas investasi *mold* resin secara kuantitatif, serta memetakan bagaimana degradasi teknis *mold* berkontribusi terhadap kenaikan biaya produksi. Pendekatan ini memperluas penerapan LCC dari konteks konstruksi berskala besar menjadi evaluasi alat bantu produksi non-struktural, sehingga menghasilkan model analisis baru yang relevan untuk industri prefabrikasi GRC.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi biaya produksi panel GRC berdasarkan siklus pemakaian *mold* resin menggunakan metode LCC, serta menentukan titik impas investasi *mold* resin melalui analisis BEP. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan model evaluasi biaya dalam industri prefabrikasi non-

struktural, serta mendukung kontraktor dan produsen GRC dalam mengoptimalkan umur pakai *mold* resin, menekan biaya produksi, dan meningkatkan profitabilitas pada proyek pembangunan menara masjid.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode *Life Cycle Cost* (LCC) untuk menilai efisiensi biaya produksi panel GRC berdasarkan frekuensi pemakaian resin *mold* (Febriantoro et al., 2022). Analisis mencakup perhitungan total biaya sepanjang umur *mold*, penentuan titik efisiensi optimal (n^*), serta perbandingan hasil teoritis dan praktik lapangan melalui analisis matematis dan grafik biaya per panel.

2.2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah *mold* resin sebagai cetakan produksi panel GRC untuk pembangunan menara masjid. *Mold* telah digunakan berulang hingga 32 kali sesuai pemakaian aktual di *workshop* selama proses fabrikasi. Proses produksi dilakukan di *workshop* Trenggalek dengan lokasi proyek berada di Pacitan pada jarak sekitar ± 200 km.

2.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel utama, yaitu jumlah pemakaian resin *mold* (n) sebagai variabel bebas dan biaya total per panel GRC ($C_{p,exp}(n)$) sebagai variabel terikat. Model konseptual *Life Cycle Cost* (LCC) mengacu pada RICS (2016), yang mempertimbangkan seluruh komponen biaya sepanjang umur ekonomis aset, termasuk biaya awal, operasional, pemeliharaan, dan degradasi fungsi (Bourke & RICS, 2016). Komponen biaya dalam model ini meliputi biaya *mold* (C_m), material (C_{mat}), tenaga kerja (C_i), utilitas (C_u), *overhead* variabel ($C_{oh,var}$), perawatan *mold* ($C_{maint}(n)$), *rework* panel cacat (C_{rw}), serta persentase cacat ($p(n)$). Dengan demikian model konseptual biaya total per panel dituliskan sebagai:

$$C_{p,exp}(n) = \frac{(C_m + (C_{mat} + C_i + C_u + C_{oh,var}) + C_{maint}(n)) \times n}{n} + p(n) \times C_{rw} \dots \dots \dots (2.3.1)$$

(Bourke & RICS, 2016)

2.4. Metode Pengumpulan Data

Data penelitian berasal dari sumber primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari observasi proses produksi panel GRC di *workshop*,

sedangkan data sekunder dari dokumen proyek dan catatan perawatan. Analisis dilakukan dengan pendekatan biaya per siklus (*cost per use*) untuk membandingkan praktik dan model teoritis.

2.5. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara kuantitatif deskriptif berdasarkan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC) dan analisa *Break Even Point* (Bourke & RICS, 2016)(Anastasya Sinambela et al., 2022). Tahapan analisis meliputi:

1. Menentukan biaya per panel ($C_{p,exp}(n)$) pada setiap siklus.
2. Menghitung biaya praktik ($C_{praktik}$) sebagai rata-rata biaya aktual produksi panel GRC dari 32 kali pemakaian resin *mold* dengan model:

$$C_{praktik} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{p,exp}(n)}{n} \dots \dots \dots (2.5.1)$$

(Rachmad et al., 2025)

Dimana, jumlah 32 kali pemakaian tersebut merupakan total siklus penggunaan *mold* yang telah berlangsung di *workshop* selama proses produksi.

3. Menghitung efisiensi biaya untuk memperoleh titik optimal (n^*). Efisiensi dihitung dengan rumus:

$$Ef (\%) = \frac{C_{p,exp}(n^*) - C_{praktik}}{C_{praktik}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5.2)$$

Rumus tersebut diadaptasi dari penelitian Rachmad et al. (2025) yang juga menerapkan perhitungan efisiensi pada penelitiannya. Nilai $Ef < 0$ menunjukkan bahwa biaya pada titik n^* lebih rendah dibanding rata rata biaya $C_{praktik}$ (efisiensi). Sedangkan jika $Ef > 0$ maka rata-rata biaya $C_{praktik}$ lebih besar dari biaya pada titik n^* .

4. Melakukan analisis *Break Even Point* (BEP) untuk menentukan siklus keberapa investasi resin *mold* tertutup oleh pendapatan penjualan panel GRC, menggunakan persamaan :

$$BEP (n) = \frac{\text{Biaya Kumulatif}}{\text{Pendapatan Kumulatif}} = 1 \dots (2.5.3)$$

(Anastasya Sinambela et al., 2022)

2.6. Validasi Statistik

Validitas diuji dengan membandingkan hasil perhitungan model LCC dengan data aktual produksi, terutama biaya dan tingkat cacat panel. Reliabilitas diperkuat melalui penerapan rumus matematis terukur dan data resmi seperti RAB serta laporan produksi. Model juga diuji ulang menggunakan perangkat lunak Excel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum

Panel GRC merupakan elemen prefabrikasi non-struktural yang digunakan sebagai pelapis eksterior menara masjid. Proses produksinya meliputi pembuatan *mold* resin, pencampuran material, pengecoran, pengeringan, serta tahap

finishing dan *coating* sebelum dikirim ke lokasi proyek untuk dipasang.

Sebelum dikirim, panel GRC perlu dipastikan kualitas dan kondisi fisiknya tetap terjaga. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan keseragaman dimensi dan ketiadaan cacat permukaan. **Gambar 2.** menunjukkan panel pada tahap pra-pemasangan.



Gambar 2. Panel GRC sebelum dipasang
(Sumber: Situasi Proyek di Lapangan)

Panel pada tahap ini diperiksa untuk memastikan keseragaman dimensi, kualitas permukaan, dan bebas cacat. Setelah lolos pemeriksaan, panel dipersiapkan untuk distribusi ke lokasi pemasangan. Tahapan ini memastikan elemen siap digunakan tanpa memerlukan perbaikan tambahan.

Setibanya di lokasi proyek, panel GRC dipasang pada struktur menara sesuai spesifikasi desain arsitektural. **Gambar 3.** memperlihatkan kondisi panel setelah proses instalasi selesai.



Gambar 3. Panel GRC setelah dipasang
(Sumber: Situasi Proyek di Lapangan)

Panel yang terpasang terintegrasi baik dengan struktur menara dan sesuai dengan desain. Pemasangan dilakukan bertahap dengan menjaga ketepatan posisi dan stabilitas. Hasilnya menunjukkan keberhasilan prefabrikasi dalam menghasilkan elemen yang presisi.

3.2. Data Biaya Panel GRC

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, dapat diketahui komponen biaya yang digunakan untuk produksi panel GRC untuk pembangunan menara, dengan *mold* resin sebagai alat cetak utama yang dimuat dalam **Tabel 1.** Komponen biaya tersebut mencakup biaya pembuatan *mold*, material, tenaga kerja, utilitas, perawatan, serta

ANALISIS LIFE CYCLE COST DALAM PRODUKSI PANEL GRC UNTUK PEMBANGUNAN MENARA MASJID MENGGUNAKAN RESIN MOLD

(Reza Andrian, Sony Susanto)

biaya korektif selama proses produksi berlangsung.

Tabel 1. Komponen Biaya Produksi per Panel Menara GRC

Parameter	Simbol	Nilai	Keterangan
Biaya pembuatan resin <i>mold</i>	C_m	Rp 5.000.000,00	Resin + pengerjaan <i>mold</i>
Biaya material per panel	C_{mat}	Rp 400.000,00	Semen, pasir halus, serat GRC, pigmen, air
Biaya tenaga kerja per panel	C_l	Rp 200.000,00	Upah pekerja cetak/ <i>demolding</i>
Utilitas	C_U	Rp 100.000,00	Air, listrik, <i>release agent</i>
<i>Overhead</i> variabel	$C_{oh.var}$	Rp 20.000,00	Transport internal, alat kecil
Biaya perawatan <i>mold</i>	C_{maint}	Rp 200.000,00	<i>Coating</i> ulang resin
Biaya <i>rework</i> panel cacat	C_{rw}	Rp 720.000,00	Biaya pembuatan ulang jika ada panel yang cacat
Harga jual per panel	P	Rp 1.750.000,00	Harga penjualan 1 panel menara GRC

(Sumber: Pengumpulan Data)

Tabel 1. menampilkan komponen biaya produksi panel GRC menara dengan resin *mold* sebagai cetakan utama. Biaya meliputi pembuatan *mold*, material, tenaga kerja, utilitas, serta *overhead* seperti transportasi dan alat kecil. Biaya perawatan *mold* dan *rework* panel cacat juga diperhitungkan untuk menjaga kualitas. Sebanyak 32 panel diproduksi sesuai dengan siklus pemakaian *mold* yang terjadi di *workshop* (8 panel per menara) dengan harga jual Rp

1.750.000,00 per unit sebagai dasar analisis efisiensi dan titik impas resin *mold*.

3.3. Perhitungan Biaya Total Per Panel Menggunakan Pendekatan LCC

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pembuatan per panel menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost* sehingga dihasilkan biaya total per panel seperti yang tertera pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Biaya untuk Pembuatan Panel GRC

n	Biaya Pembuatan <i>Mold</i> (C_m) (Rp)	Biaya Material + Tenaga + Utilitas Per Panel (C_{unit}) (Rp)	Biaya Perawatan ($C_{maint}(n)$) (Rp)	Cacat Pada <i>Mold</i> (%)	Biaya <i>Rework</i> (C_{rw}) (Rp)	Biaya Per Panel ($C_p(n)$) (Rp)	Biaya Total Per Panel ($(C_{p.exp}(n))$) (Rp)
1	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	0,00	0,00	5.900.000,00	5.900.000,00
2	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	0,00	0,00	3.300.000,00	3.300.000,00
3	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	0,00	0,00	2.433.333,33	2.433.333,33
...
9	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	0,00	0,00	1.277.777,78	1.277.777,78
10	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	0,00	0,00	1.220.000,00	1.220.000,00
11	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	3,13	22.500,00	1.172.727,27	1.243.039,77
12	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	3,13	22.500,00	1.133.333,33	1.203.645,83
...
20	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	3,13	22.500,00	960.000,00	1.030.312,50
21	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	947.619,05	1.228.869,05
22	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	936.363,64	1.217.613,64
23	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	926.086,96	1.207.336,96
24	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	916.666,67	1.197.916,67
...
29	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	879.310,34	1.160.560,34
30	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	873.333,33	1.154.583,33
31	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	867.741,94	1.148.991,94
32	5.000.000,00	700.000,00	200.000,00	6,25	45.000,00	862.500,00	1.143.750,00

n	Biaya Pembuatan <i>Mold</i> (C_m) (Rp)	Biaya Material + Tenaga+ Utilitas Per Panel (C_{unit}) (Rp)	Biaya Perawatan ($C_{maint}(n)$) (Rp)	Cacat Pada <i>Mold</i> (%)	Biaya <i>Rework</i> (C_{rw}) (Rp)	Biaya Per Panel ($C_p(n)$) (Rp)	Biaya Total Per Panel ($C_{p.exp}(n)$) (Rp)
Total Biaya							47.582.300,02

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

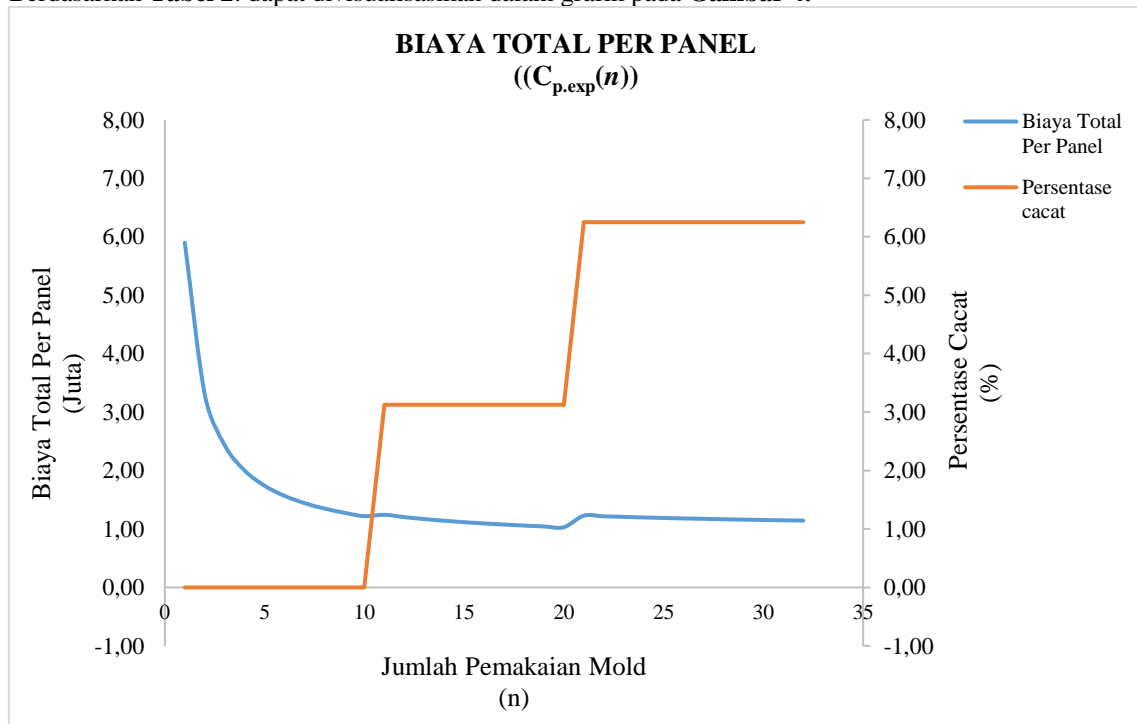
Berdasarkan **Tabel 2.**, biaya produksi panel GRC menurun tajam dari Rp 5.900.000 pada pemakaian pertama menjadi sekitar Rp 1.220.000,00 pada pemakaian ke-10. Pada pemakaian ke-11 hingga ke-20, meski muncul cacat 3,13%, biaya tetap rendah. Setelah pemakaian ke-20, cacat meningkat hingga 6,25% sehingga biaya *rework* bertambah. Titik efisiensi

optimal tercapai pada pemakaian ke-20–24, sebelum kualitas dan efisiensi menurun.

Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa umu r ekonomis *mold* berada di sekitar pemakaian ke-20 sebelum degradasi *mold* mulai memengaruhi total biaya. Total biaya keseluruhan untuk 32 siklus produksi tercatat sebesar Rp47.582.300,02

3.4. Analisa Penurunan Biaya

Berdasarkan **Tabel 2.** dapat divisualisasikan dalam grafik pada **Gambar 4.**



Gambar 4. Hubungan Jumlah Pemakaian dengan Biaya Produksi per panel dan Cacat Resin *Mold*.

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Grafik menunjukkan hubungan antara jumlah pemakaian resin *mold* dan biaya per panel ($C_{p.exp}(n)$). Pada pemakaian awal ($n = 1-10$), biaya turun tajam dari Rp 5,9 juta menjadi Rp 1,2 juta karena efisiensi penggunaan *mold* berulang. Setelah $n > 10$, cacat meningkat hingga 3,13% dan biaya sedikit naik akibat perawatan *mold*. Pada $n = 20-32$, meski biaya masih efisien, cacat mencapai 6,25%, menandakan degradasi *mold* mulai memengaruhi biaya produksi.

3.5. Analisa Efisiensi Biaya

Berdasarkan hasil perhitungan biaya menggunakan model *Life Cycle Cost* (LCC), biaya rata-rata praktik produksi panel GRC dengan penggunaan resin *mold* sebanyak 32 kali, sesuai dengan siklus pemakaian *mold* yang terjadi di *workshop* dihitung dengan rumus perhitungan:

$$C_{praktik} = \frac{\sum_{i=1}^{32} C_{p.exp}(n)}{32}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya rata-rata per panel adalah Rp1.486.946,88. Biaya ini mencakup biaya pembuatan *mold*,

ANALISIS LIFE CYCLE COST DALAM PRODUKSI PANEL GRC UNTUK PEMBANGUNAN MENARA MASJID MENGGUNAKAN RESIN MOLD

(Reza Andrian, Sony Susanto)

material, tenaga kerja, utilitas, perawatan *mold*, dan biaya *rework* akibat cacat panel.

Efisiensi biaya dihitung dengan membandingkan biaya rata-rata praktik biaya optimal yang tercapai pada titik pemakaian *mold* optimal n^* (pemakaian *mold* ke-20) dengan biaya rata-rata praktik. Efisiensi biaya dihitung menggunakan rumus perhitungan:

$$Ef = \frac{Rp1.030.312,50 - Rp1.486.946,88}{Rp1.486.946,88} \times 100\%$$

$$Ef = -30,71\%$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh efisiensi biaya sebesar -30.71%. Titik optimal pemakaian *mold*

(n^*) tercapai pada pemakaian *mold* ke-20, dengan biaya per panel Rp 1.030.312,50. Pada titik ini, biaya per panel mencapai nilai terendah sebelum biaya *rework* dan perawatan *mold* meningkat. Hal ini berarti *mold* resin mengalami efisiensi pada titik pemakaian ke-20 karena biaya pada titik n^* lebih rendah dibanding rata-rata biaya $C_{praktik}$.

3.6. Analisa Break Even Point

Analisis BEP digunakan untuk menentukan siklus pemakaian *mold* resin saat biaya investasi tertutup oleh pendapatan penjualan panel GRC secara bertahap dan terukur. Hasil perhitungan kumulatif biaya, pendapatan, dan laba tiap siklus ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Analisa Break Even Point (BEP) Resin Mold

n	Ekspansi Biaya Total Per Panel (($C_{p,exp}(n)$) (Rp)	Harga Jual (Rp)	Laba/Rugi Panel Ke- n (Rp)	Laba/Rugi Akumulatif (Rp)
a	b	c	d=b-c	e
1	5.900.000,00	1.750.000,00	-4.150.000,00	-4.150.000,00
2	3.300.000,00	1.750.000,00	-1.550.000,00	-5.700.000,00
3	2.433.333,33	1.750.000,00	-683.333,33	-6.383.333,33
4	2.000.000,00	1.750.000,00	-250.000,00	-6.633.333,33
5	1.740.000,00	1.750.000,00	10.000,00	-6.623.333,33
...
10	1.220.000,00	1.750.000,00	530.000,00	-4.730.634,92
11	1.243.039,77	1.750.000,00	506.960,23	-4.223.674,69
12	1.203.645,83	1.750.000,00	546.354,17	-3.677.320,53
...
17	1.076.194,85	1.750.000,00	673.805,15	-527.860,62
18	1.059.201,39	1.750.000,00	690.798,61	162.937,99
19	1.043.996,71	1.750.000,00	706.003,29	868.941,28
20	1.030.312,50	1.750.000,00	719.687,50	1.588.628,78
...
31	1.148.991,94	1.750.000,00	601.008,06	7.811.449,98
32	1.143.750,00	1.750.000,00	606.250,00	8.417.699,98

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4. menunjukkan bahwa pada pemakaian awal ($n = 1-4$), biaya produksi per panel masih melebihi harga jual sehingga terjadi kerugian kumulatif. Dengan meningkatnya frekuensi pemakaian, biaya menurun karena pembagian biaya tetap *mold*. Titik impas tercapai pada pemakaian ke-18 dengan laba kumulatif positif Rp162.937,99. Setelah itu, setiap siklus

menghasilkan keuntungan stabil hingga mencapai Rp 8,42 juta pada pemakaian ke-32 sesuai dengan siklus pakai *mold* di *workshop*.

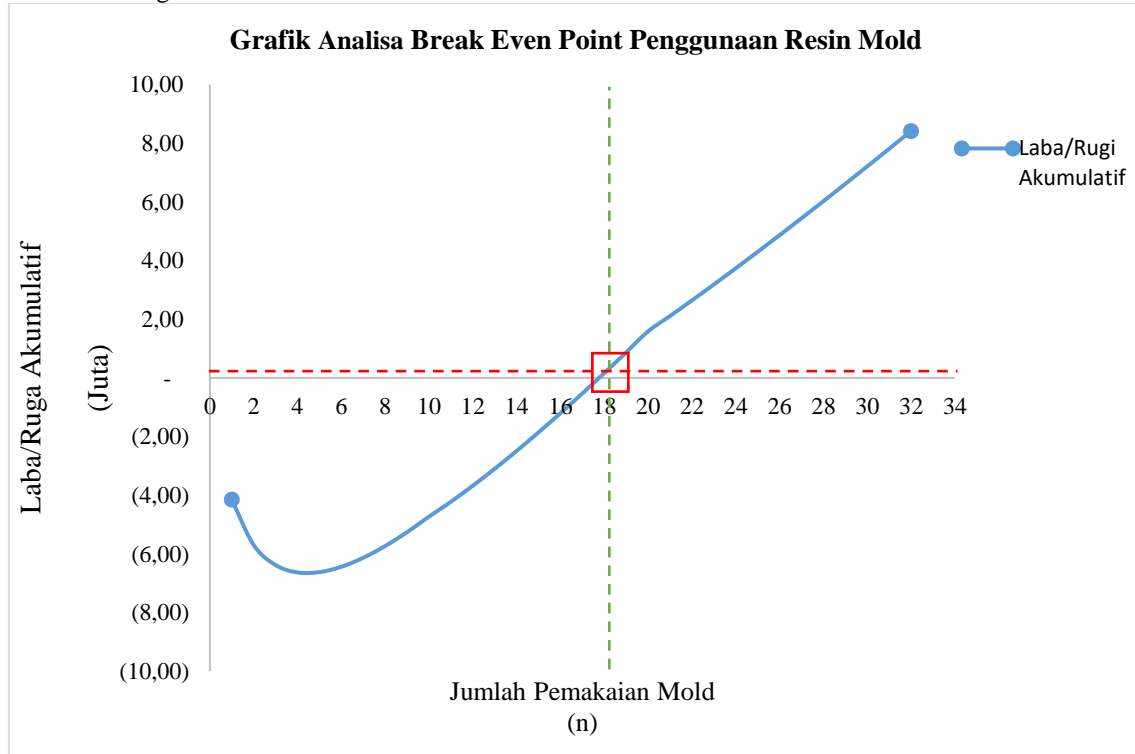
$$BEP(n) = \frac{Rp. 31.337.062,00}{Rp. 31.500.000,00} = 0,9948 \rightarrow 1$$

Hasil perhitungan BEP menunjukkan bahwa pada pemakaian *mold* ke-18, biaya kumulatif

Rp31.337.062 telah seimbang dengan pendapatan total Rp31.500.000,00 menghasilkan $BEP(18) = 1$. Titik ini menandakan investasi *mold* resin telah tertutup sepenuhnya. Laba kumulatif positif Rp162.937,99 menegaskan awal keuntungan bersih. Analisis ini konsisten

dengan data **Tabel 4.** yang menunjukkan titik impas pada pemakaian ke-18.

Berdasarkan **Tabel 4.** dapat divisualisasikan dalam grafik pada **Gambar 5.**



Gambar 5. Analisa Break Even Point Penggunaan Resin Mold.
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Grafik pada **Gambar 5.** menunjukkan kenaikan laba kumulatif seiring bertambahnya pemakaian *mold* pada produksi panel GRC. Pada $n < 10$, laba masih negatif karena biaya *mold* belum terdistribusi merata. Titik impas tercapai pada pemakaian ke-18, saat kurva laba kumulatif memotong garis nol. Setelah itu, setiap siklus *mold* menghasilkan keuntungan bersih dan efisiensi biaya meningkat.

3.7. Pembahasan Umum

Hasil analisis *Life Cycle Cost* (LCC) menunjukkan bahwa biaya produksi panel GRC terus menurun seiring peningkatan frekuensi pemakaian *mold* resin. Biaya awal yang tinggi pada siklus pertama terjadi karena biaya investasi *mold* belum terdistribusi, namun memasuki siklus berikutnya biaya produksi semakin stabil dan mencapai nilai minimum pada pemakaian ke-20 sebesar Rp1.030.312,50. Pola penurunan ini sejalan dengan konsep distribusi biaya aset berdasarkan umur pakai sebagaimana dijelaskan oleh Puhessti (2021), bahwa efisiensi biaya dapat

dicapai ketika biaya tetap dan variabel terkontrol dan teralokasi secara proporsional sepanjang siklus penggunaan. Hasil ini juga konsisten dengan model perhitungan biaya berbasis siklus hidup yang dikembangkan oleh Jin et al., (2025), yang menunjukkan bahwa setiap aset produksi memiliki titik biaya optimal sebelum penurunan performa teknis mulai menyebabkan kenaikan biaya pemeliharaan. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang berfokus pada bangunan atau struktur, penelitian ini mengaplikasikan LCC pada konteks *mold* resin sebagai alat produksi berulang yang memiliki perilaku biaya jauh lebih cepat berubah.

Dari perspektif teknis produksi, *mold* resin mampu mempertahankan kualitas cetakan panel hingga mendekati siklus ke-20 sebelum tingkat cacat mulai meningkat. Temuan ini sesuai dengan Istiatun et al., (2023) yang menekankan bahwa *mold* GRC mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Produk yang mengalami cacat menyebabkan pekerjaan *rework*, sehingga menciptakan tambahan biaya. Peningkatan cacat

ANALISIS LIFE CYCLE COST DALAM PRODUKSI PANEL GRC UNTUK PEMBANGUNAN MENARA MASJID MENGGUNAKAN RESIN MOLD (Reza Andrean, Sony Susanto)

pada pemakaian ke-11 hingga ke-20 terutama disebabkan oleh mulai munculnya micro-crack pada lapisan resin, keausan permukaan cetakan akibat gesekan berulang dengan adukan GRC, serta berkurangnya kemampuan *mold* mempertahankan ketepatan dimensi setelah banyak siklus pemuatan dan pembongkaran. Perubahan kecil pada permukaan *mold* ini mengakibatkan ketidaksempurnaan tekstur panel dan lebih seringnya terjadi void atau kerusakan tepi cetak. Namun penelitian terdahulu belum mengaitkan degradasi teknis *mold* dengan dampak ekonominya. Penelitian ini memperluas pemahaman tersebut dengan menunjukkan bagaimana kualitas *mold* dan biaya produksi saling berhubungan, sehingga umur pakai *mold* harus dievaluasi tidak hanya dari aspek teknis, tetapi juga dari aspek biaya siklus hidup.

Analisis *Break Even Point* (BEP) menunjukkan bahwa investasi *mold* resin telah kembali pada pemakaian ke-18, dua siklus lebih cepat dari titik efisiensi biaya optimal pada pemakaian ke-20. Percepatan BEP ini disebabkan oleh stabilitas kualitas *mold* pada siklus awal hingga menengah yang menghasilkan panel dengan tingkat cacat rendah sehingga biaya *rework* hampir tidak muncul, serta meningkatnya keterampilan tenaga kerja yang membuat biaya produksi per panel menurun secara bertahap. Efisiensi ini diperkuat oleh penggunaan material yang semakin terkendali dan harga jual panel yang tetap, sehingga setiap penurunan biaya langsung mempercepat tercapainya titik impas. Temuan ini berbeda dengan pendekatan Ariesta Chandra dan Siswoyo, (2023) yang menilai efisiensi dengan memberikan beberapa alternatif untuk meminimalkan biaya. Penelitian ini sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan biaya menurut Albuja-Sánchez & Damián-Chalán, (2024). Dengan demikian, integrasi metode LCC dan BEP dalam penelitian ini menghadirkan model evaluasi baru yang menentukan umur ekonomis *mold* resin secara empiris dalam produksi panel GRC.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan *mold* resin pada produksi panel GRC memberikan efisiensi biaya yang signifikan melalui penerapan analisis *Life Cycle Cost* (LCC). Titik efisiensi optimal dicapai pada pemakaian *mold* ke-20 dengan biaya minimum Rp1.030.312,50 per panel dan efisiensi biaya sebesar -30,71% dibandingkan praktik lapangan, sedangkan analisis *Break Even Point* (BEP)

menunjukkan bahwa investasi *mold* kembali pada pemakaian ke-18. Perbedaan dua siklus antara titik impas dan titik efisiensi optimum mengindikasikan bahwa *mold* resin memiliki umur ekonomis efektif pada rentang 18–20 siklus penggunaan. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penetapan umur ekonomis *mold* resin berbasis data aktual melalui integrasi metode LCC–BEP, yang belum pernah diaplikasikan pada konteks produksi panel GRC sebelumnya.

Berdasarkan temuan tersebut, pelaku industri GRC disarankan untuk menetapkan batas umur ekonomis *mold* resin maksimal pada 20 siklus pemakaian, serta mulai merencanakan investasi *mold* baru setelah mencapai siklus ke-18 ketika seluruh biaya telah tertutup dan penggunaan selanjutnya memberikan margin keuntungan murni. Perawatan preventif seperti pelapisan ulang *mold* perlu dilakukan sebelum memasuki siklus ke-11, saat tanda-tanda awal keausan permukaan mulai muncul, untuk menjaga kualitas panel dan menekan biaya *rework* .

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengevaluasi berbagai jenis resin *mold* , ukuran panel, serta perbedaan metode *curing* guna memperluas generalisasi model LCC–BEP. Penelitian mendatang juga dapat mengembangkan pendekatan probabilistik seperti simulasi Monte Carlo untuk mempertimbangkan ketidakpastian tingkat cacat dan variasi biaya, sehingga model estimasi umur ekonomis *mold* dapat menjadi lebih akurat dan aplikatif dalam berbagai kondisi produksi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alanazi, A., Al-Gahtani, K., & Alsugair, A. (2022). Framework for Smart Cost Optimization of Material Logistics in Construction Road Projects. *Infrastructures* , 7(5). <https://doi.org/10.3390/infrastructures7050062>
- Albuja-Sánchez, J., & Damián-Chalán, A. (2024). Leveraging Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for Optimized Decision Making in Adobe Construction Materials. *Applied Sciences (Switzerland)* , 14(5). <https://doi.org/10.3390/app14051760>
- Anastasya Sinambela, E., Darmawan, D., Gardi, B., & Josephine Malaihollo, F. (2022). Cost Control through Break Even Point

- Analysis. In *International Journal of Service Science* (Vol. 1, Issue 3). <https://ejournalisse.com/index.php/issue/article/view/12>
- Ariesta Chandra, F. (2023). Penerapan Value Engineering Proyek Pembangunan Ruko Promenade Taman Asri Pondok Tjandra Surabaya. *Axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 11(2), 91–098. <https://doi.org/10.30742/axial.v11i3.3259>
- Baybure, H. (2024). Glass Fiber Reinforced Concrete in Construction: A Review of Advances, Challenges, and Future Prospects. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 14(4), 405–422. <https://doi.org/10.54203/jceu.2024.43>
- Blazy, J., Blazy, R., & Drobiec, L. (2022). Glass Fiber Reinforced Concrete as a Durable and Enhanced Material for Structural and Architectural Elements in Smart City—A Review. *Materials*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/ma15082754>
- Bourke, K., & Life Cycle Costing Working Group of the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2016). Life cycle costing. *RICS Guidance Note, UK, 1st Edition*, 1–30. https://www.rics.org/content/dam/rics/global/documents/standards/life_cycle_costing_1st_edition_rics.pdf
- Doda, I. K., Utiarahman, A., & Sumaga, A. U. (2025). Analisis Life Cycle Cost Pada Gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Telaga, Gorontalo. *Composite Journal*, 5(1), 10–19. <https://doi.org/10.37905/cj.v5i1.139>
- Febriantoro, M. B., Susanto, S., & Siswanto, E. (2022). Meminimalisir Keterlambatan Waktu dan Pembengkakan Biaya Proyek Pembangunan Gedung Kecamatan Dongko, Trenggalek dengan Metode Nilai Hasil (Earned Value Method). *JURMATEKS: Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*, 1, 105–118. <https://doi.org/10.30737/jurmateks>
- Guspari, O., Hidayati, R., Mirani, Z., & Wike Amelia, P. (2022). Analisis Perbandingan Biaya Pekerjaan Bekisting Konvensional dan Bekisting Sistem Pada Bangunan Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Laboratorium Terpadu IAIN Bukittinggi). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 19(1), 68–76. <https://www.academia.edu/download/103029192/354.pdf>
- Istiatun, Sasmita Mulya, E., Rinawati, & Suropto. (2023). *Pembuatan Cetakan Motif Dan Dinding Beton GRC Untuk Mendukung Problem Based Learning* (Vol. 2, Issue 1). <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/387>
- Jin, K., Jin, W., Liu, B., Wu, K., & Wang, Z. (2025). Cost Calculation Model for Engineering Structures Based on a Life Cycle Perspective. *Buildings*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/buildings15162923>
- Mohamed, A. G., Ali, A. H., & Abdelhady, A. A. (2025). Integrated decision support system for optimizing time and cost trade offs in linear repetitive construction projects. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02837-8>
- Puhessti, I. N. (2021). Life Cycle Cost pada Gedung Boarding House Daerah Glagahsari, Yogyakarta. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 9(1), 18–28. <https://doi.org/10.33019/fropil.v9i1.2297>
- Rachmad, A., Dita, N., Putra, P., Ahmed, S. B., Prasetyo, A. R., Nyoman, I., & Pahang Putra, D. (2025). *Labor Productivity Disparities in the Planning and Implementation Phases* (Vol. 27, Issue 2).
- Utari, R. P., & Samad, A. (2021). Analisis Pengendalian Biaya Konstruksi Gedung Asrama Dengan Metode Life Cycle Cost. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 21(1), 387. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v21i1.1335>