**Prosiding Seminar Nasional**
**Produk Terapan Unggulan Vokasi (PTUV) Ke-6**
**Politeknik Negeri Manado**
**Juni 2026 | E-ISSN: 2961-7790**

# Perancangan Food Court Berbasis Beton Pracetak Dengan Inovasi *Self-Healing* Mikrokapsul di POLIMDO

**Jovano Tatuu[1], Khara Susilo[2], Silvester Larwuy[3], Amelia Tolali[4], Marchello Sasauw[5] , Stefani Switly Peginusa[6]**
Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado [1,2,3,4,6],
Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado [5]
E-mail: jovanotatuu60@gmail.com

***Abstrak***

*Infrastruktur kampus yang andal dan berkelanjutan menjadi kebutuhan mendasar seiring meningkatnya aktivitas civitas akademika. Retak mikro pada beton merupakan salah satu permasalahan yang dapat menurunkan durabilitas dan umur layan struktur bangunan. Penelitian ini bertujuan merancang bangunan Food Court POLIMDO menggunakan sistem beton pracetak yang dipadukan dengan teknologi self-healing concrete berbasis mikrokapsul resin epoksi sebagai solusi konstruksi yang lebih modern, efisien, dan tahan lama. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan gambar kerja menggunakan AutoCAD, analisis struktur menggunakan ETABS, serta perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan standar SNI 7832:2017 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh elemen kolom dan balok memenuhi persyaratan keamanan struktur sesuai SNI 1727:2020. Penggunaan mikrokapsul resin epoksi sebesar 2,5% dari berat semen (dalam rentang optimal 1–3% berdasarkan literatur) pada elemen beton pracetak mampu membantu proses penyembuhan retak mikro secara otomatis sehingga meningkatkan durabilitas struktur. Berdasarkan hasil perhitungan RAB, total biaya struktur beton pracetak dengan self-healing concrete sebesar Rp 995.356.818, sedangkan beton pracetak konvensional sebesar Rp 633.503.190, sehingga terjadi kenaikan biaya sebesar Rp 361.853.628 atau sekitar 57%. Meskipun demikian, teknologi ini berpotensi mengurangi biaya perawatan jangka panjang dan mendukung pengembangan fasilitas kampus yang lebih inovatif dan berkelanjutan.*

***Kata kunci****— beton pracetak; food court; mikrokapsul; retak mikro; self-healing;*

## 1. PENDAHULUAN

Retak mikro pada elemen beton merupakan persoalan teknis yang tidak dapat diabaikan dalam pembangunan infrastruktur jangka panjang. (Muhammad et al. 2016) mencatat bahwa celah mikro sekecil apapun pada permukaan beton berpotensi menjadi jalur infiltrasi zat korosif yang secara perlahan merusak tulangan baja dan mengurangi umur layan struktur secara keseluruhan . Persoalan ini menjadi semakin relevan ketika metode konstruksi modern seperti beton pracetak

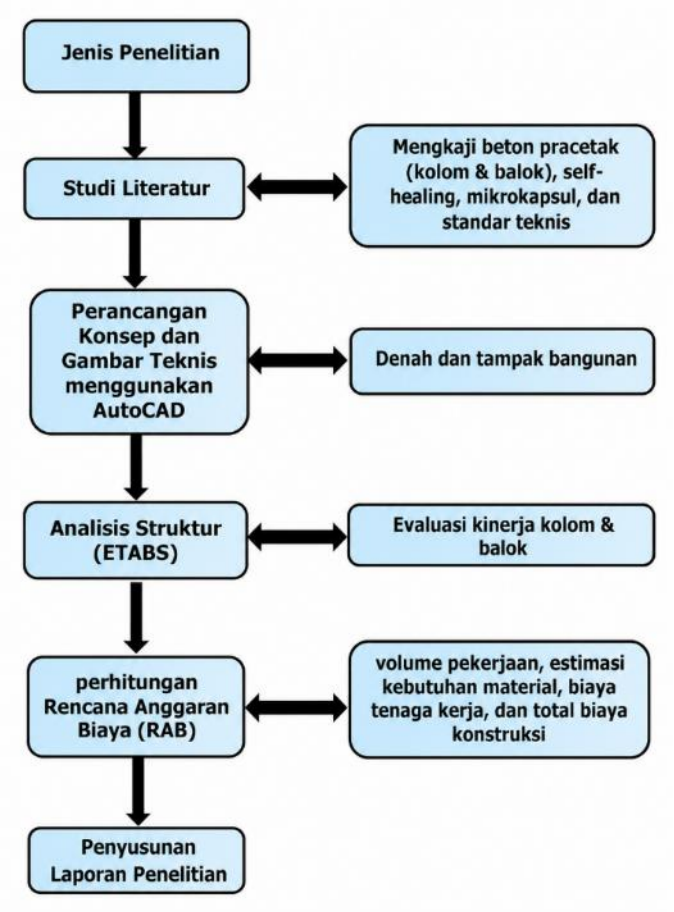
(*precast concrete*) semakin banyak diadopsi dalam pembangunan fasilitas kampus. (Spšak et al. 2016) menegaskan bahwa sistem pracetak memang unggul dalam hal kecepatan, presisi pabrikasi, dan efisiensi material dibanding metode cor di tempat, namun kerentanan terhadap retak mikro tetap menjadi tantangan inheren yang perlu diatasi . Politeknik Negeri Manado, mengeksplorasi peluang adopsi teknologi ini, yang sejauh ini penerapannya baru diteliti dan dikaji berbasis data dari berbagai jurnal ilmiah , antara lain pada kafe (Hia et al., 2024) , laboratorium terpadu Teknik Sipil (Hermanto et al., 2025), dan *fitness center* (Pangalila et al., 2025), namun seluruh rancangan tersebut belum menyentuh aspek ketahanan beton terhadap kerusakan mandiri.

Upaya menjawab tantangan tersebut melahirkan inovasi *self-healing concrete* berbasis mikrokapsul, yakni teknologi di mana kapsul-kapsul kecil berisi resin epoksi ditanamkan dalam campuran beton sejak tahap produksi. Ketika retakan terbentuk dan merambat hingga menyentuh kapsul, dinding kapsul akan hancur dan agen penyembuh mengalir mengisi celah secara otomatis tanpa intervensi eksternal (Hanna, 2024). Penelitian (Jiang et al. 2021) secara empiris membuktikan bahwa penambahan mikrokapsul pada kisaran 1–3% dari berat semen menghasilkan peningkatan kekuatan tekan dan lentur mortar yang optimal, sementara penambahan berlebihan justru menurunkan performa mekanis. (Li et al. 2017) turut mengonfirmasi efektivitas pemulihan ini melalui teknik karakterisasi gelombang akustik yang mendeteksi proses penutupan retakan secara non-destruktif. Relevansi teknologi ini kian diperkuat oleh (Liu et al. 2023) yang dalam ulasan sistematis mereka menyimpulkan bahwa mikrokapsul mampu memperlambat laju propagasi retak sekaligus menekan biaya pemeliharaan jangka panjang secara signifikan. Fakta-fakta ilmiah inilah yang mendorong penelitian ini untuk mengaplikasikan inovasi tersebut pada perancangan food court POLIMDO, sebuah fasilitas publik kampus yang selama ini belum memiliki desain tetap namun sangat dibutuhkan sebagai ruang makan dan interaksi sosial mahasiswa (Sujatini et al. 2024). Kajian literatur menunjukkan bahwa integrasi sistem pracetak dan *self-healing* mikrokapsul masih berjalan secara paralel dan belum pernah disatukan dalam satu rancangan bangunan fungsional yang dilengkapi analisis struktur maupun perhitungan biaya. Di sinilah letak kebaruan penelitian ini: menggabungkan keunggulan konstruktif beton pracetak pada elemen kolom dan balok dengan kemampuan perbaikan mandiri mikrokapsul resin epoksi, lalu mengimplementasikannya secara nyata dalam desain *food court* POLIMDO yang dirancang menggunakan AutoCAD, dianalisis kinerja strukturnya melalui ETABS, dan dihitung biayanya berdasarkan standar SNI dan AHSP. Hipotesis yang dibangun adalah bahwa integrasi kedua inovasi tersebut akan menghasilkan bangunan yang lebih tahan terhadap kerusakan dini, lebih hemat biaya perawatan, dan lebih efisien dalam proses konstruksi dibandingkan pendekatan konvensional, sebagaimana ditegaskan (Kurniasih et al. 2025).

## 2. METODE PENELITIAN

Perancangan bangunan Food Court POLIMDO dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada evaluasi kinerja struktur dan estimasi biaya konstruksi. Pendekatan ini dipilih agar inovasi beton pracetak berbasis self-healing mikrokapsul resin epoksi yang diterapkan dapat divalidasi secara teknis dan ekonomis. Kadar mikrokapsul yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 2,5% dari berat semen. Penetapan nilai ini didasarkan pada pertimbangan nilai tengah dari rentang optimal 1–3% yang telah dibuktikan secara empiris oleh Jiang et al. (2021). Kadar 1% dinilai terlalu rendah untuk menghasilkan efek

penyembuhan retak yang signifikan, sementara kadar 3% berisiko menurunkan performa mekanis beton akibat berkurangnya kepadatan matriks semen. Oleh karena itu, 2,5% dipilih sebagai nilai yang menyeimbangkan efektivitas self-healing dengan tetap menjaga sifat mekanik beton pracetak secara optimal. Sebagai fondasi konseptual, dilakukan pengkajian pustaka yang mencakup jurnal ilmiah, prosiding termasuk Prosiding Seminar Nasional PTUV 2024 dan 2025 serta buku dan standar teknis terkait beton pracetak, retak mikro, dan teknologi *self-healing concrete*. Standar utama yang dijadikan acuan adalah SNI 7832:2017 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak dan SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung, yang menentukan seluruh parameter teknis dalam penelitian ini. Gambar kerja kemudian disusun menggunakan AutoCAD, menghasilkan denah dua lantai, tampak bangunan, serta proyeksi 3D yang merepresentasikan sistem struktur kolom-balok pracetak secara presisi. Evaluasi teknis struktur dilakukan melalui pemodelan tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS, dengan fokus pada elemen kolom dan balok sebagai komponen penahan beban utama. Seluruh hasil analisis mengacu pada ketentuan SNI 1727:2020, mencakup verifikasi terhadap beban vertikal, lateral, maupun standar ketahanan gempa. Keluaran analisis ini kemudian menjadi basis penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan Microsoft Excel, yang membandingkan estimasi biaya antara beton pracetak konvensional dengan beton pracetak *self-healing* untuk mengukur dampak ekonomi dari inovasi yang diterapkan. Serta penyusunan laporan akhir penelitian.

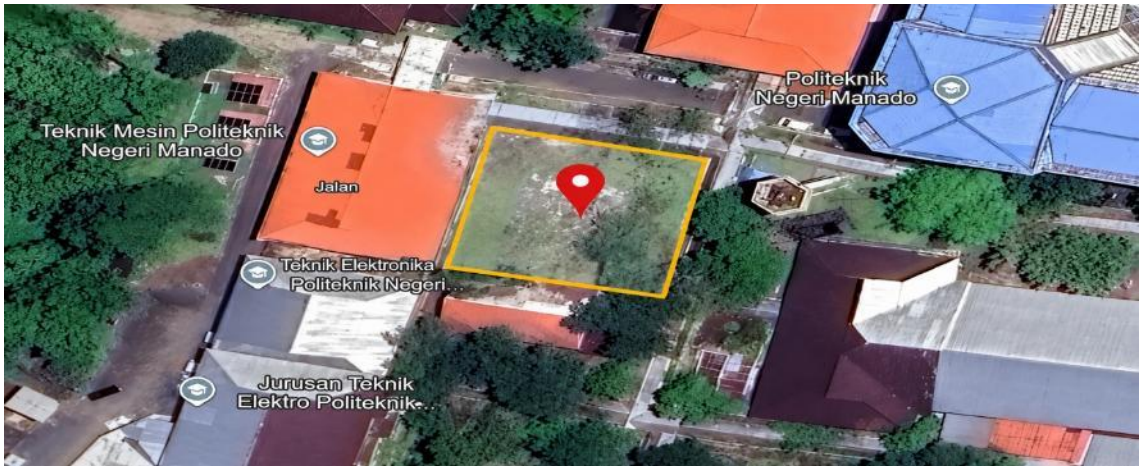



**Gambar 1.** Diagram alir

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *3.1 Lokasi Bangunan*

Gambar 2 menunjukkan denah lokasi bangunan Food Court yang direncanakan berada di area kampus Politeknik Negeri Manado. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kesesuaian fungsi lahan, kemudahan akses bagi civitas akademika, serta kesesuaiannya sebagai objek penerapan teknologi beton pracetak dengan inovasi self-healing mikrokapsul.



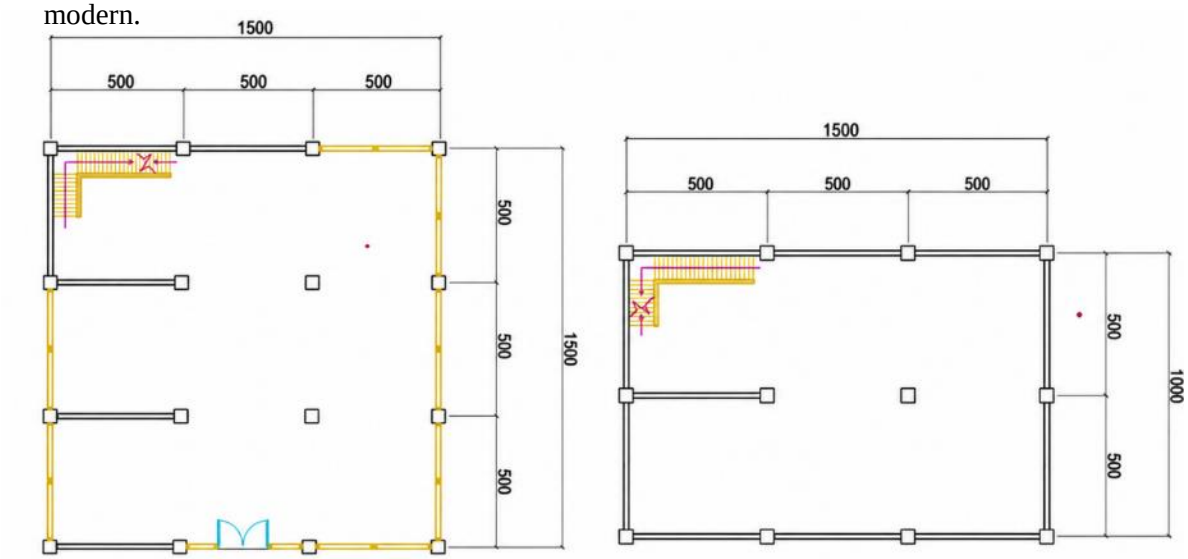

**Gambar 2.** Lokasi Bangunan

### *3.2 Data Perencanaan*

Data perencanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
Jenis Bangunan : Food Court
Nama Proyek : Food Court POLIMDO
Jumlah Lantai : 2 Lantai
Lokasi Bangunan : Kampus Politeknik Negeri Manado
Fungsi Bangunan : Tempat Makan
Tinggi Lantai 1 : 400 cm
Tinggi Lantai 2 : 350 cm
Luas Lahan : ±702 m²
Luas Bangunan : 225 m²
Mutu Beton : f'c 31,2 MPa
Mutu Baja Tulangan : Tegangan leleh baja, fy 420 MPa
Bentang Balok : 500 cm
Dimensi Kolom : 40 cm × 40 cm
Jumlah Kolom Lantai 1 (40×40 cm) : 16 buah
Jumlah Kolom Lantai 2 (40×40 cm) : 12 buah
Jumlah Balok Lantai 1 (35×60 cm) : 24 buah
Jumlah Balok Lantai 2 (20×40 cm) : 17 buah

*3.3 Gambar Kerja*

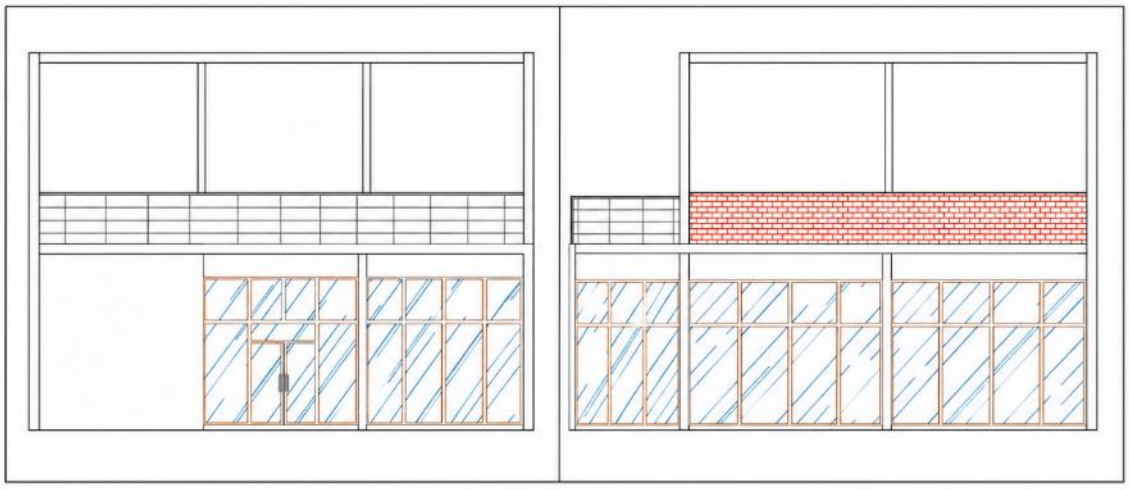
Desain *Foodcourt POLIMDO* diwujudkan melalui visualisasi AutoCAD dalam bentuk denah ruang, tampak bangunan, dan proyeksi 3D. Rangkaian gambar kerja ini menampilkan detail komponen struktur balok-kolom secara presisi guna merealisasikan fasilitas umum yang modern.




(a) (b)

**Gambar 3.** (a) Lantai 1 & (b) Lantai 2

Gambar 3 di atas merupakan denah bangunan Food Court yang terbagi menjadi dua lantai. Lantai 1 terdapat tenant penjual makanan dan minuman beserta ruang makan pengunjung, sedangkan lantai 2 dimanfaatkan sebagai area santai berkonsep ruang terbuka. Desain bangunan mengutamakan kenyamanan dan fungsionalitas bagi seluruh pengguna.



(a) (b)

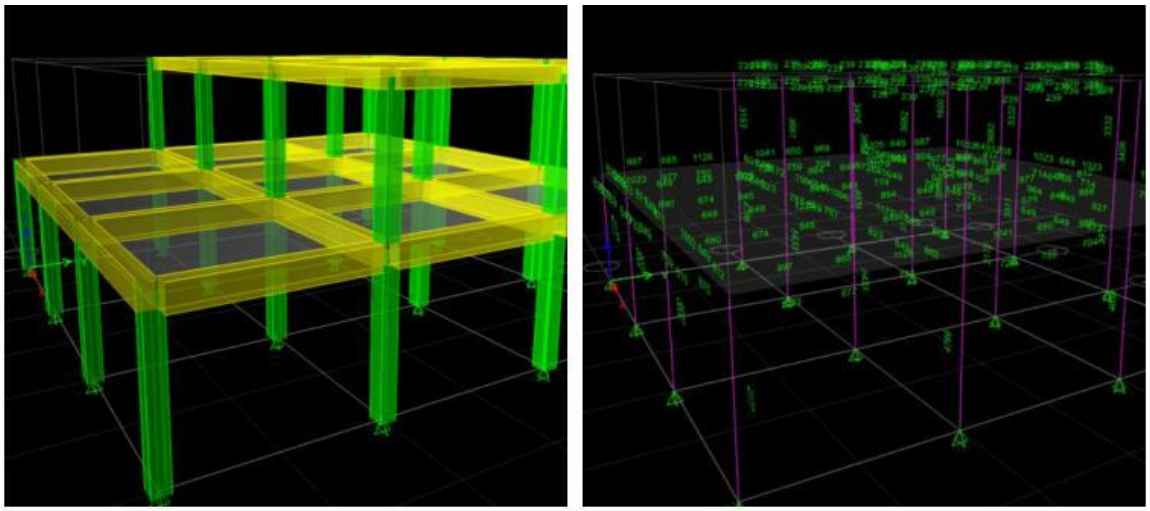
**Gambar 4.** (a) Tampak depan dan (b) Tampak samping kiri

Gambar 4 di atas menunjukkan tampak depan dan samping kiri bangunan Food Court. Pada tampak depan terdapat pintu kaca sebagai akses utama pengunjung, sedangkan tampak samping kiri didominasi oleh bidang kaca yang memberikan kesan terbuka dan memaksimalkan pencahayaan alami ke dalam bangunan.

**Gambar 5.** Perspektif 3D

Visualisasi 3D pada gambar 5 memperlihatkan tampilan bangunan Food Court dari sudut depan dan samping. Fasad bangunan didominasi oleh bukaan kaca lebar yang memberikan kesan modern dan terbuka. Desain bangunan secara keseluruhan tampil fungsional dengan tetap memperhatikan estetika visual yang menarik bagi pengunjung.

*3.4 Analisis Struktur ETABS*



**Gambar 6.** Pemodelan 3D software ETABS analisis struktur bangunan

Struktur bangunan *Food Court* dimodelkan dan dianalisis menggunakan software ETABS dengan meninjau elemen kolom dan balok sebagai komponen utama penahan beban. Proses analisis mengacu pada ketentuan SNI 1727:2020 guna memastikan kinerja struktur terhadap beban vertikal maupun lateral terpenuhi dengan baik.Dari hasil pengujian yang dilakukan, elemen kolom dan balok pada bangunan Food Court dinyatakan aman dan memenuhi batas kapasitas yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan mampu mendukung beban yang bekerja secara optimal serta memenuhi standar ketahanan gempa yang berlaku.

### *3.5 Rencana Anggaran Biaya*

**Tabel 1**. Uraian Pekerjaan Struktur Beton Pracetak

| NO | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1.* | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | $M^3$ | 0,420 | 500.000 | 210.000 |
| *2.* | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 1,000 | 21.287 | 21.287 |
| *3.* | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 11,926 | 87.630 | 1.045.075 |
| *4.* | Membuat 1 m2 bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai) | Buat Bekisting | $M^2$ | 4,480 | 23.922 | 107.171 |
| *5.* | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 3.717 | 3.717 |
| | **TOTAL** | | | | | **1.387.250** |

| NO. | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1.* | **Ereksi + Langsir 1 bh Komponen Pelat Beton Pracetak** | | | | | |
| | Ereksi 1 buah komponen untuk pelat pracetak | | Bh | 1,000 | 127.367 | 127.367 |
| | Langsir 1 buah komponen untuk pelat pracetak (± 20 m) | | Bh | 1,000 | 24.691 | 24.691 |
| | | | | | | **152.058** |
| *2.* | **Ereksi + Langsir 1 bh Komponen Balok Beton Pracetak** | | | | | |
| | Ereksi 1 buah komponen untuk balok pracetak | | Bh | 1,000 | 111.103 | 111.103 |
| | Langsir 1 buah komponen untuk balok pracetak (± 20 m) | | Bh | 1,000 | 24.691 | 24.691 |
| | | | | | | **135.794** |
| *2.* | **Ereksi + Langsir 1 bh Komponen Kolom Beton Pracetak** | | | | | |
| | Ereksi 1 buah komponen untuk kolom pracetak | | Bh | 1,000 | 171.803 | 171.803 |
| | Langsir 1 buah komponen untuk kolom pracetak (± 20 m) | | Bh | 1,000 | 28.228 | 28.228 |
| | | | | | | **200.031** |

**Tabel 2**. RAB Pekerjaan Struktur Beton Pracetak

| balok 35 x 60 cm besi 10 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| `NO | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
| 1. | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | M³ | 1,050 | 1.865.000 | 1.958.250 |
| 2. | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk balok pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 2,000 | 112.740 | 225.480 |
| 3. | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 12,340 | 108.828 | 1.342.931 |
| 4. | Membuat 1 m2 bekisting untuk balok beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai) | Buat Bekisting | M² | 9,500 | 31.690 | 301.051 |
| 5. | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk balok pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 20.600 | 20.600 |
| | **TOTAL** | | | | | **3.848.313** |

| balok 20 x 40 cm | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ` | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
| 1. | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | M³ | 0,400 | 1.865.000 | 746.000 |
| 2. | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk balok pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 2,000 | 112.740 | 225.480 |
| 3. | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 12,340 | 108.828 | 1.342.931 |
| 4. | Membuat 1 m2 bekisting untuk balok beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai) | Buat Bekisting | M² | 6,000 | 31.690 | 190.138 |
| 5. | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk balok pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 20.600 | 20.600 |
| | **TOTAL** | | | | | **2.525.149** |

| Kolom 40 x 40 cm (4 m) besi 12 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ` | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
| 1. | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | M³ | 0,640 | 1.865.000 | 1.193.600 |
| 2. | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 1,000 | 101.660 | 101.660 |
| 3. | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 75,744 | 108.828 | 8.243.030 |
| 4. | Membuat 1 m2 bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai) | Buat Bekisting | M² | 6,400 | 31.315 | 200.413 |
| 5. | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 16.700 | 16.700 |
| | **TOTAL** | | | | | **9.755.404** |

| Kolom 40 x 40 cm (3,5 m) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ` | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
| 1. | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | M³ | 0,560 | 1.865.000 | 1.044.400 |
| 2. | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 1,000 | 101.660 | 101.660 |
| 3. | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 44,184 | 108.828 | 4.808.434 |
| 4. | Membuat 1 m2 bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai) | Buat Bekisting | M² | 5,600 | 31.315 | 175.362 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *5.* | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk kolom pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 16.700 | 16.700 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | **TOTAL** | | | | | **6.146.556** |

**Pelat Lantai**

| ` | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1.* | Membuat 1 m3 beton fc'=31,2 MPa (≈ K 350), slump (12 ± 2) cm | Ready mix K350 | $M^3$ | 3,000 | 1.865.000 | 5.595.000 |
| *2.* | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk pelat pracetak | Upah tuang/tebar beton | Bh | 1,000 | 109.730 | 109.730 |
| *3.* | Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | Baja Tulangan | Kg | 209,780 | 108.828 | 22.829.833 |
| *4.* | Membuat 1 m2 bekisting untuk pelat beton pracetak (5 kali pakai) | Buat Bekisting | $M^2$ | 25,000 | 50.866 | 1.271.640 |
| *5.* | Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk pelat pracetak | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,000 | 12.800 | 12.800 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | **TOTAL** | | | | | **29.819.003** |

**Tabel 3**. Rekapitulasi Pekerjaan Struktur Beton Pracetak

| NO | URAIAN | VOLUME | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|
| **1** | balok 35 x 60 | 24 | 92.359.501,20 |
| **2** | balok 20 x 40 | 17 | 42.927.532,15 |
| **3** | kolom 40 x 40 | 16 | 156.086.457,60 |
| **4** | kolom 40 x 40 | 12 | 73.758.672,24 |
| **5** | pelat lantai | 9 | 268.371.026,55 |
| | Jumlah | | **633.503.189,74** |

**Tabel 4.** RAB Struktur Beton Pracetak dengan inovasi *Self-Healing Concrete*

**SELF-HEALING RESIN EPOXY — BALOK 35×60 cm**

***KOMPOSISI : Semen:Pasir:Kerikil = 1:2:3 \| w/c = 0.40 \| Epoxy Mikrokapsul = 2.5% berat semen \| Superplasticizer = 1.0% berat semen***

**Dimensi: 35×60 cm, Besi D16 \| Volume Beton: 0.625 m³/komponen**

| No | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Semen Portland PC | Material Beton | Kg | 367,50 | 1.700 | 624.750 |
| **2** | Agregat Halus / Pasir Beton | Material Beton | Kg | 735,00 | 450 | 330.750 |
| **3** | Agregat Kasar / Kerikil Batu Split | Material Beton | Kg | 1.102,50 | 380 | 418.950 |
| **4** | Air | Material Beton | Liter | 147,00 | 20 | 2.940 |
| **5** | Mikrokapsul Resin Epoxy (2.5% × 218.8 kg semen) | **Self-Healing Agent** | Kg | 9,19 | 520.000 | 4.777.500 |
| **6** | Superplasticizer PCE/Sikament LN (1.0% × 218.8 kg) | **Additive** | Kg | 3,68 | 95.000 | 349.125 |
| **7** | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen balok pracetak | Upah Cor | Bh | 2,00 | 112.740 | 225.480 |
| **8** | Pembesian 10 kg dengan besi polos/ulir SNI | Baja Tulangan D10/D12 | Kg | 12,34 | 108.828 | 1.342.931 |
| **9** | Membuat 1 m² bekisting balok beton pracetak | Buat Bekisting | $M^2$ | 9,50 | 31.690 | 301.051 |
| **10** | Upah pasang + buka bekisting 1 buah komponen balok | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,00 | 20.600 | 20.600 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing | **Upah Khusus** | Ls | 1,00 | 400.000 | 400.000 |
| | | | | | **TOTAL PER KOMPONEN (35×60 cm)** | **8.794.078** |
| | | | | | **TOTAL 24 BUAH (SELURUH BALOK 35×60)** | **211.057.861** |

**SELF-HEALING RESIN EPOXY — BALOK 20×40 cm**

***KOMPOSISI : Semen:Pasir:Kerikil = 1:2:3 \| w/c = 0.40 \| Epoxy Mikrokapsul = 2.5% berat semen \| Superplasticizer = 1.0% berat semen***

**Dimensi: 20×40 cm | Volume Beton: 0.4 m³/komponen**

| No | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Semen Portland PC | Material Beton | Kg | 140,00 | 1.700 | 238.000 |
| **2** | Agregat Halus / Pasir Beton | Material Beton | Kg | 280,00 | 450 | 126.000 |
| **3** | Agregat Kasar / Kerikil Batu Split | Material Beton | Kg | 420,00 | 380 | 159.600 |
| **4** | Air | Material Beton | Liter | 56,00 | 20 | 1.120 |
| **5** | Mikrokapsul Resin Epoxy (2.5% × 140.0 kg semen) | **Self-Healing Agent** | Kg | 3,50 | 520.000 | 1.820.000 |
| **6** | Superplasticizer PCE/Sikament LN (1.0% × 140.0 kg) | **Additive** | Kg | 1,40 | 95.000 | 133.000 |
| **7** | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen balok pracetak | Upah Cor | Bh | 2,00 | 112.740 | 225.480 |
| **8** | Pembesian 10 kg dengan besi polos/ulir SNI | Baja Tulangan D10/D12 | Kg | 12,34 | 108.828 | 1.342.931 |
| **9** | Membuat 1 m² bekisting balok beton pracetak | Buat Bekisting | M² | 6,00 | 31.690 | 190.138 |
| **10** | Upah pasang + buka bekisting 1 buah komponen balok | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,00 | 20.600 | 20.600 |
| **11** | Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing | **Upah Khusus** | Ls | 1,00 | 400.000 | 400.000 |
| | | | | | **TOTAL PER KOMPONEN (20×40 cm)** | **4.656.869** |
| | | | | | **TOTAL 17 BUAH (SELURUH BALOK 20×40)** | **79.166.772** |

**SELF-HEALING RESIN EPOXY — KOLOM 40×40 cm**

***KOMPOSISI : Semen:Pasir:Kerikil = 1:2:3 \| w/c = 0.40 \| Epoxy Mikrokapsul = 2.5% berat semen \| Superplasticizer = 1.0% berat semen***

**Dimensi: 40×40 cm, Tinggi 4 m, Besi D12 | Volume Beton: 0.64 m³/komponen**

| No | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Semen Portland PC | Material Beton | Kg | 224,00 | 1.700 | 380.800 |
| **2** | Agregat Halus / Pasir Beton | Material Beton | Kg | 448,00 | 450 | 201.600 |
| **3** | Agregat Kasar / Kerikil Batu Split | Material Beton | Kg | 672,00 | 380 | 255.360 |
| **4** | Air | Material Beton | Liter | 89,60 | 20 | 1.792 |
| **5** | Mikrokapsul Resin Epoxy (2.5% × 224.0 kg semen) | **Self-Healing Agent** | Kg | 5,60 | 520.000 | 2.912.000 |
| **6** | Superplasticizer PCE/Sikament LN (1.0% × 224.0 kg) | **Additive** | Kg | 2,24 | 95.000 | 212.800 |
| **7** | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen kolom pracetak | Upah Cor | Bh | 1,00 | 101.660 | 101.660 |
| **8** | Pembesian 10 kg dengan besi polos/ulir SNI | Baja Tulangan D10/D12 | Kg | 75,74 | 108.828 | 8.243.030 |
| **9** | Membuat 1 m² bekisting kolom beton pracetak | Buat Bekisting | M² | 6,40 | 31.315 | 200.413 |
| **10** | Upah pasang + buka bekisting 1 buah komponen kolom | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,00 | 16.700 | 16.700 |
| **11** | Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing | **Upah Khusus** | Ls | 1,00 | 400.000 | 400.000 |
| | | | | | **TOTAL PER KOMPONEN (40×40 cm)** | **12.926.156** |
| | | | | | **TOTAL 16 BUAH (SELURUH KOLOM 40×40)** | **206.818.490** |

**SELF-HEALING RESIN EPOXY — KOLOM 40×40 cm**

***KOMPOSISI : Semen:Pasir:Kerikil = 1:2:3 \| w/c = 0.40 \| Epoxy Mikrokapsul = 2.5% berat semen \| Superplasticizer = 1.0% berat semen***

**Dimensi: 40×40 cm, Tinggi 3.5 m | Volume Beton: 0.315 m³/komponen**

| No | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Semen Portland PC | Material Beton | Kg | 196,00 | 1.700 | 333.200 |
| **2** | Agregat Halus / Pasir Beton | Material Beton | Kg | 392,00 | 450 | 176.400 |
| **3** | Agregat Kasar / Kerikil Batu Split | Material Beton | Kg | 588,00 | 380 | 223.440 |
| **4** | Air | Material Beton | Liter | 78,40 | 20 | 1.568 |
| **5** | Mikrokapsul Resin Epoxy (2.5% × 110.2 kg semen) | **Self-Healing Agent** | Kg | 4,90 | 520.000 | 2.548.000 |
| **6** | Superplasticizer PCE/Sikament LN (1.0% × 110.2 kg) | **Additive** | Kg | 1,96 | 95.000 | 186.200 |
| **7** | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen kolom pracetak | Upah Cor | Bh | 1,00 | 101.660 | 101.660 |
| **8** | Pembesian 10 kg dengan besi polos/ulir SNI | Baja Tulangan D10/D12 | Kg | 44,18 | 108.828 | 4.808.434 |
| **9** | Membuat 1 m² bekisting kolom beton pracetak | Buat Bekisting | M² | 5,60 | 31.315 | 175.362 |
| **10** | Upah pasang + buka bekisting 1 buah komponen kolom | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,00 | 16.700 | 16.700 |
| **11** | Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing | **Upah Khusus** | Ls | 1,00 | 400.000 | 400.000 |
| | | | | **TOTAL PER KOMPONEN (30×30 cm)** | | **8.970.964** |
| | | | | **TOTAL 12 BUAH (SELURUH KOLOM 30×30)** | | **107.651.568** |

**SELF-HEALING RESIN EPOXY — PELAT LANTAI 5×5 m (t=12 cm)**

***KOMPOSISI : Semen:Pasir:Kerikil = 1:2:3 \| w/c = 0.40 \| Epoxy Mikrokapsul = 2.5% berat semen \| Superplasticizer = 1.0% berat semen***

**Dimensi: 5×5 m, tebal 12 cm | Volume Beton: 3.0 m³/komponen**

| No | URAIAN | KET | SATUAN | VOLUME | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Semen Portland PC | Material Beton | Kg | 1.050,00 | 1.700 | 1.785.000 |
| **2** | Agregat Halus / Pasir Beton | Material Beton | Kg | 2.100,00 | 450 | 945.000 |
| **3** | Agregat Kasar / Kerikil Batu Split | Material Beton | Kg | 3.150,00 | 380 | 1.197.000 |
| **4** | Air | Material Beton | Liter | 420,00 | 20 | 8.400 |
| **5** | Mikrokapsul Resin Epoxy (2.5% × 1050.0 kg semen) | **Self-Healing Agent** | Kg | 26,25 | 520.000 | 13.650.000 |
| **6** | Superplasticizer PCE/Sikament LN (1.0% × 1050.0 kg) | **Additive** | Kg | 10,50 | 95.000 | 997.500 |
| **7** | Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen pelat pracetak | Upah Cor | Bh | 1,00 | 109.730 | 109.730 |
| **8** | Pembesian 10 kg dengan besi polos/ulir SNI | Baja Tulangan D10/D12 | Kg | 209,78 | 108.828 | 22.829.833 |
| **9** | Membuat 1 m² bekisting pelat beton pracetak | Buat Bekisting | M² | 25,00 | 50.866 | 1.271.640 |
| **10** | Upah pasang + buka bekisting 1 buah komponen pelat | Buka Pasang Bekisting | Bh | 1,00 | 12.800 | 12.800 |
| **11** | Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing | **Upah Khusus** | Ls | 1,00 | 600.000 | 600.000 |
| | | | | **TOTAL PER KOMPONEN (5×5 m)** | | **43.406.903** |
| | | | | **TOTAL 9 PANEL (PELAT 15×15 m)** | | **390.662.127** |

**Tabel 5.** Perbandingan Pekerjaan Struktur Beton Pracetak Konvensional dan Beton Pracetak dengan Inovasi *Self-Healing Concrete*

| No | Uraian Pekerjaan | Volume (Buah/Panel) | Harga Self-Healing (Rp./Komponen) | Total Self-Healing (Rp.) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Balok 35×60 cm** | 24 | 8.794.078 | **211.057.861** |
| **2** | **Balok 20×40 cm** | 17 | 4.656.869 | **79.166.772** |
| **3** | **Kolom 40×40 cm** | 16 | 12.926.156 | **206.818.490** |
| **4** | **Kolom 40×40 cm** | 12 | 8.970.964 | **107.651.568** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5** | **Pelat Lantai** | 9 | 43.406.903 | **390.662.127** |
| | | | **TOTAL KESELURUHAN** | **995.356.818** |

| No | Uraian Pekerjaan | Volume (Buah/Panel) | Harga Standar (Rp./Komponen) | Total Standar (Rp) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Balok 35×60 cm** | 24 | 3.848.313 | 92.359.501 |
| **2** | **Balok 20×40 cm** | 17 | 2.525.149 | 42.927.532 |
| **3** | **Kolom 40×40 cm** | 16 | 9.755.404 | 156.086.458 |
| **4** | **Kolom 40×40 cm** | 12 | 6.146.556 | 73.758.672 |
| **5** | **Pelat Lantai** | 9 | 29.819.003 | 268.371.027 |
| | | | **TOTAL KESELURUHAN** | **633.503.190** |

Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun untuk menghitung estimasi biaya komponen beton pracetak pada bangunan Food Court yang meliputi kolom, balok, ring balok, dan pelat lantai berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan yang mengacu pada SNI 7832:2017 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya struktur beton pracetak dengan self-healing concrete sebesar Rp 995.356.818, sedangkan beton pracetak konvensional sebesar Rp 633.503.190. Persentase kenaikan biaya sebesar 57% diperoleh dari perbandingan selisih biaya antara kedua metode (Rp 361.853.628) terhadap total biaya beton pracetak konvensional (Rp 633.503.190), sehingga diperoleh rasio kenaikan sebesar 361.853.628 ÷ 633.503.190 × 100% = 57,1%, yang dibulatkan menjadi sekitar 57%. Perbedaan biaya tersebut dapat ditelusuri secara rinci melalui komponen harga satuan pada setiap elemen struktur. Sebagai contoh, pada Balok 35×60 cm, penambahan Mikrokapsul Resin Epoxy sebesar 2,5% dari berat semen menghasilkan volume 9,19 kg per komponen dengan harga satuan Rp 520.000/kg, sehingga biaya mikrokapsul saja mencapai Rp 4.777.500 per komponen. Ditambah Superplasticizer PCE/Sikament LN sebesar 1,0% dari berat semen senilai Rp 349.125, serta Upah Mixing, QC & Injeksi Self-Healing sebesar Rp 400.000 per komponen. Ketiga komponen tambahan inilah yang menjadi penyebab utama kenaikan biaya dibandingkan beton pracetak konvensional. Penetapan kadar mikrokapsul sebesar 2,5% dari berat semen merupakan nilai tengah dari rentang optimal 1–3% berdasarkan Jiang et al. (2021), dipilih sebagai titik keseimbangan antara efektivitas penyembuhan retak mikro dan pemeliharaan sifat mekanik struktur beton pracetak. Meskipun biaya awal lebih tinggi, metode ini mampu meningkatkan durabilitas struktur dan mengurangi potensi biaya perawatan jangka panjang. Hal ini didukung oleh Jiang et al. (2021) yang membuktikan bahwa penambahan mikrokapsul sebesar 1–3% dari berat semen dapat meningkatkan kekuatan tekan dan lentur mortar secara optimal.

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan beton pracetak dengan teknologi *self-healing* berbasis mikrokapsul resin epoksi pada bangunan *Food Court* POLIMDO mampu menjadi solusi konstruksi yang lebih modern, efisien, dan tahan lama terhadap permasalahan retak mikro pada beton. Analisis struktur menggunakan ETABS menunjukkan bahwa seluruh elemen kolom dan balok memenuhi persyaratan keamanan sesuai SNI 1727:2020 sehingga bangunan dinyatakan aman dalam menahan beban yang bekerja. Penambahan mikrokapsul sebesar 2,5% dari berat semen (dalam rentang optimal 1–3% berdasarkan literatur) mampu membantu proses penyembuhan retak secara otomatis, meningkatkan durabilitas struktur, serta mengurangi potensi kerusakan dini pada bangunan. Dari aspek konstruksi, sistem beton pracetak

memberikan keunggulan berupa kualitas produksi yang lebih terkontrol, proses pelaksanaan yang lebih cepat, dan efisiensi pekerjaan di lapangan. Namun, penggunaan *self-healing concrete* memiliki biaya awal yang lebih tinggi, yaitu sebesar **Rp 995.356.818** dibandingkan beton pracetak konvensional sebesar **Rp 633.503.190**, sehingga terjadi kenaikan biaya sebesar **Rp 361.853.628** atau sekitar **57%.** Meskipun demikian, teknologi ini berpotensi menekan biaya pemeliharaan dan perbaikan dalam jangka panjang sehingga dapat menjadi alternatif konstruksi yang inovatif dan berkelanjutan untuk pengembangan fasilitas pendidikan maupun bangunan publik lainnya. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menjadi referensi pengembangan konstruksi modern yang lebih inovatif dan berkelanjutan pada fasilitas pendidikan maupun bangunan publik lainnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Manado serta kepada seluruh pihak yang turut berkontribusi dalam penulisan artikel ini termasuk lembaga yang memberikan pendanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

Fang, G., Liu, Y., Qin, S., Fan, Z., Zhang, J., Ni, Y., & Liu, B., (2019), Visualized tracing of crack self-healing features in cement/microcapsule system with X-ray microcomputed tomography, Construction and Building Materials, Vol. 214, pp. 519–529.

Hanna, J., (2024), Self-healing concrete techniques and technologies and applications, Recent Progress in Materials, Vol. 6, Issue: 1, pp. 006.

Hia, P.B., Ratuwongo, V., Rumbayan, R., & Nicolaas, S., (2024), Implementasi beton pracetak dengan metode RISHA pada pembangunan kafe POLIMDO, Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi, Vol. 1, Issue: 1, pp. 259–269.

Hermanto, M.J.W., et al., (2025), Penerapan beton precast pada pembangunan laboratorium terpadu Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado, Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi, Vol. 4, Issue: 1, pp. 191–199.

Jiang, S., Lin, Z., Tang, C., & Hao, W., (2021), Preparation and mechanical properties of microcapsule-based self-healing cementitious composites, Materials, Vol. 14, Issue: 17, pp. 4866.

Kurniasih, N.A., et al., (2025), Inovasi beton adaptif: Optimalisasi self-healing concrete untuk mitigasi retakan dan struktur berkelanjutan, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS.

Li, W.T., Jiang, Z.W., & Yang, Z.H., (2017), Acoustic characterization of damage and healing of microencapsulation-based self-healing cement matrices, Cement and Concrete Composites, Vol. 84, pp. 48–61.

Liu, B., et al., (2023), The application of self-healing microcapsule technology in the field of cement-based materials: A review and prospect, Polymers, Vol. 15, Issue: 12, pp. 2718.

Lv, L., Yang, Z., Chen, G., Zhu, G., Han, N., Schlangen, E., & Xing, F., (2016), Synthesis and characterization of a new polymeric microcapsule and feasibility investigation in self-healing cementitious materials, Construction and Building Materials, Vol. 105, pp. 487–495.

Muhammad, N.Z., et al., (2016), Tests and methods of evaluating the self-healing efficiency of concrete: A review, Construction and Building Materials, Vol. 112, pp. 1123–1132.

Pangalila, M., et al., (2025), Integrasi teknologi beton pracetak pada bangunan fitness center POLIMDO, Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi, Vol. 4, Issue: 1.

Souza, L., Souza, H., & Pires, K., (2022), Experimental and numerical analysis of the mechanical and durability properties of self-healing concrete, Case Studies in Construction Materials, Vol. 16, pp. e01039.

Spšak, M., Kozlovská, M., Struková, Z., & Bašková, R., (2016), Comparison of conventional and advanced concrete technologies in terms of construction efficiency, Advances in Materials Science and Engineering, Vol. 2016, pp. 1–6.

Sujatini, S., et al., (2024), Optimizing coziness and productivity: An all-encompassing ergonomic investigation on diners and restaurant operators in dense urban living environments, Proc. International Conference on Multidisciplinary Research for Sustainable Innovation, Vol. 1, Issue: 1, pp. 502–506.

van Tittelboom, K., & De Belie, N., (2013), Self-healing in cementitious materials—A review, Materials, Vol. 6, Issue: 6, pp. 2182–2217.