

**STUDI PERKUATAN STRUKTUR PADA PENAMBAHAN LANTAI GEDUNG SEKOLAH SMPN 2
SUKAMULYA****Basirun¹, Akhmad Rayhan²**^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, FakulTeknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang

Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Babakan, Kota Tangerang, Banten

Email: basir.umd@gmail.com**Abstrak**

Penambahan lantai pada bangunan eksisting sering kali terjadi terutama pada bangunan sekolah. Hal tersebut seringkali menimbulkan permasalahan struktural karena kapasitas awal bangunan tidak didesain untuk menanggung beban tambahan. Terdapat dua rumusan masalah pada studi ini yaitu, bagaimana tahapan perancangan perkuatan struktur dua lantai menjadi empat lantai? Dan bagaimana perbandingan pembiayaan struktur diperkuat dengan struktur baru? Studi ini bertujuan untuk menganalisis perkuatan struktur pada gedung SMPN 2 Sukamulya yang awalnya direncanakan hanya untuk bangunan dua lantai, namun ditingkatkan menjadi empat lantai. Analisis dilakukan dengan cara pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS dengan dua skenario yaitu struktur eksisting dua lantai yang diperkuat menjadi empat lantai dan struktur baru empat lantai. Metode yang digunakan yaitu metode concrete jacketing, yang dinilai mampu meningkatkan kekakuan dan kapasitas struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua bangunan memenuhi kelayakan desain dengan indikator setelah running pada aplikasi ETABS yaitu "All concrete frames passed the design check". Selain hasil teknis dilakukan juga perbandingan biaya keduanya dengan hasil menunjukkan perkuatan struktur membutuhkan biaya sebesar Rp. 3.697.048.339, sedangkan pembangunan struktur baru membutuhkan Rp 4.474.392.703, sehingga pendekatan perkuatan struktur memberikan efisiensi biaya sebesar Rp 777.344.364 atau sekitar 17,37%. Maka, perkuatan struktur menggunakan metode concrete jacketing terbukti layak secara teknis dan ekonomis

Kata kunci: Perkuatan Struktur, Penambahan Lantai, Concrete Jacketing, ETABS, Analisa Biaya.

Abstract

Adding floors to existing buildings often occurs, especially in school buildings. This often causes structural problems because the initial capacity of the building is not designed to bear the additional load. There are two problem formulations in this study, namely, what are the design stages for strengthening a two-story structure to four stories? And how does the cost of a strengthened structure compare with a new structure? This study aims to analyze the structural strengthening of the SMPN 2 Sukamulya building which was originally planned for only two stories, but was increased to four stories. The analysis was carried out by means of structural modeling using the ETABS application with two scenarios, namely the existing two-story structure strengthened to four stories and the new four-story structure. The method used is the concrete jacketing method, which is considered capable of increasing the stiffness and capacity of the structure. The results of the analysis show that both buildings meet the design feasibility with the indicator after running the ETABS application, namely "All concrete frames passed the design check". In addition to the technical results, a cost comparison was also carried out with the results showing that the structural strengthening requires a cost of Rp. 3,697,048,339, while building a new structure requires Rp 4,474,392,703, so the structural reinforcement approach provides a cost efficiency of Rp 777,344,364, or approximately 17.37%. Therefore, structural reinforcement using the concrete jacketing method has proven to be technically and economically feasible.

Keywords: Structural Strengthening, Additional Floors, Concrete Jacketing, ETABS, Cost Analysis

1. PENDAHULUAN

Umumnya setiap sekolah akan terjadi peningkatan siswa setiap tahunnya, hal tersebut tentunya akan membutuhkan fasilitas tambahan terhadap sekolah tersebut seperti halnya tambahan ruang kelas untuk proses belajar mengajar (Herlianto et al., 2025). Adanya keterbatasan lahan tentu menjadi permasalahan untuk melakukan penambahan ruang kelas sehingga solusi vertikal dengan penambahan lantai pada bangunan sekolah pilihan yang rasional dan banyak

diterapkan dalam perencanaan Kawasan Pendidikan di Indonesia (Prabowo dan Lutfi, 2020).

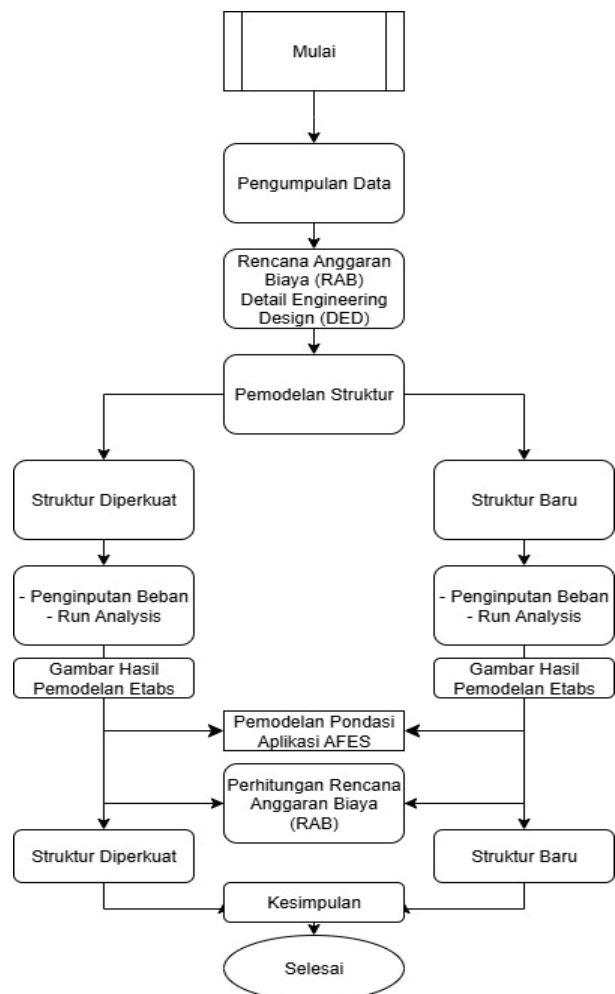
Gedung SMPN 2 Sukamulya menggunakan struktur utama beton bertulang yang terdiri dua lantai dengan struktur atap menggunakan baja. Struktur beton bertulang adalah struktur yang menggabungkan antara beton dan baja tulangan dalam satu wadah dimana tulangan baja didalamnya yang dibungkus oleh beton dengan tujuan kekuatan tarik yang menjadi kelemahan

beton dilengkapi oleh baja tulangan yang memiliki kekuatan tarik lebih baik dari beton (Wang, 1993). Tentunya untuk menambah lantai untuk kebutuhan ruang kelas pada struktur eksisting tidak dapat dikerjakan dengan sembarangan (Christiawan, 2011). Mengingat struktur eksisting sebelumnya dirancang hanya untuk kebutuhan ruang kelas dengan dua lantai saja, dengan kata lain struktur tersebut belum bisa dikatakan memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan beban tambahan dari lantai baru termasuk beban mati, hidup maupun gempa (SNI 1726:2019).

Perkuatan struktur adalah penyesuaian pada sebuah struktur bangunan dengan tujuan memperbaiki atau memperkuat struktur agar mempunyai kelenturan (Christiawan, 2011). Perkuatan bisa diaplikasikan pada kolom, balok, pelat lantai maupun fondasi. Namun biasanya lebih banyak diaplikasikan pada kolom dan balok dikarenakan fungsi vital elemen tersebut, seperti kolom yang berfungsi untuk menahan beban aksial (SNI 2847:2013). Sedangkan balok meneruskan beban pada kolom (Dipohusodo, 1994). Dengan dilakukannya perkuatan untuk menambah lantai baru, bukan berarti harus dilakukan pembongkaran besar besaran terhadap strukturnya baik kolom, balok maupun plat lantai. Pada era modern saat ini banyak teknologi konstruksi atau metode pelaksanaan yang memungkinkan untuk perkuatan struktur tanpa harus membongkar secara besar besaran, seperti metode pelaksanaan penambahan penampang, penggunaan material komposit, atau metode pelaksanaan *retrofitting* yang bersifat memperkuat struktur tanpa melakukan pembongkaran besar besaran serta tidak mengganggu fungsi bangunan secara berlebihan (Tumialan, 2001). *Retrofitting* juga berarti perbaikan atau perubahan pada struktur secara riil dalam sebuah pelaksanaan (Apriani, 2012). Perkuatan yang sering digunakan hanya beberapa metode saja seperti membungkus beton eksisting dengan beton serta baja tulangan baru yang disebut metode *Concrete jacketing* (Kaontole dkk, 2015). Kedua, membungkus dengan *steel plat* atau pelat baja pada balok, kolom maupun pelat lantai (Tjong, L.F dan Amardev Singh, 2025). Ketiga, metode *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* adalah material komposit serat (misalnya karbon, gelas, atau aramid) yang direkatkan pada beton eksisting

dengan *epoxy* (Christiawan, 2009). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa terkait perancangannya menggunakan aplikasi *ETABS* dengan metode *concrete jacketing* dan juga akan dilakukan perbandingan antara melakukan perkuatan terhadap bangunan eksisting atau membangun Gedung baru dengan tujuan efisiensi biaya (Hidayati, N. dkk, 2021).

2. METODOLOGI



Gambar 1 Kerangka penelitian

2.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan pada proses penelitian tugas akhir ini menggunakan metode kuantitatif yaitu dengan menganalisa perancangan perkuatan struktur pada penambahan lantai gedung sekolah SMPN 2 Sukamulya dengan membandingkan dengan pembuatan struktur baru Gedung sekolah SMPN 2 Sukamulya menggunakan software ETABS dengan Analisa 3-Dimensi yang dimodelkan sebagai frame 3-Dimensi. Setelah itu

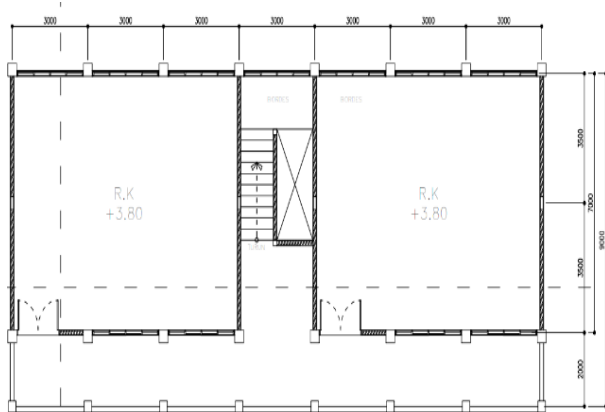
dilakukan perbandingan berdasarkan rancangan anggaran biaya antara struktur yang diperkuat dan struktur baru. Hasil-hasil Analisa tersebut dibandingkan untuk mendapatkan bangunan struktur yang lebih efisien.

2.2 Data Bangunan

Bangunan eksisting sekolah SMPN 2 Sukamulya yang terletak di daerah Kabupaten Tangerang menggunakan struktur beton bertulang. Bangunan eksisting tersebut akan direncanakan penambahan ruang kelas secara vertikal dengan penambahan 2 lantai, akan tetapi bangunan eksisting tersebut hanya untuk perencanaan 2 lantai saja. Sehingga perlunya perkuatan struktur untuk penambahan lantai. Data Bangunan adalah sebagai berikut:

- Nama Bangunan: Gedung sekolah SMPN 2 Sukamulya
- Lokasi Bangunan: Kabupaten Tangerang
- Jenis Struktur Bangunan: Beton Bertulang
- Jumlah Lantai 2, Luas $2 \times 21 \times 9 \text{ m}^2$
- Dimensi Kolom Utama (K1): $300 \times 300 \text{ (mm)}$
- Dimensi Kolom 2 (K2): $250 \times 250 \text{ (mm)}$
- Dimensi Kolom 3 (K3): $150 \times 350 \text{ (mm)}$
- Dimensi Balok: $250 \times 150 \text{ (mm)}$
- Tebal Pelat Lantai: 120 (mm)

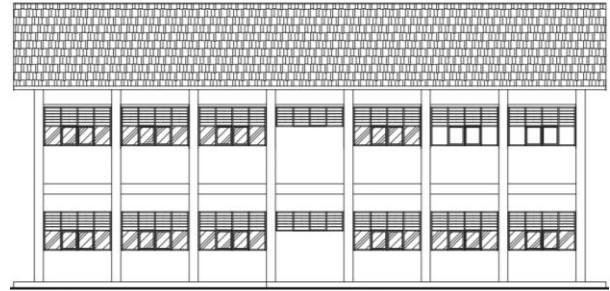
Gambar bangunan eksisting ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



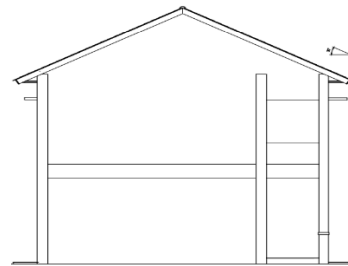
Gambar 2 Denah Eksisting



Gambar 3 Tampak Depan



Gambar 4 Tampak Belakang



Gambar 5 Tampak Samping

2.3 Pembebanan

Beban yang diperhitungkan mengacu pada SNI 1726:2019 dengan jenis beban yang mencakup beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban terkait lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Rancangan Bangunan

Pada dasarnya bangunan yang ada 2 lantai ditingkatkan menjadi 4 lantai dengan data rancangan 4 lantai sebagai berikut:

- Nama Bangunan: Gedung sekolah SMPN 2 Sukamulya
- Lokasi Bangunan: Kabupaten Tangerang
- Jenis Struktur Bangunan: Beton Bertulang
- Jumlah Lantai 4, Luas $4 \times 21 \times 9 \text{ m}^2$
- Dimensi Kolom Utama (K1): $500 \times 500 \text{ (mm)}$
- Dimensi Balok: $450 \times 300 \text{ (mm)}$
- Tebal Pelat Lantai: 120 (mm)

Pada lantai 1 dan 2 dilakukan proses jacketing dimana kolom eksisting K1 300×300 , K2 250×250 dan K3 150×350 dibungkus menjadi 500×500 .

Kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $U = 1.4 D$
- $U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

- c. $U = 1.2 D + 1.6 L$
- d. $U = 1.2 D + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- e. $U = 0.90 D + 1.0E$

Adapun kombinasi beban *seismic* atau gempa adalah sebagai berikut:

- a. $U = 1.2 D + E_v + E_h + L$
- b. $U = 0.90 D - E_v + E_h$

Keterangan:

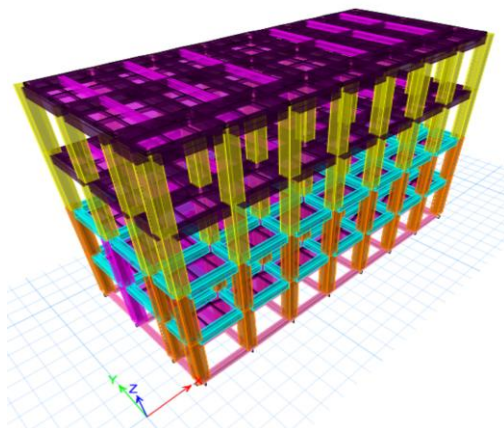
$D = \text{Dead Load}$

$L = \text{Live Load}$

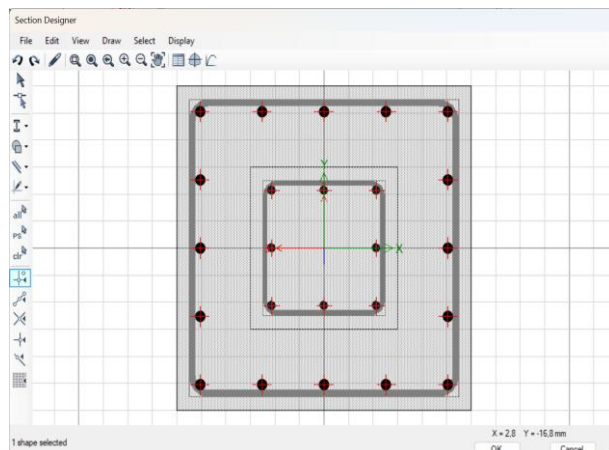
$E = \text{Earthquake Load}$

3.2 Pemodelan dan Analisis Struktur Atas

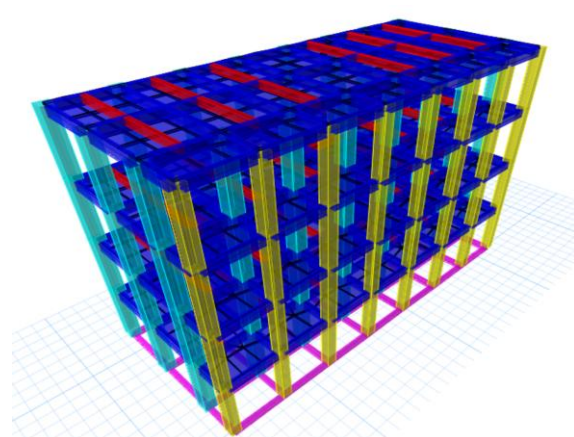
Setelah dilakukan pemodelan dan dianalisis model struktur menunjukkan memenuhi kriteria kelayakan desain dengan indikator pada saat running seluruh elemen beton dinyatakan lolos pengecekan desain (All concrete frames passed the design check).



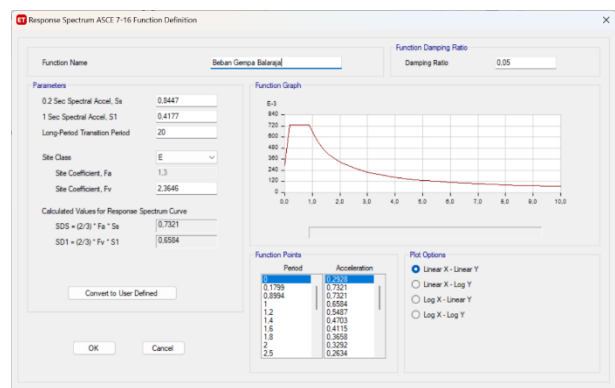
Gambar 6 Hasil Pemodelan ETABS Struktur Diperkuat



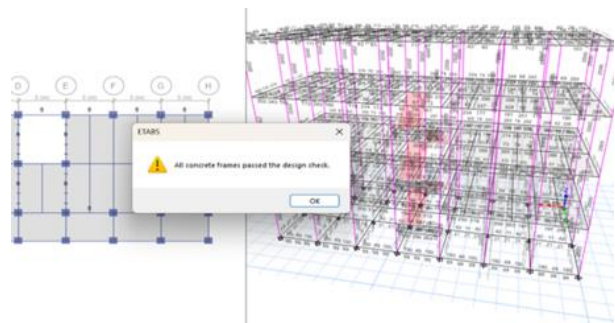
Gambar 7 Input Kolom Rencana Jacketing



Gambar 8 Hasil Pemodelan ETABS Struktur Baru



Gambar 9 Input Spektrum Gempa



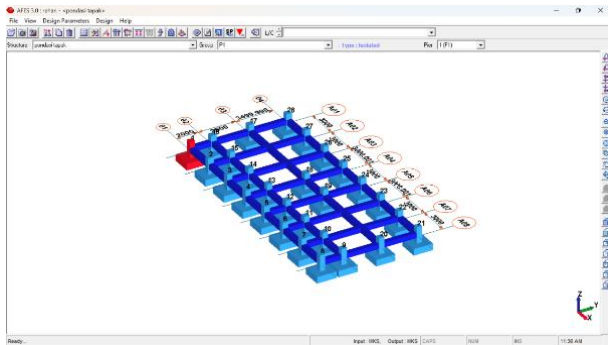
Gambar 10 Hasil Run Analysis

Salah satu pengecekan kapasitas desain adalah pengecekan simpangan antar tingkat. Hasil Pengecekan simpangan antar tingkat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Simpangan Antar Tingkat

Story	Tinggi	Perpindahar δX	Perpindahar δY	Perpindahar Elastik δeX	Perpindahar Elastik δeY	Drift Story Drift ΔX	Drift Story Drift ΔY	Limit Cek
Lantai 4	4000	4.601	5.65	0.699	1.294	1.165	1.942	30.8 OK
Lantai 3	4000	3.902	4.356	1.23	1.475	2.05	3.417	30.8 OK
Lantai 2	4000	2.672	2.881	1.491	1.652	2.485	4.142	30.8 OK
Lantai 1	4000	1.181	1.229	1.181	1.229	1.968	3.281	30.8 OK

3.3 Pemodelan dan Analisis Struktur Bawah



Gambar11 Pemodelan Fondasi AFES

NO	PIER	TIPE	LEBAR (m)	TINGGI (m)	STATUS
1	1	1	0.75	1.75	OK
2	1	1	0.75	1.75	OK
3	1	1	0.75	1.75	OK
4	1	1	0.75	1.75	OK
5	1	1	0.75	1.75	OK
6	1	1	0.75	1.75	OK
7	1	1	0.75	1.75	OK
8	1	1	0.75	1.75	OK
9	1	1	0.75	1.75	OK
10	1	1	0.75	1.75	OK
11	1	1	0.75	1.75	OK
12	1	1	0.75	1.75	OK
13	1	1	0.75	1.75	OK
14	1	1	0.75	1.75	OK
15	1	1	0.75	1.75	OK
16	1	1	0.75	1.75	OK
17	1	1	0.75	1.75	OK
18	1	1	0.75	1.75	OK
19	1	1	0.75	1.75	OK
20	1	1	0.75	1.75	OK
21	1	1	0.75	1.75	OK
22	1	1	0.75	1.75	OK
23	1	1	0.75	1.75	OK
24	1	1	0.75	1.75	OK
25	1	1	0.75	1.75	OK
26	1	1	0.75	1.75	OK
27	1	1	0.75	1.75	OK
28	1	1	0.75	1.75	OK

Gambar 12 Report Aplikasi AFES

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan fondasi menggunakan aplikasi AFES 3.0, dapat disimpulkan bahwa sistem fondasi yang digunakan adalah fondasi dangkal tipe *isolated (individual footing)* yang dirancang untuk menahan beban dari masing-masing kolom struktur atas secara terpisah. Fondasi dimodelkan dengan keteraturan *grid* dan jumlah total 28 *pier*, yang masing-masing diperiksa berdasarkan gaya tekan, momen lentur, dan kestabilannya terhadap kombinasi beban yang bekerja.

Hasil perhitungan pada lembar "Calculation Sheet of Pier" menunjukkan bahwa seluruh *pier* memiliki nilai rasio yang masih di bawah kapasitas izin (rasio < 1.0) dan semuanya mendapatkan status "OK", yang berarti:

- Setiap *pier* mampu menahan beban vertikal dan momen yang ditransfer dari struktur atas.
- Fondasi secara keseluruhan memenuhi syarat kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur sesuai ketentuan teknis dan peraturan yang berlaku.
- Tidak ditemukan kegagalan desain (*overstress*) pada elemen fondasi dalam kondisi kombinasi beban terberat sekalipun.

Dengan demikian, sistem fondasi yang telah dimodelkan dianggap layak secara teknis untuk digunakan dalam proyek ini, baik dari segi kapasitas maupun keamanan struktur.

3.4 Perbandingan Biaya Struktur

Berdasarkan analisis menggunakan data bangunan eksisting serta hasil dari pemodelan menggunakan aplikasi ETABS maka didapat hasil perhitungan Rancangan Anggaran Biaya baik bangunan yang diperkuat maupun bangunan baru yaitu sebagai berikut:

Biaya Struktur Diperkuat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Biaya Struktur Diperkuat

NO	URAIAN	JUMLAH HARGA
A.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 16.832.698
B.	PEKERJAAN PELAKSANAAN	
a.)	Pekerjaan Tanah dan Urugan	Rp 20.932.690
b.)	Pekerjaan Bongkaran	Rp 71.801.564
c.)	Pekerjaan Struktur	Rp 3.160.364.431
d.)	Pekerjaan Dinding, Plesteran dan Acian	Rp 263.630.907
e.)	Pekerjaan Kusen Pintu, dan Jendela	Rp 203.664.023
f.)	Pekerjaan Plafond	Rp 154.841.048
g.)	Pekerjaan Keramik Lantai dan Dinding	Rp 115.167.361
h.)	Pekerjaan Pengecatan dan Finishing	Rp 120.480.448
i.)	Pekerjaan Instalasi Listrik	Rp 26.271.728
TOTAL		Rp 4.153.986.898
PPN 11%		Rp 456.938.559
GRAND TOTAL		Rp 3.697.048.339

Biaya Struktur Baru ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Biaya Struktur Baru

NO.	URAIAN	JUMLAH HARGA
A.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 16.832.698
B.	PEKERJAAN PELAKSANAAN	
a.)	Pekerjaan Tanah dan Urugan	Rp 20.932.690
b.)	Pekerjaan Struktur	Rp 3.335.070.192
c.)	Pekerjaan Dinding, Plesteran dan Acian	Rp 534.202.551

NO.	URAIAN	JUMLAH HARGA
d.)	Pekerjaan Kusen Pintu, dan Jendela	Rp 407.328.046
e.)	Pekerjaan Plafond	Rp 309.682.728
f.)	Pekerjaan Keramik Lantai dan Dinding	Rp 230.334.722
g.)	Pekerjaan Pengecatan dan Finishing	Rp 120.480.448
h.)	Pekerjaan Instalasi Listrik	Rp 52.543.456
TOTAL		Rp 5.027.407.531
PPN 11%		Rp 553.014.828
GRAND TOTAL		Rp 4.474.392.703

Berdasarkan perbandingan diatas maka didapatkan hasil biaya untuk bangunan yang diperkuat dengan metode concrete jacketing adalah sebesar Rp. 3.697.048.339, sedangkan untuk biaya bangunan baru sebesar Rp. 4.474.392.703. Maka, perkuatan stuktur menggunakan metode concrete jacketing untuk penambahan lantai gedung sekolah memberikan efisiensi biaya sebesar Rp. 777.344.364 atau sekitar 17,37% lebih murah dibandingkan dengan pembangunan baru.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis skripsi yang berjudul Studi Perkuatan Struktur Pada Penambahan Lantai Gedung Sekolah SMPN 2 Sukamulya yaitu sebagai berikut:

- Perancangan perkuatan struktur dua lantai menjadi empat lantai dengan menggunakan pemodelan aplikasi ETABS. Pemodelan dilakukan pada dua skenario, yaitu struktur dua lantai yang diperkuat menjadi empat lantai dan struktur baru empat lantai dengan dimensi elemen yang sama. Setelah dilakukan pemodelan dan dianalisis kedua model struktur menunjukan memenuhi kriteria kelayakan desain dengan indikator pada saat *running* seluruh elemen beton dinyatakan lolos pengecekan desain (*All concrete frames passed the design check*). Metode *concrete jacketing* digunakan sebagai metode perkuatan karena dinilai paling sesuai untuk meningkatkan kapasitas struktur eksisting. Metode ini mampu meningkatkan kekakuan dan dimensi elemen struktrur sehingga struktur eksisting dapat mendukung penambahan lantai secara aman.

- Hasil perbandingan biaya menunjukan bahwa perkuatan struktur menggunakan metode *concrete jacketing* lebih ekonomis dibandingkan pembangunan gedung baru. Biaya yang dibutuhkan untuk perkuatan struktur sebesar Rp. 3.697.048.339, sedangkan untuk membangun gedung baru sebesar Rp. 4.474.392.703. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa perkuatan stuktur untuk penambahan lantai gedung sekolah memberikan efisiensi biaya sebesar Rp. 777.344.364 atau sekitar 17,37% lebih murah dibandingkan dengan pembangunan baru.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aliyah, Z.P dan Fadhilah, T.N, 2024, Perancangan Agrowisata *Greenhouse* Melon *The Farmhill* Dengan Pendekatan Arsitektur Ekologi Di Karanganyar. Jurusan Pertanian, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Apriani, 2013, Analisis *Buckling Restrained Braces System* Sebagai *Retrofitting* Pada Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Kuat, Jurnal Sains dan Teknologi, Vol. 1, Juli 2012.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 2847 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Christiawan, I, 2011, Perkuatan (*Strengthening*) Struktur Kolom Dengan Metode Penambahan Tulangan, Gema Teknologi, Vol. 16 No. 3, 2011, pp. 137.
- Christiawan, I, 2009, Perkuatan (*Strengthening*) Struktur Beton Dengan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*, Gema Teknologi, Vol. 6 No. 1, 2009, pp. 25.
- Derianto Rahmahadi Pranata, dkk, 2022, Analisis Perkuatan Struktur Beton Dengan Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* Dan *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)* Terhadap Biaya, Prosiding Senakama, Vol. 1, September 2022.

- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Dipohusodo, Istimawan. (1999). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fauzan, dkk, 2015, Perkuatan Struktur Bangunan Mesjid Nurul Ilmi Menggunakan Metode *Concrete Jacketing*, *Prosiding Andalas Civil Engineering National Conference*, Vol. 2, Agustus 2015, pp. 113-118.
- Fine Software - Pad Isolating Footing - <https://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/solutions/shallow-foundations/isolated-footing-pad-foundation/>.
- Heinz, F. (1999) *Ilmu Kontruksi Bangunan Jilid 1 dan 2*. Yogyakarta: Kanisius
- Herlianto, J.I, 2025, *Analysis Of Classroom Space Requirements For Elementary School Based On The Projection Of School-Age Population Growth In Surabaya City*, *Jurnal UPI*, Vol. 10, No. 2, 2025, pp. 155.
- Hidayati, N, dkk, 2021, Evaluasi dan Retrofit Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Kebakaran: Studi Kasus Gedung PLN Unit Cabang Distribusi Jakarta Raya, *Science and Technology Index*, Vol. 17 No. 1, Mei 2021, pp. 57.
- I Made Ardi Wiguna, dkk, 2019, Perencanaan Perkuatan Struktur Gedung SDN 4 Mengwi Akibat Penambahan Lantai Dengan *FRP (Fiber Reinforced Polymer)*, *Padukarsa*, Vol. 8 No. 1, 2019.
- Kaontole, J.T, dkk, 2015, Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing*, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3 No.3, 2015, pp. 169-170.
- McCormac, Jack C. (2004). *Desain Beton Bertulang Edisi ke 5*. Jakarta: Erlangga
- Nggata, Petrus Reinaldo, 2021. Perencanaan dan Perancangan Ende *Square* Di Kota Ende (Pendekatan Arsitektur Kontemporer), Jurusan Arsitektur Universitas Katolik Widya Mandira.
- Probowo, Agung dan Muhammad Lutfi, 2020, Analisis Struktur Bangunan Gedung Sekolah Akibat Penambahan Ruang Kelas Baru (Studi Kasus di SMK Bina Putera Kota Bogor), *JMAIF*, Vol. 4 No. 2, 2020, pp. 133-134.
- Rifai, Andi Jiba, 2010, Perkembangan Struktur dan Kontruksi Rumah Tradisional Suku Bajo Di Pesisir Pantai Parigi Moutong, *Jurnal Ruang*, Vol. 2 No. 1, Maret 2010
- Roads&Bridges – Polymer Strengthening System – 2019* - <https://www.roadsbridges.com/concrete/concretemaintenance/product/10651614/clock-spring-nri-polymer-strengthening-system>.
- Structura Hub - Preliminary Design: Analisis Dimensi Awal Balok – 2025 - <https://structurahub.com/teknik-sipil/preliminary-design-struktur-beton-bertulang-dimensi-balok/>
- Sudjono, A.S, 2005, Prediksi Waktu Layan Bangunan Beton Terhadap Kerusakan Akibat Korosi Baja Tulangan, *Civil Engineering Dimension*, Vol. 7 No. 1, March 2025.