

PERENCANAAN PENAMBAHAN TINGKAT STRUKTUR GEDUNG SD NEGERI 3 TUBAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DAN PERKUATAN STRUKTUR EKSISTING

I Pt. Suidarmahendra Jr, I Made Sastra Wibawa, I Gede Gegiranang Wiryadi

Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: juniorhendra911@gmail.com

ABSTRAK: Adanya pertambahan jumlah penduduk setiap tahun di kecamatan Kuta membuat SD Negeri 3 Tuban perlu menambah kapasitas sekolahnya. Perencanaan penambahan tingkat dilakukan mengingat lahan yang terbatas. Perencanaan ini bertujuan untuk menambah tingkat struktur eksisting yang diperkuat dengan *concrete jacketing* dan pelat baja yang dibaut. Struktur yang ditinjau awalnya direncanakan untuk memenuhi persyaratan dan beban 2 tingkat. Pada perencanaan ini struktur ditambahkan tingkatnya menjadi empat tingkat. Kemudian perkuatan struktur eksisting direncanakan untuk menahan beban dari tambahan tingkat. Struktur tambahan tingkat direncanakan menggunakan baja agar mempermudah dan mempercepat pekerjaan. Perencanaan ini dibantu dengan program SAP2000 untuk menganalisis struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa perencanaan penambahan tingkat dilakukan dengan kolom eksisting yang diperkuat menggunakan *concrete jacketing* dengan tebal 10 cm, mutu beton K250 (f_c 20.75 MPa). Sedangkan balok eksisting diperkuat menggunakan *steel bolted plates* dengan tebal pelat 6mm, dan mutu pelat baja BJ37.

Kata kunci: Penambahan Tingkat, *Concrete Jacketing*, *Steel Bolted Plates*, SAP2000.

ABSTRACT: : *With the increasing of population every year in Kuta Regency, elementary school SD Negeri 3 Tuban have to consider increasing its school capacity. Planning for additional storeys on existing building is carried out considering the limited space on the school land makes building a new structure seems imposible. Planning for additional storeys and strengthening of existing structures aims to determine the safe design of additional 2 storeys and reinforcement structures that are able to withstand additional loads. This planning is being done by the SAP2000 program to analyze the structure. The results of the analysis show that the planning for additional storeys is carried out with the existing column using a concrete jacketing with a thickness of 10 cm, concrete compressive strength K250 (f_c 20.75 MPa). While the existing beams use 6mm steel plates reinforcement quality of BJ37 steel plates.*

Keywords: *Additional Storeys, Concrete Jacketing, Steel Bolted Plates, SAP2000*

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, kebutuhan akan ruang pembelajaran semakin tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung pada disebutkan bahwa angka kelahiran total penduduk Tuban 2013 sebanyak 30 anak (BPS Kabupaten Badung, 2014) di tahun 2016 sebanyak 130 anak (BPS Kabupaten Badung, 2017) dan pada tahun 2019 mencapai 234 anak (BPS Kabupaten Badung, 2020). Dengan peningkatan angka kelahiran yang terjadi dari tahun ke tahun, maka dapat dipastikan sekolah perlu menambah kapasitas siswa nya agar anak – anak di wilayah tersebut mendapat akses pendidikan tingkat dasar di masa mendatang.

Mengingat situasi kegiatan pendidikan yang terdampak wabah Covid-19, pembelajaran diwajibkan menerapkan *social distancing* dengan cara menjaga jarak minimal 1,5-meter sehingga jumlah siswa yang dapat belajar di kelas akan berkurang dari biasanya. Maka dari itu, sekolah harus menambah kapasitas gedung sekolahnya. Dalam contoh kasus SD Negeri 3 Tuban, sekolah tidak memungkinkan untuk

membangun gedung baru dikarenakan lahan yang terbatas. Maka alternatif solusi yang bisa dilakukan yakni melakukan penambahan jumlah lantai pada gedung yang sudah ada.

Perencanaan penambahan tingkat struktur gedung ini berpedoman pada SNI 1729-2015 tentang perencanaan struktur baja, SNI 2847-2013 tentang beton sebagai acuan evaluasi kekuatan struktur bangunan eksisting, SNI 1726-2019 tentang perencanaan bangunan tahan gempa, dan SNI 1727-2013 tentang pembebanan bangunan gedung.

Perencanaan perkuatan struktur akibat penambahan tingkat ini dibantu dengan program SAP2000. Perkuatan struktur kolom menggunakan metode *concrete jacketing*. Sedangkan perkuatan struktur balok menggunakan metode *steel bolted plates*. Walaupun perkuatan struktur eksisting belum diatur dalam peraturan SNI, perencanaan perkuatan didasarkan pada penelitian sebelumnya yang telah membuktikan bahwa perkuatan metode *concrete jacketing* dan *steel bolted plates* memungkinkan untuk

dilaksanakan. Perencanaan struktur dengan penambahan tingkat dilakukan untuk mengetahui model dan dimensi penampang struktur baja pada tambahan tingkat. Selain itu, perencanaan ini dilakukan untuk mengetahui perkuatan yang dibutuhkan oleh struktur eksisting agar mampu menahan beban tambahan tingkat.

PERKUATAN STRUKTUR METODE CONCRETE JACKETING

Menurut Triwiyono (2006), konsep dari metode *concrete jacketing* yakni pembesaran dimensi dan penambahan tulangan pada elemen struktur yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut. Umumnya, metode bahan selubung ini dapat berupa metal baja, karet, beton, komposit.

Perkuatan beton *jacketing* didesain mengikuti standar CED 39 (7428) dengan spesifikasi minimum sebagai berikut:

1. Kekuatan dari material *jacketing* harus lebih baik atau sekurang kurangnya sama dari kekuatan material eksisting. Kekuatan beton baru harus lebih besar dari beton lama sekurang – kurangnya 5 MPa.
2. Untuk kolom yang tidak memerlukan tulangan longitudinal, minimum harus diberikan tulangan Ø12 mm di keempat ujungnya dengan sengkang Ø8 mm.
3. Tebal *jacketing* minimum yakni 100 mm.
4. Diameter tulangan sengkang minimum Ø8 mm tidak boleh kurang 1/3 Ø tulangan longitudinal.
5. Jarak maksimal tulangan sengkang tidak melebihi 200 mm. Bila memungkinkan, jarak tulangan sengkang tidak melebihi dari ketebalan *jacketing*.

PERKUATAN STRUKTUR METODE STEEL BOLTED PLATES

Sudarsana dkk (2019), Sudarsana dkk (2019), dan Sudarsana (2017) telah melakukan penelitian terhadap perkuatan struktur metode pelat baja dan baut. Penelitian yang dilakukan oleh Sudarsana pada 2017 dilakukan percobaan terhadap sembilan balok beton bertulang berukuran 150x200x1500mm yang diperkuat dengan pelat baja dan baut. Tujuan dari percobaan tersebut yakni untuk mengetahui perilaku dari balok beton bertulang yang diperkuat menggunakan pelat baja sepanjang area yang rentan terhadap retak geser.

Kapasitas geser balok yang dipelat dapat dihitung sebagai kombinasi dari gaya geser beton (V_c), tulangan geser (V_s), dan plat baja yang dibaut (V_p). Kuat geser nominal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_n = V_c + V_s + V_p \dots \dots \dots (1)$$

Kapasitas geser dari pelat baja dapat dihitung berdasarkan rumus yang didapat oleh Barnes dan Mays (2006) yakni sebagai berikut:

$$V_p = \frac{1}{3} k f_{yp} h_p t_p \dots \dots \dots (2)$$

Nilai k didapat berdasarkan analisis statistik terhadap 554 data yang diteliti oleh Barnes dan Mays (2006) yakni sebagai berikut:

$$k = 0.68 - 0.27\rho_v + 0.28 \left(\frac{h_p}{h}\right) - 1.95 \left(\frac{t_p}{b_w}\right) - 0.007 \left(\frac{f_{yp}}{f'_c}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

ρ_v = rasio tulangan geser

t_p = ketebalan pelat baja pada 2 sisi

h_p = tinggi/kedalaman pelat baja sepanjang penampang

h = tinggi balok

b_w = lebar balok

f_{yp} = kuat leleh *uniaxial* pelat baja

f'_c = kuat tekan beton

Hasil uji menunjukkan bahwa kedua benda uji yang dipelat L maupun U dapat mencegah munculnya retak diagonal akibat gaya geser pada balok beton bertulang sebesar 23.68% dan 52,63% lebih tinggi daripada benda uji tanpa plat.

PERENCANAAN STRUKTUR PENAMBAHAN TINGKAT

Alih fungsi bangunan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur dalam upaya mengoptimalkan fungsi dari bangunan, dan juga mengatasi keterbatasan lahan. Perencanaan struktur penambahan tingkat biasanya dilakukan apabila kebutuhan ruang yang meningkat sedangkan ketersediaan lahan untuk menambah ruang secara horizontal tidak memungkinkan. Maka dari itu, kebutuhan ruang dapat dipenuhi dengan menambah tingkat pada gedung yang sudah ada.

Prabowo dan Lutfi (2020) telah melakukan penelitian terhadap struktur gedung sekolah yang mengalami penambahan lantai dari 2 lantai menjadi 3 lantai. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur menahan beban tambahan sekaligus mengetahui metode perkuatan yang perlu digunakan untuk menahan beban lantai kelas baru jika bangunan eksisting tidak mampu menahan beban tambahan. Hasilnya didapat bahwa struktur bangunan eksisting tidak mampu menahan beban tambahan. Analisis perkuatan dilakukan dengan 2 metode, yakni *concrete jacketing* dan penambahan profil baja WF. Pada perkuatan *concrete jacketing*, penambahan dimensi elemen balok struktur dari ukuran 30 x 20 cm menjadi 35 x 25 cm dengan tulangan longitudinal 5D16, tulangan geser Ø8-100, dan mutu beton 20,75 Mpa. Sedangkan pada perkuatan penambahan baja WF, digunakan profil baja WF 200.200.8.12 sebagai penopang elemen struktur balok.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai pokok bahasan berdasarkan pada referensi berbagai literatur serta ilmu yang diperoleh. Adapun penggunaan program analisis struktur SAP2000 digunakan untuk membuat pemodelan struktur gedung hingga melakukan analisis terhadap struktur. Analisis dilakukan dengan 2 tahapan, yakni analisis struktur dengan beban tambahan tanpa perkuatan, dan analisis struktur dengan beban tambahan dan dengan perkuatan.

Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer (dimensi struktur) dan data sekunder (detail struktur dan gambar rencana). Langkah awal dari analisis ini yaitu membuat pemodelan struktur 3D pada software SAP2000 sesuai dengan geometri dan dimensi struktur pada gambar rencana, adapun data geometri dan dimensi struktur yaitu sebagai berikut:

1. Data Geometrik Struktur

- a. Panjang bangunan : 28,20 meter
- b. Lebar bangunan : 8,95 meter
- c. Tinggi bangunan : 8,25 + 7 meter = 15,25 meter
- d. Jumlah Tingkat : 2+2 tingkat = 4 tingkat

2. Data Material

Adapun data material yang diinput pada program SAP2000 yaitu sesuai dengan data berikut:

a. Mutu beton :

- Mutu Beton struktur $f_c' = 20,75$ MPa
- Berat / volume = 2400 kg/m³
- Angka poisson = 0,2
- Modulus elastisitas = $4700 \cdot (f_c'^{0,5}) = 4700 \cdot (20,75^{0,5}) = 21409,52$

b. Mutu baja tulangan :

- BJTD 40 ($f_y = 400$ MPa) untuk besi ulir
- BJTP 24 ($f_y = 240$ Mpa) untuk besi polos

3. Elemen struktur yang digunakan

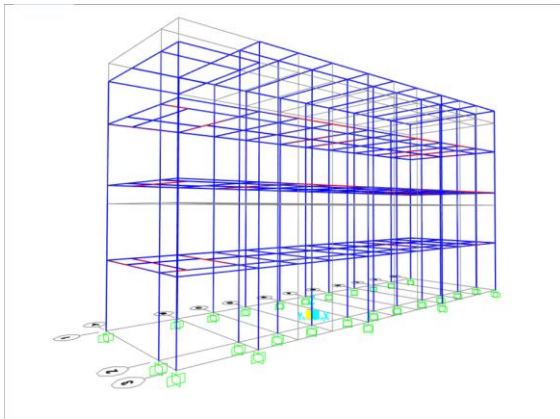
Tabel 1. Elemen struktur yang digunakan

Kolom	Balok	Pelat
C1A (25cm × 40cm)	B1 (25cm × 55cm)	Pelat lantai 2 (t = 12cm)
C1B (25x40cm)	B2 (25cm × 40cm)	Pelat lantai 3 (t = 12cm)
C2A (30cm × 30cm)	B3 (25cm × 35cm)	Pelat lantai 4 (t = 12cm)
C2B (30cm × 30cm)	B4 (20cm × 30cm)	Pelat atap (t = 10cm)
C3 (H200x200x8x12)	B5 (20cm × 40cm)	
	BK1 (20cm × 30cm)	
	BK2 (25cm × 40cm)	
	BST1 (H300x150x6.5x9)	
	BST2 (H200x100x4.5x7)	
	BST3 (H150x75x4.5x7)	

Pemodelan Struktur dengan SAP2000

Struktur gedung dimodelkan secara 3D pada program SAP 2000 dengan langkah-langkah pemodelan sebagai berikut:

1. Menentukan geometri struktur
2. Mendefinisikan material
3. Mendefinisikan *element properties*
4. Menggambar elemen struktur
5. Meng-input beban pada struktur dan pendefinisian kombinasi beban



Gambar 1. Pemodelan 3D SAP2000

Analisis Struktur Eksisting

Pada tahap ini dianalisis peningkatan reaksi yang terjadi pada struktur eksisting. Kemudian struktur eksisting dianalisis kemampuannya menahan beban tingkat tambahan. Apabila struktur tidak mampu menahan beban tambahan tersebut, maka perlu direncanakan perkuatan struktur eksisting untuk menopang beban tambahan tersebut.

Perencanaan Perkuatan Struktur Eksisting

Perkuatan struktur kolom eksisting direncanakan dengan metode *concrete jacketing* mengikuti standar CED 39 (7428). Sedangkan perkuatan struktur balok direncanakan dengan metode *steel bolted plates*. Pemasangan pelat baja pada balok terbagi menjadi 2 bagian, yakni bagian tumpuan dan bagian lapangan. Pada bagian tumpuan atau 1/4 panjang balok yang terletak pada tiap ujung balok, pelat baja dipasang di sekeliling balok membentuk huruf “U”. Sedangkan pada bagian lapangan atau 1/2 panjang balok yang terletak di tengah bentang, pelat baja hanya dipasang pada bagian bawah saja, seperti pada gambar 2.21. Maka dari itu, balok beton bertulang eksisting pada pemodelan SAP2000 dibagi menjadi 3 bagian untuk memudahkan menginput penampang.

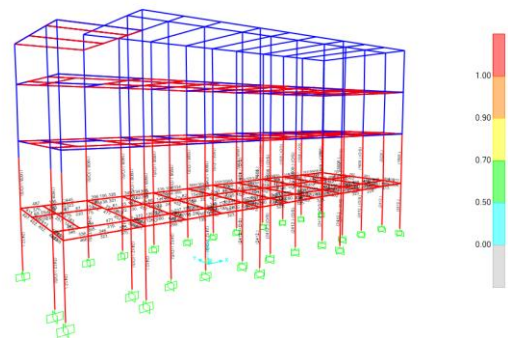
Perencanaan Perkuatan Struktur Eksisting

Pada tahap analisis kedua ini, dilakukan kontrol pada perkuatan struktur eksisting. Apabila perkuatan struktur eksisting masih tidak kuat menahan beban, maka perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap perkuatan hingga didapat hasil yang aman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tahap 1 (Struktur Eksisting)

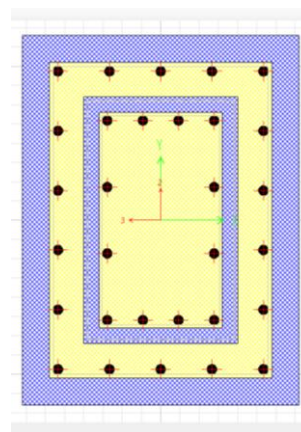
Hasil analisis terhadap struktur eksisting pada gambar 2 menunjukkan bahwa struktur mengalami *over stressed* (O/S) yang tertanda berwarna merah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur eksisting tidak kuat menopang beban tambahan tingkat di atasnya, sehingga perlu direncanakan perkuatan terhadap struktur eksisting.



Gambar 2. Analisis struktur eksisting

Perkuatan Struktur Kolom Eksisting

Perkuatan *concrete jacketing* direncanakan dengan tebal minimum (10 cm), dengan mutu beton setara dengan beton eksisting, yakni K250 ($f'c$ 20.75 MPa), tulangan pokok diameter 16 mm, tulangan sengkang diameter 10 mm setiap jarak 100 mm. Penerapan perkuatan *concrete jacketing* pada SAP2000 dimodelkan pada *section designer* seperti pada gambar 3. Desain penampang kolom eksisting digambarkan terlebih dahulu, kemudian ditambahkan desain ketebalan *jacketing* dan jumlah tulangan pada tiap sisi kolom. Detail dari penampang perkuatan dijelaskan pada tabel 2.



Gambar 3. Pemodelan kolom *jacketing* pada SAP2000

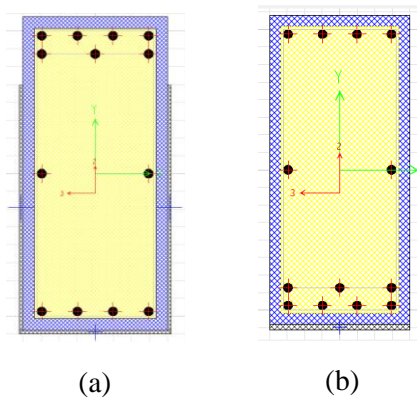
Tabel 2. Desain Perkuatan Beton Bertulang

Penampang	Dimensi (bxh) (mm)	Ketebalan Jacketing	Dimensi Baru (bxh) (mm)
C1A	250x400	100 mm	450x600
C1B	250x400	100 mm	450x600
C2A	300x300	100 mm	500x500
C2B	300x300	100 mm	500x500

Penampang	Tulangan Jacketing			
	Atas	Tengah	Bawah	Sengkang
C1A	5D16	8D16	5D16	ø10-100
C1B	5D16	8D16	5D16	ø10-100
C2A	5D16	6D16	5D16	ø10-100
C2B	5D16	6D16	5D16	ø10-100

Perkuatan Struktur Kolom Eksisting

Perkuatan struktur balok eksisting direncanakan menggunakan metode *steel bolted plates*. Seluruh balok eksisting direncanakan menggunakan perkuatan pelat baja mutu BJ37 dengan tebal 6 mm. Penerapan perkuatan *concrete jacketing* pada SAP2000 dimodelkan pada *section designer* seperti pada gambar 4.

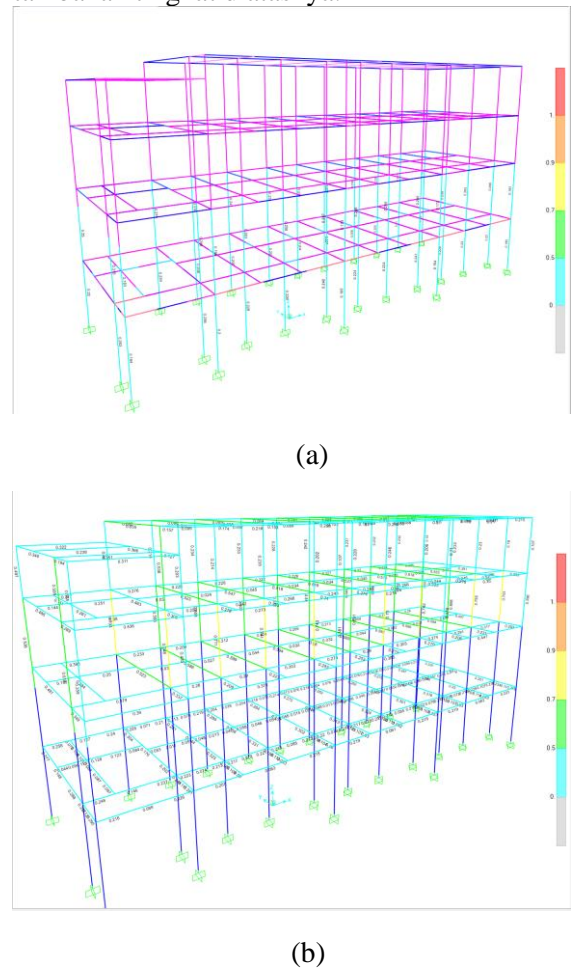


Gambar 4. Desain Balok *Steel Bolted Plates* pada *Window Section Designer* (a) Penampang Tumpuan (b) Penampang Lapangan

Analisis Tahap 2 (Struktur Perkuatan)

Hasil analisis terhadap struktur dengan perkuatan struktur eksisting pada gambar 5 menunjukkan bahwa struktur dinyatakan aman tidak adanya elemen struktur yang *over stressed* (O/S). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perencanaan perkuatan struktur eksisting dengan metode *concrete jacketing* dan *steel*

bolted plates mampu menopang beban tambahan tingkat di atasnya.



Gambar 5. Hasil Analisis Struktur yang telah diberi perkuatan (a) Analisis perkuatan kolom dengan perkuatan *jacketing* (b) Analisis perkuatan balok dengan perkuatan *steel bolted plates* dan tambahan tingkat baja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Rancangan perkuatan struktur eksisting yang mampu menerima beban tambahan tingkat di atasnya didapat dengan rincian sebagai berikut :
 - Kolom eksisting diperkuat menggunakan *concrete jacketing* dengan tebal 10 cm, mutu beton K250 ($f'c$ 20.75 MPa), tulangan pokok D16 dan tulangan sengkang ø10-100mm, mutu baja tulangan pokok f_y 400 MPa dan mutu baja tulangan sengkang f_y 240 MPa.

- 2) Seluruh balok beton bertulang diperkuat menggunakan pelat baja dan baut dengan tebal pelat 6mm, dan mutu baja BJ37.
2. Rancangan struktur tambahan tingkat dengan material baja didapat yang aman didapat dengan rincian sebagai berikut :
 - 1) Kolom baja dirancang menggunakan penampang H beam ukuran 200x200x8x12.
 - 2) Balok induk baja dengan panjang 7150mm menggunakan penampang WF ukuran 300x150x6.5x9.
 - 3) Balok induk baja dengan panjang 2500mm – 4200mm menggunakan penampang WF ukuran 200x100x4.5x7.
 - 4) Balok anak baja dengan panjang 1800mm – 3000mm menggunakan penampang WF ukuran 150x75x5x7
 - 5) Balok ring baja dirancang menggunakan WF ukuran 200x100x4.5x7 dan ukuran 150x75x5x7

Adapun saran yang disampaikan pada perencanaan ini antara lain :

1. Sebelum melaksanakan pekerjaan penambahan tingkat, perlu dilakukan analisis terhadap metode pelaksanaan pekerjaan penambahan tingkat, sehingga hasil pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Pada pelaksanaan pekerjaan perkuatan *concrete jacketing* sebaiknya sambungan antara beton lama dengan beton baru dibuat sekuat mungkin hingga mendekati kondisi menyatu secara sempurna
3. Untuk mendapatkan angka peningkatan kuat geser antara balok eksisting dan balok rencana, sebaiknya diperhitungkan pengaruh tulangan geser pada kuat balok eksisting.
4. Pada perencanaan penambahan tingkat struktur, perlu direncanakan perkuatan pondasi sesuai dengan peningkatan reaksi akibat beban tambahan dari tingkat tambahan.
5. Untuk mendapatkan desain sambungan yang lebih ekonomis, diperlukan perencanaan sambungan yang menyesuaikan dengan gaya yang terjadi pada tiap titik sambungan.

6. Perlu dilakukan kajian perencanaan menggunakan standar dan ketentuan terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung. 2020. *Kecamatan Kuta Dalam Angka 2020*, Badung : BPS Kabupaten Badung.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung. 2017. *Kecamatan Kuta Dalam Angka 2017*, Badung : BPS Kabupaten Badung.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung. 2014. *Kecamatan Kuta Dalam Angka 2014*, Badung : BPS Kabupaten Badung.
- BIS. 2013. *Seismic Evaluation And Strengthening Of Existing Reinforced Concrete Buildings — Guidelines*.
- BSN. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 – 2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 – 2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2013. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729 – 2015)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 – 2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Prabowo, Agung. Lutfi, Muhamad. 2020. “Analisis Struktur Bangunan Gedung Sekolah akibat Penambahan Ruang Kelas Baru (Studi Kasus di SMK Bina Putera Kota Bogor).” *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*
- Sudarsana, I Ketut. Susila, I Gede. Anggreni, Luh Putu. 2019. “Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Perkuatan Pelat Baja dan Profil Siku Pada Kolom dari Gedung Perkantoran 5 Tingkat,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol.3 No.1, pp 16-25.
- Sudarsana, I Ketut. 2017. “Retrofitting of Low Rise Reinforced Concrete Building Using External Bolted Steel Plates Case Study : SPS Building, Jimbaran Bali – Indonesia,” *Procedia Engineering*, Vol. 171, pp 1147-1156.
- Sudarsana, I Ketut. Sajana, I Putu Chandra. Suputra, I Gusti Ngurah Oka. 2019. “Applications Of Bolted Steel Plates To Shear Strengthening Of RC Beams,” *MATEC Web of Conferences*, Vol. 276 No. 01002.
- Triwiyono, Andreas. 2006. *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Pasca Gempa dengan FRP*, Makalah Seminar Perkembangan Standard dan Methodologi Konstruksi Tahan Gempa, Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia, Medan.