

## ANALISIS KINERJA STRUKTUR ATAS SLAB ON PILE PADA PROYEK TOL KAMAL – TELUKNAGA – RAJEG SEKSI 1 DENGAN PENDAKATAN *VALUE ENGINEERING*

Ichwan Prihananto<sup>1\*</sup>, Pratikso<sup>2</sup>, Rinda Karlinasari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, [ichwanprihan@gmail.com](mailto:ichwanprihan@gmail.com)

### ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg khususnya Seksi 1 (Ruas Tol Sedyatmo sd Kosambi) meliputi pembangunan jalan tol sepanjang 6,7 KM. Waktu pelaksanaan proyek tergolong sangat singkat yaitu 1,5 tahun. Salah satu major item pada proyek ini adalah struktur slab on pile dengan bobot pekerjaan sekitar 21%. Area ROW pada lokasi proyek terbatas dan waktu pelaksanaan yang singkat sehingga diperlukan alternatif desain selain menggunakan metode pekerjaan cor in situ. Tujuan dari penelitian ini yaitu Memperoleh alternatif desain yang dapat diterapkan pada struktur slab on pile dan mengetahui penghematan biaya yang bisa diperoleh dari *value engineering*.

Metode penelitian menggunakan penelitian kuantitatif dengan memakai pendekatan deduktif-induktif yang didasarkan pada kerangka teori, ide para ahli, atau pengalaman peneliti untuk mengembangkan permasalahan dan pemecahannya. Pemodelan studi ini diperlukan untuk menganalisis kekuatan struktur slab on pile pada tanah lunak. Pada penelitian ini akan mencari alternatif desain slab on pile, dimana pada *Detail Engineering Design* struktur slab on pile menggunakan metode cast in situ. Beberapa alternatif yang diajukan yaitu dengan half slab precast dan full slab precast. Selanjutnya hasil *Value Engineering* akan dibandingkan antara nilai dari rencana anggaran biaya dengan hasil dari perhitungan MIDAS CIVIL.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa alternatif desain yang dapat diterapkan pada struktur slab on pile proyek pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg Seksi 1 adalah struktur atas slab on pile dengan half slab precast. Penerapan *value engineering* dengan metode half slab precast, terjadi penghematan biaya sekitar 8,72% dari metode cor insitu.

**Kata kunci :** *Jalan tol, slab on pile, value engineering*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam sebuah proyek, pembiayaan menjadi fokus utama untuk memperoleh desain yang efisien tanpa mengurangi mutu dan menghemat pengeluaran biaya. Sejumlah alternatif perlu dipertimbangkan sebagai dasar dalam melakukan penelitian untuk mencari cara yang lebih hemat biaya tanpa mengurangi kualitas bangunan. Karenanya penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) bisa dijadikan sebagai salah satu pilihan penyelesaian permasalahan tersebut.

Pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg khususnya Seksi 1 (Ruas Tol Sedyatmo sd Kosambi) meliputi pembangunan jalan tol sepanjang 6,7 KM. Waktu pelaksanaan proyek tergolong sangat singkat yaitu

1,5 tahun. Salah satu major item pada proyek ini adalah struktur slab on pile dengan bobot pekerjaan sekitar 21%. Area ROW pada lokasi proyek terbatas dan waktu pelaksanaan yang singkat sehingga diperlukan alternatif desain selain menggunakan metode pekerjaan cor in situ.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hasil analisis kinerja struktur atas slab onpile, memperoleh alternatif desain yang dapat diterapkan pada struktur atas slab on pile dan mengetahui penghematan biaya yang bisa diperoleh dari metode *value engineering* pada pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg Seksi 1 (Ruas Tol Sedyatmo sd Kosambi)

### 1.3 Batasan Masalah

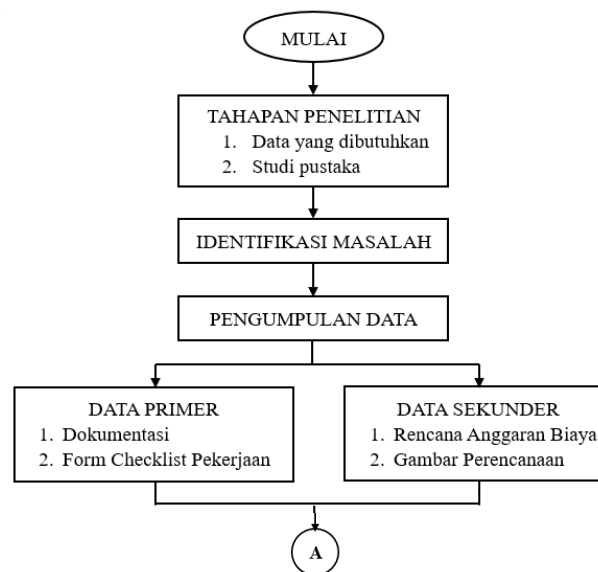
Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

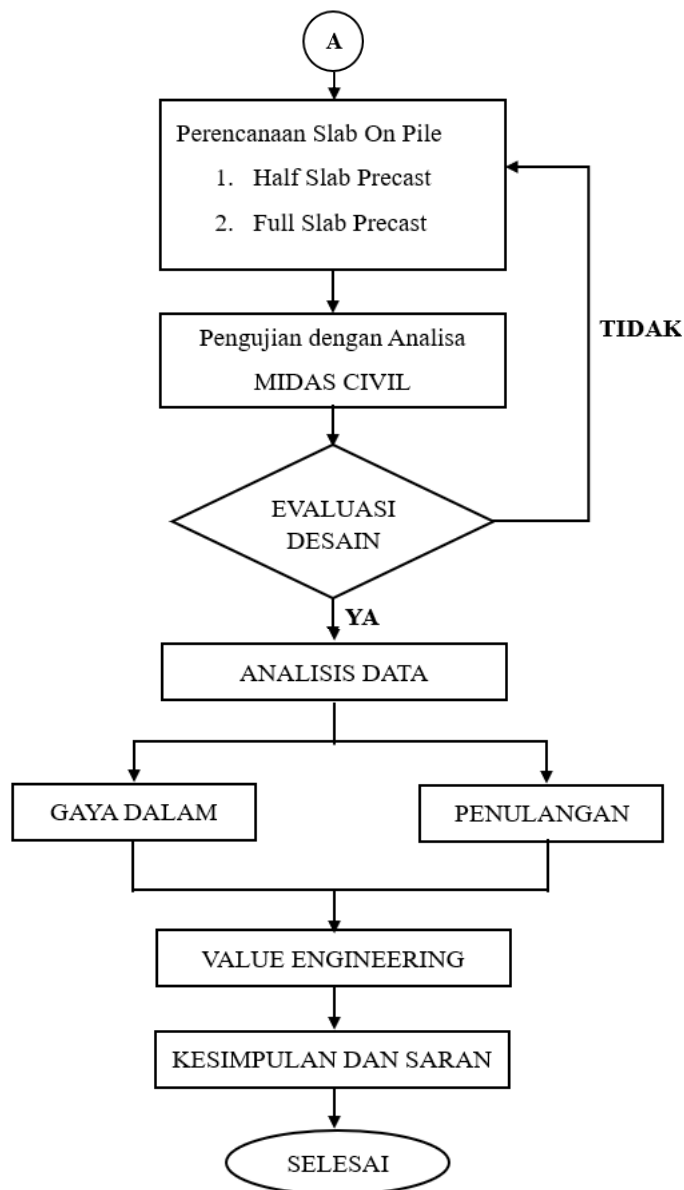
- 1) Penerapan metode *value engineering* dilaksanakan pada pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg Seksi 1 (Ruas Tol Sedyatmo sd Kosambi).
- 2) Analisis memakai metode *value engineering* dan pembahasan dilakukan pada pekerjaan slab on pile.
- 3) Hanya meninjau dari sisi biaya yang paling rendah.
- 4) Analisa hanya dilakukan pada struktur atas yaitu slab dan pilehead, tidak menganalisa pondasi.
- 5) Tidak menganalisa terhadap waktu dan metode pelaksanaan.
- 6) Data anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan yang ada pada RAB Proyek.
- 7) Analisa *value engineering* tidak memperhitungkan SDM.

## 2 METODE PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1 dibawah ini.





Gambar 1. Tahapan penelitian

## 2.2 Pengumpulan Data

Ada dua macam cara pengumpulan data pada penelitian ini yaitu:

- 1) Data primer merujuk pada informasi yang diperoleh secara langsung dari lokasi dengan cara melakukan pengamatan untuk mengevaluasi status, kemajuan, dan perkembangan proyek tersebut. Dalam proses pengumpulan data observasi, perangkat yang digunakan adalah kamera ponsel untuk mendokumentasikan gambar. Hasil yang didapat berupa dokumen dan formulir ceklis pekerjaan.
- 2) Data sekunder adalah data yang didapatkan secara tidak langsung berasal dari dokumen *Detail Engineering Design (DED)* Pembangunan Tol Kataraja Seksi 1 mencakup Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Gambar Perencanaan dari sumber data owner dan konsultan, pengumpulan data soft file tersebut menggunakan flasdisk dan laptop.

## 2.3 Pengolahan Data

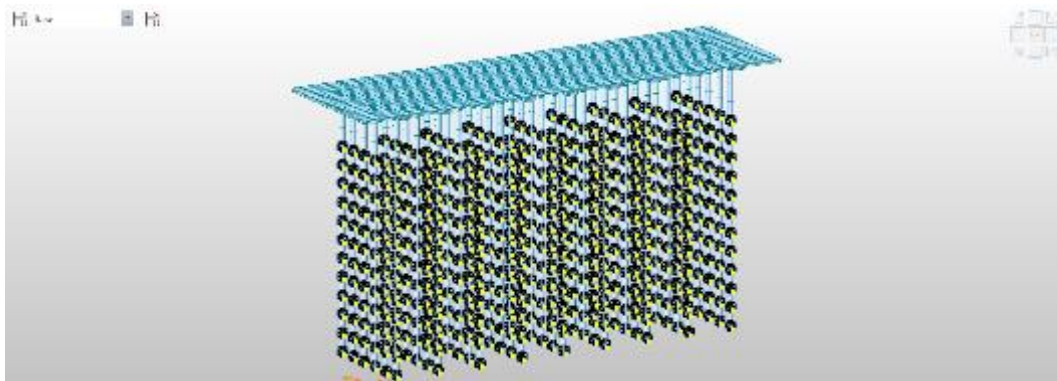
Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengolah data adalah sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data
- 2) Melakukan analisa struktur menggunakan MIDAS CIVIL
- 3) Menghitung kebutuhan tulangan dari output gaya dalam MIDAS CIVIL
- 4) Menghitung *value engineering*

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pemodelan Midas Civil

Pada permodelan untuk penelitian ini dilakukan tahap analisa dengan Midas Civil dengan penginputan parameter material beton, dimensi, dan beban yang bekerja. Untuk permodelan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Pemodelan pada aplikasi midas civil

### 3.2 Pembebanan

Beban-beban yang diterima oleh struktur *pileslab* diantaranya sebagai berikut:

- 1) Berat sendiri struktur pileslab

Berat sendiri struktur ini dihitung otomatis oleh software hasil dari input material, section dan juga dimensi yang dimodelkan.

- 2) Beban mati (parapet)

Berikut perhitungan beban parapet:

$$\text{BJ.beton} = 2,5 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Luas} = 0,385 \text{ m}^2$$

$$\text{q.parapet} = 0,95 \text{ t/m}$$

- 3) Beban mati (aspal)

Berikut perhitungan beban aspal:

$$\text{t.aspal} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{BJ.aspal} = 2,3 \text{ t/m}^3$$

$$\text{q.aspal} = 0,115 \text{ t/m}^2$$

4) Beban lalu lintas

Beban lalu lintas dibandingkan antara UDL, KEL dan Beban Truk. Untuk beban UDL berdasarkan SNI nilainya sebesar 9 kPa, sedangkan untuk KEL besarnya 49 kN/m dengan diperbesar menggunakan FBD sebesar 1.4 (bentang < 50m)

$$\text{UDL} = 9 \text{ kPa} = 0,9 \text{ t/m}^2$$

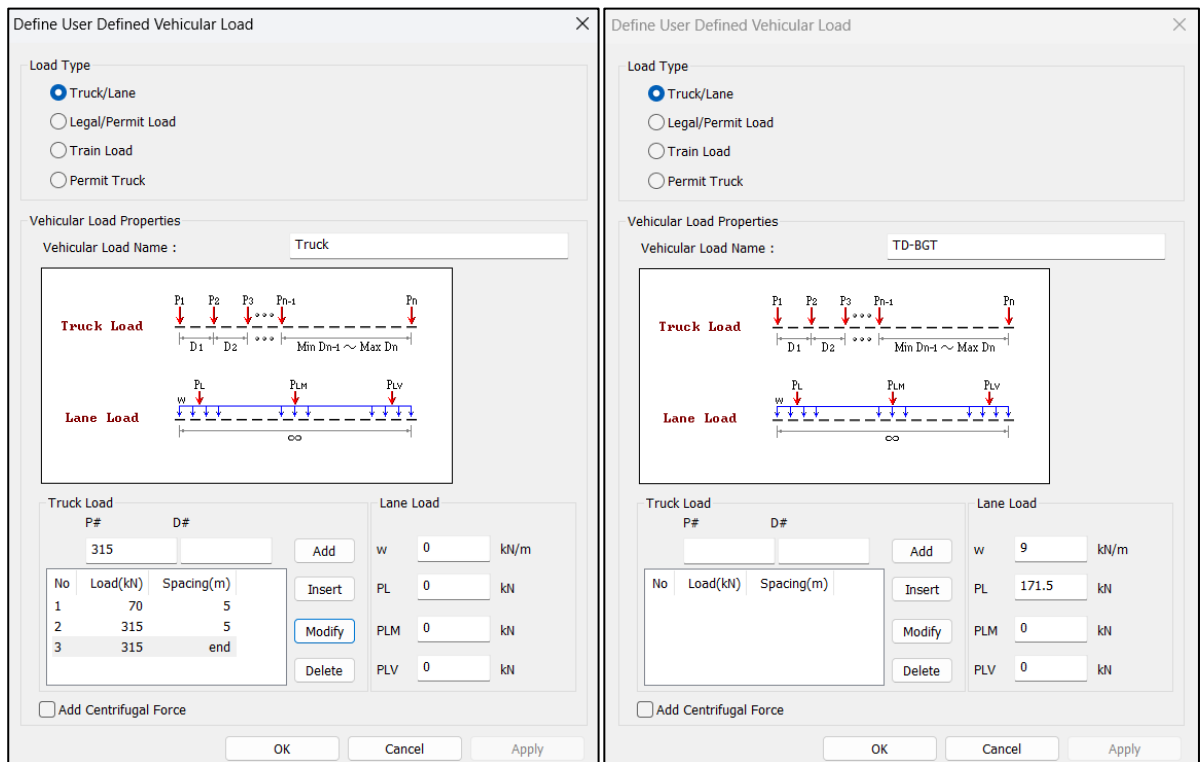
$$\text{fbd} = 1.4$$

$$\text{KEL} = 49 \text{ kN/m} \times \text{fbd}$$

$$= 49 \times 1.4$$

$$= 68,6 \text{ kN/m} = 6,86 \text{ t/m}$$

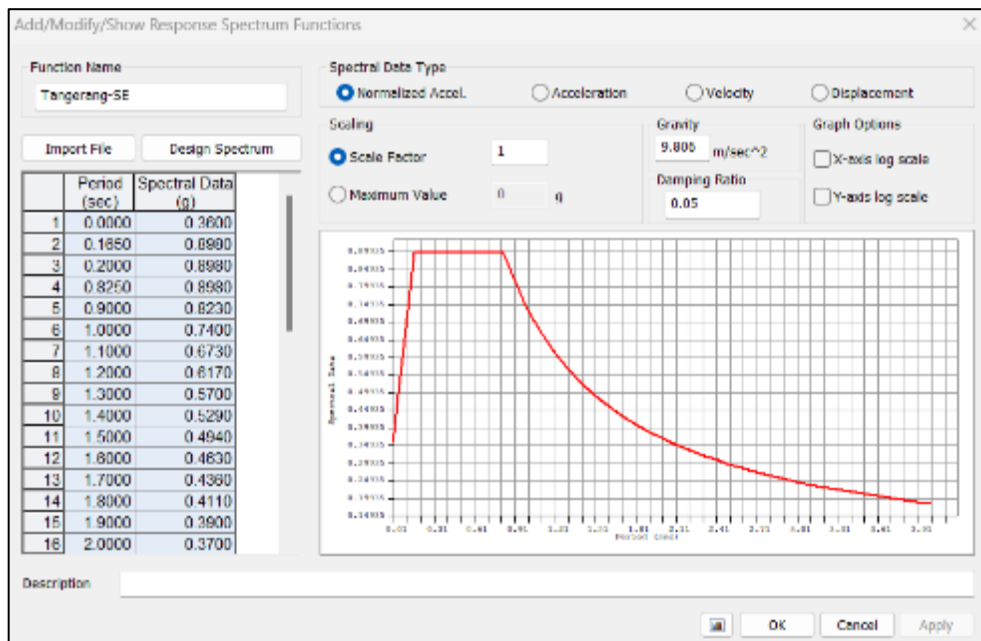
Sedangkan untuk beban truk, sesuai SNI 1725-2016 digunakan truk dengan berat total 500 kN. Untuk beban truk FBD diambil sebesar 30% sesuai SNI 1725-2016 pasal 8.6. Pengaplikasian beban truk pada model akan menggunakan fitur moving load dengan memasukkan truk, lane, kemudian mendefinisikannya pada load case, berikut pengaplikasian truk.



Gambar 3. Pemodelan beban lalu lintas

5) Beban gempa

Beban gempa digunakan respon spektra dengan mengambil data pada website <https://lini.binamarga.pu.go.id/>. Lokasi penelitian Kota Tangerang, dengan kelas situs SE (tanah lunak) berikut diagram respon spektra yang digunakan ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Input respon spektra

6) Beban angin

Lokasi penelitian berada pada lahan terbuka dengan tinggi freestanding tiang pancang 5m, sesuai SNI 1725-2016 pasal 9.6.

7) Beban rem

Sesuai SNI 1725-2016 pasal 8.7 besarnya gaya rem diambil yang terbesar dari:

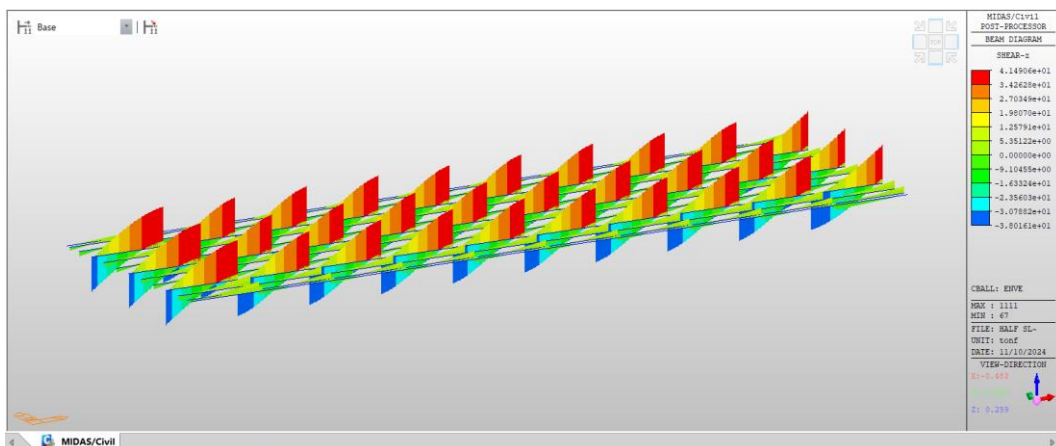
$$Tb1 = 25\% \times 500 \text{ kN} = 125 \text{ kN}$$

$$Tb2 = 5\% (500 + 5400) = 295 \text{ Kn}$$

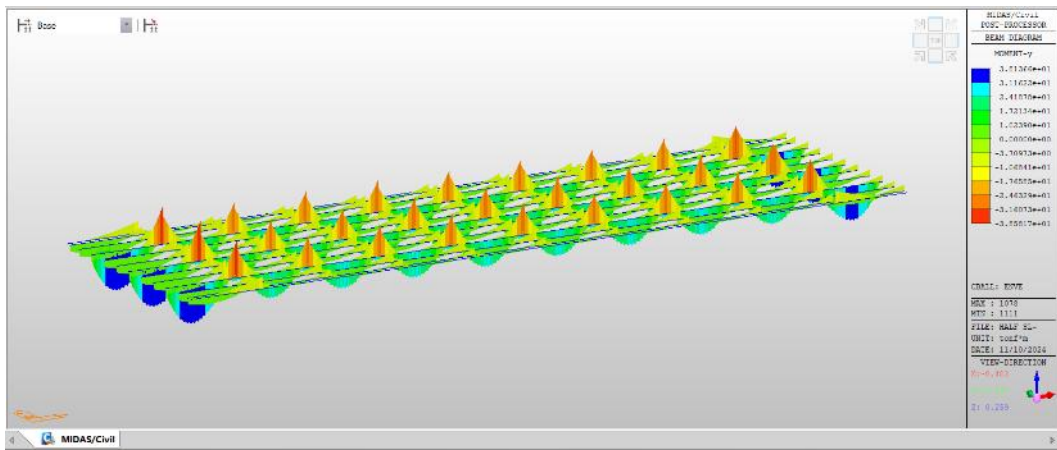
Sehingga dipakai 295 kN = 29,5 t

### 3.3 Analisa Teknis

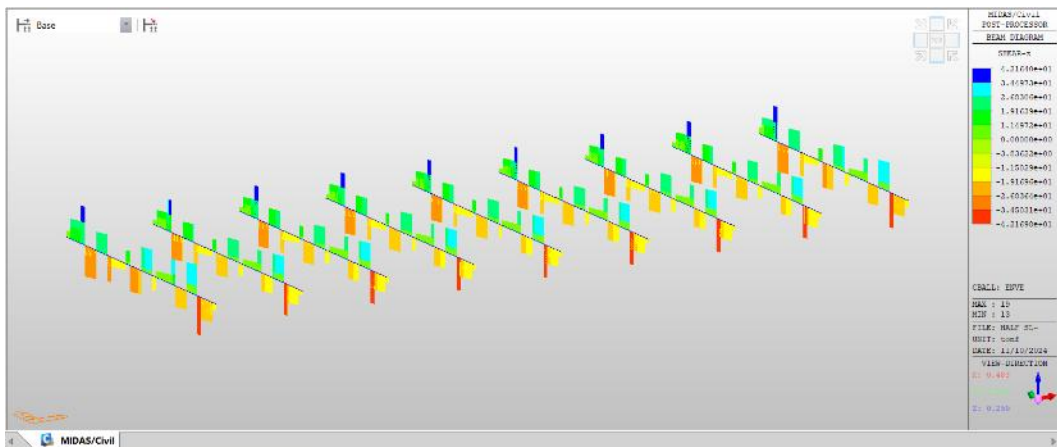
Pada kondisi service, berdasarkan hasil permodelan di MIDAS CIVIL didapat gaya dalam pileslab sebagai berikut:



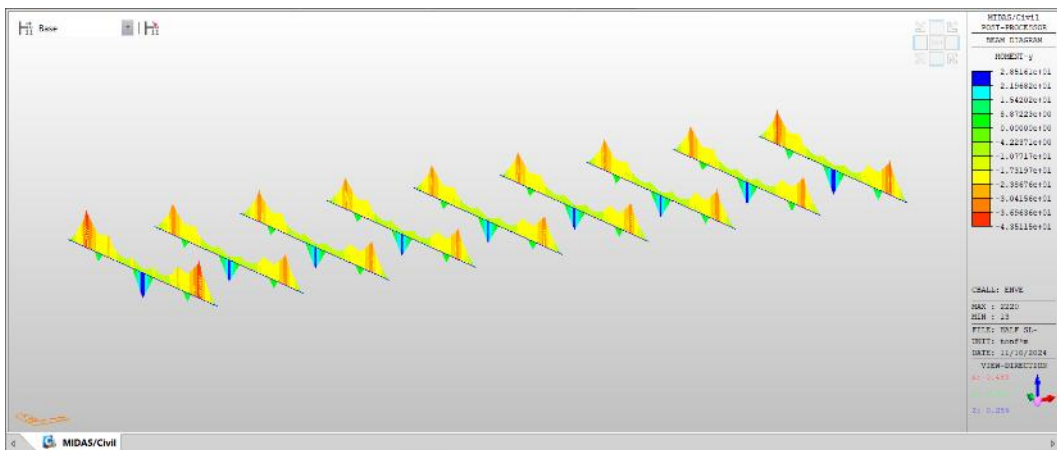
Gambar 5. Gaya geser ultimate slab



Gambar 6. Momen ultimate slab



Gambar 7. Gaya geser ultimate pilehead



Gambar 8. Momen ultimate pilehead

Dari gaya dalam yang dihasilkan dari pemodelan MIDAS CIVIL dilakukan perhitungan tulangan untuk mengetahui kebutuhan tulangan. Adapun perhitungan tulangan slab dijelaskan pada tabel dibawah ini:

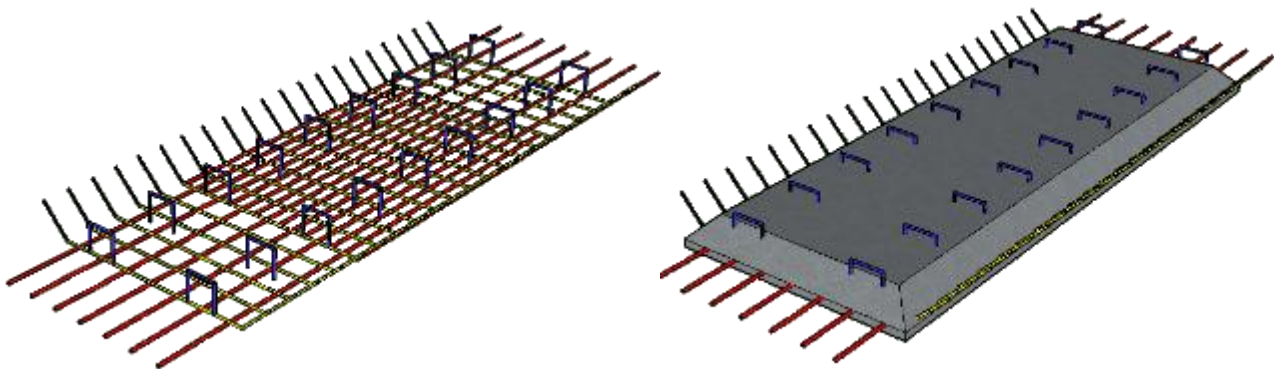
Perhitungan Tulangan Lentur Serat Bawah Arah Longitudinal		Perhitungan Tulangan Geser	
<b>Data Teknis Material Beton</b>	<b>As Perlu</b>	<b>Data Teknis Material Beton</b>	<b>Perhitungan Tulangan Geser</b>
K = 350	Rn = 3.427	K = 350	pw = 0.000
fc' = 29 MPa	pb = 0.029	fc' = 29 MPa	Vc 1 = 1,727.44 kN
Ec = 25332084 kN/m <sup>2</sup>	p = 0.009	Ec = 25332084 kN/m <sup>2</sup>	Vc 2 = 673.052 kN
ec = 0.003	pmin = 0.003	ec = 0.003	Vc = 673.052 kN
b1 = 0.850		b1 = 0.850	
<b>Data Teknis Material Tulangan</b>	As min = 1387.5 mm <sup>2</sup>	<b>Data Teknis Material Tulangan</b>	Av min = 595.24 mm <sup>2</sup>
fy = 420 MPa	As = 3,672.37 mm <sup>2</sup>	fy = 420 MPa	Av = 530.93 mm <sup>2</sup>
Es = 200000 MPa	As Perlu = 3,672.37 mm <sup>2</sup>	Es = 200000 MPa	Av pakai = 595.24 mm <sup>2</sup>
es = 0.0021		es = 0.0021	
<b>Faktor Reduksi</b>	a = 41.64 mm	<b>Faktor Reduksi</b>	Vs 1 = 138.75 kN
Lentur = 0.90		Lentur = 0.90	Vs 2 = 1,495.67 kN
Geser = 0.75	<b>As Tulangan</b>	Geser = 0.75	Vs = 138.750 kN
Torsi = 0.75	As1 = 4252.93 mm <sup>2</sup>	Torsi = 0.75	Vn = 811.80 kN
Spiral = 0.75	As2 = 0.00 mm <sup>2</sup>	<b>Dimensi Penampang</b>	
Sengkang = 0.75	As Total = 4252.93 mm <sup>2</sup>	Dimensi rencana	<b>Cek Kapasitas</b>
Tarik + Lentur = 0.90	n tulangan = 15.00 bh	b = 1500 mm	ΦVn = 608.85 kNm
<b>Dimensi Penampang</b>		h = 350 mm	ΦVn > Vu = OK
Dimensi rencana	<b>Jarak Tulangan Desain</b>	Tulangan rencana	<b>TULANGAN GESER PERLU</b>
Lebar, b = 1500 mm	Spasi = 100 mm	du = 19 mm	<b>D13-500</b>
Tinggi, h = 350 mm	<b>Cek Kapasitas</b>	ndu = 15.00 bh	
Tulangan	ΦMn = 412.64 kNm	ds = 13 mm	<b>Rasio kapasitas geser</b>
Du1 = 19 mm	ΦMn > Mu = OK	spasi = 500 mm	Vu/ΦVn = 0.892
Du2 = 0 mm	<b>Rasio kapasitas momen</b>	leg = 4 kaki	
ds = 13 mm	Mu/ΦMn = 0.863	dw = 0 mm	
p = 50 mm		ndw = 0 bh	
db = 72.5 mm		Selimit beton	
d = 277.5 mm		p = 50 mm	
<b>Gaya Dalam</b>		db = 72.5 mm	
Mu = 356.31 kNm		d = 277.5 mm	
		<b>Gaya Dalam</b>	
		Mu = 372.63 kNm	
		Vu = 543.37 kN	

Isian :
Konfigurasi Tulangan yang digunakan : D19-100

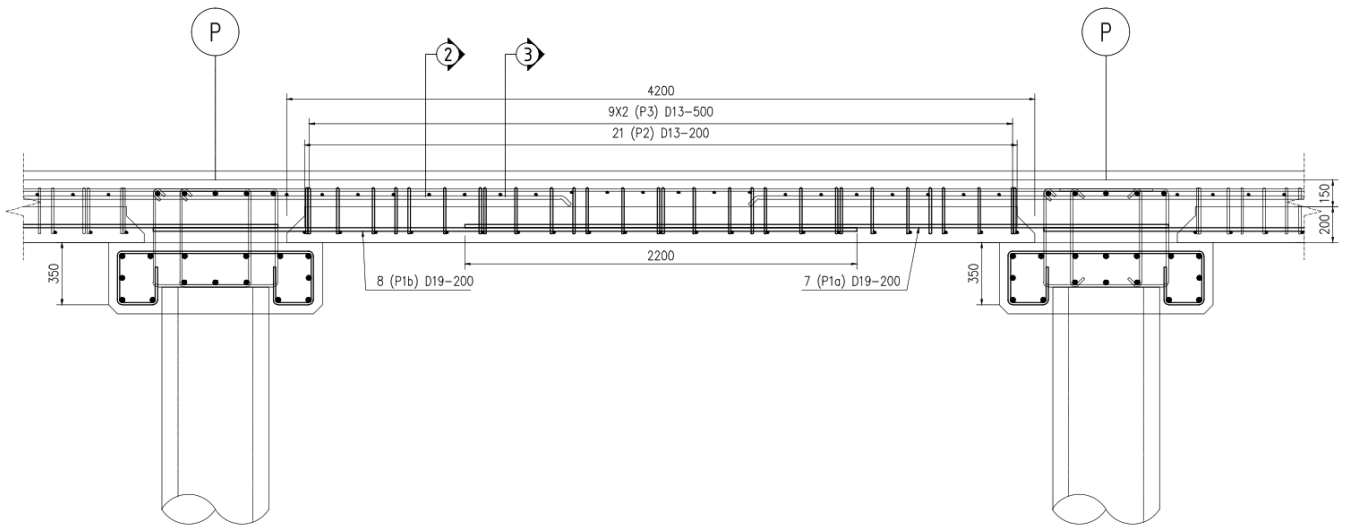
### 3.4 Visualisasi Penulangan

Untuk mempermudah pemahaman terhadap struktur half slab dan full slab dilakukan visualisasi 3D.

#### 1) Visualisasi panel halfslab

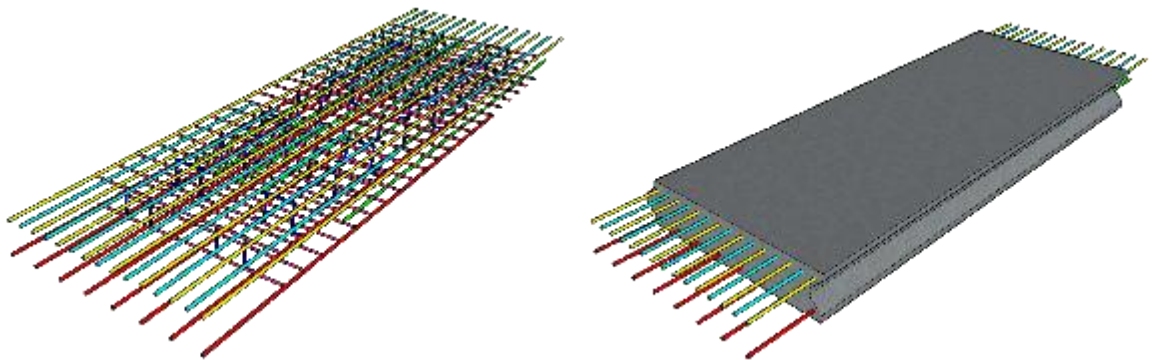


Gambar 9. Panel halfslab precast

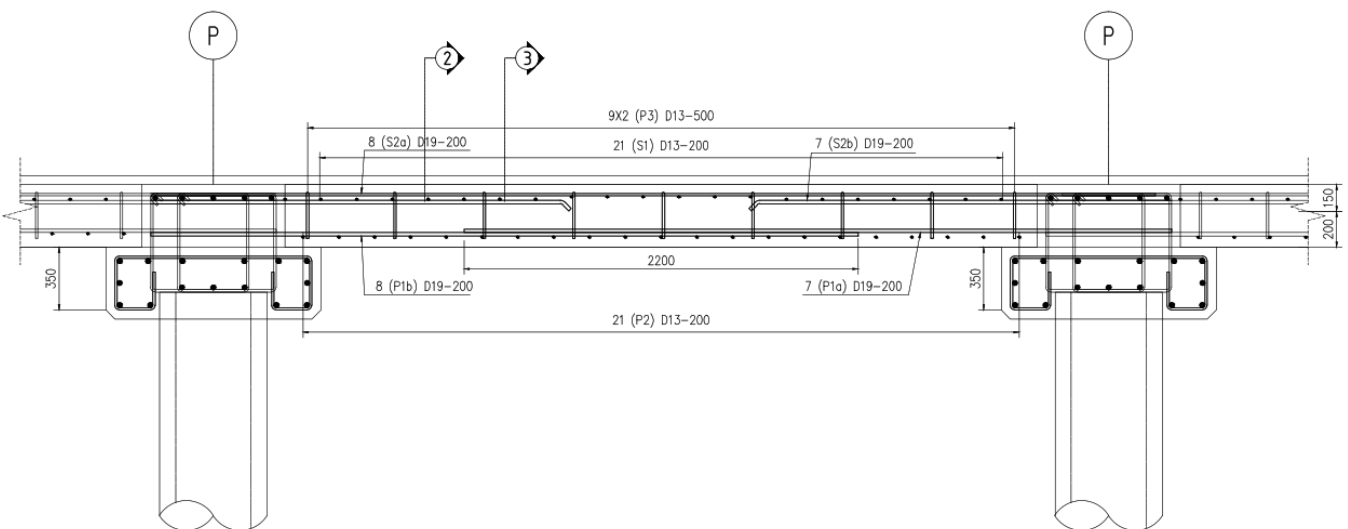


Gambar 10. Penulangan halfslab

2) Visualisasi panel fullslab



Gambar 11. Panel fullslab precast



Gambar 12. Penulangan fullslab

### 3.5 Perhitungan *Value Engineering*

Perhitungan *value engineering* dilakukan dengan membandingkan biaya konstruksi antara ketiga desain pileslab dengan sample panjang bentang pileslab 10m dan didapat sebagai berikut:

No	Item Pekerjaan	Sat	Cor Insitu		Halfslab		Fullslab	
			Volume	Jumlah Harga	Volume	Jumlah Harga	Volume	Jumlah Harga
1	Beton Struktur Kelas B-1-5	M3	67	118,549,476	67	118,549,476	67	118,549,476
2	Batang Baja Tulangan Ulir BJTD-40	Kg	13,352	169,431,913	11,372	144,306,810	11,223	142,414,375
3	Baja Prategang Tipe A (SWPR7B, T12.7)	Kg		-		-	99	5,343,581
	Total			287,981,389		262,856,286		266,307,432
	Persentase thd Cor Insitu					91.28%		92.47%

Dari perbandingan diatas struktur half slab merupakan struktur paling efisien. Hal tersebut dikarenakan pada struktur half slab menggunakan sistem plat satu arah sehingga untuk tulangan pembagi dapat di efisiensi.

## 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan *Value Engineering* tentang proyek Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg Seksi 1 dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Hasil analisis kinerja struktur atas slab on pile, antara lain:  
Besarnya momen maksimum lapangan slab 356,31 kNm  
Besarnya momen maksimum tumpuan slab 372,63 kNm  
Besarnya gaya geser maksimum slab 543,37 kN  
Besarnya momen maksimum lapangan pilehead 396,39 kNm  
Besarnya momen maksimum tumpuan pilehead 388,97 kNm  
Besarnya gaya geser maksimum pilehead 422,97 kN
- 2) Alternatif desain yang dapat diterapkan pada struktur slab on pile proyek pembangunan Jalan Tol Kamal – Teluknaga – Rajeg Seksi 1 yang bisa meminimalkan biaya tetapi tanpa mengurangi fungsi adalah struktur atas slab on pile dengan half slab precast.
- 3) Penerapan *value engineering* dengan metode half slab precast , terjadi penghematan biaya sekitar 8,72% dari metode cor insitu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berawi, M.A. 2013. Aplikasi *Value Engineering* pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung. Jakarta: UniversitasIndonesia..
- [2] Chandra, Suriana. 2014. *Maximizing Construction Project and Investment Budget Efficiency with Value Engineering*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [3] Dwi Atmawan, Farid. 2018. *Time And Cost Comparison Of Conventional And Alternative Plate Hollow Slab, Halfslab And Metaldeck*. Indonesia
- [4] SNI 1725:2016. Pembebanan untuk jembatan: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] SNI 2833:2016. Perencanaan jembatan terhadap beban gempa: Badan Standarisasi Nasional.
- [6] RSNI T-12-2004. Perencanaan struktur beton untuk jembatan: Badan Standarisasi Nasional.