



## Perencanaan jembatan beton prategang RSUD Temanggung dengan berbasis building information modeling (BIM) 3D, 4D, dan 5D

Dianya Puan Anandita<sup>a\*</sup>, Asri Nurdiana<sup>b</sup>, Bambang Setiabudi<sup>c</sup>

<sup>a\*, b, c</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Corresponding author:

Email:  
[puananditad12@gmail.com](mailto:puananditad12@gmail.com)

#### Article history:

Received : 20 July 2023  
Revised : 01 November 2023  
Accepted : 08 November 2023  
Publish : 03 December 2023

#### Keywords:

BIM, Bridge, Revit

*Building Information Modeling (BIM) technological innovations can assist in designing construction designs to be integrated with each other, so that the process can be more effective and efficient. This Building Information Modeling (BIM) technology can be applied to various construction works, including road and bridge construction work. In this study the authors will plan the construction work of a prestressed concrete bridge at Temanggung Hospital which includes bridge geometric planning, structural loading and reinforcement calculations, 3D modeling and calculation of concrete volume and reinforcement using Autodesk Revit, as well as designing a cost budget and time schedule using Microsoft Project. From the analysis. Based on the results of the analysis, obtained a 17,453-meter-long Full Circle bend plan with a 4% incline, the elevation of the bridge is 14,470 meters from the riverbed, the design of the bridge at the Temanggung Hospital is safe against work loads, the total cost needed in the construction of the Temanggung Hospital Bridge is Rp. 7,875,323,851, with a duration of work of 5 months starting from 1 August 2023 to 9 December 2023.*

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Pembangunan jalan jembatan merupakan sarana vital untuk meningkatkan produktifitas perindustrian dan perekonomian suatu daerah (Suprayitno, 2012). Pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan menjadi tumpuan utama dalam mobilisasi transportasi darat di Indonesia yang cenderung memiliki kondisi geografi daratan yang panjang (Suprayitno, 2012). Dalam manajemen proyek, perencanaan merupakan langkah awal untuk menentukan prosedur, metode kerja, anggaran, penjadwalan, dan hasil akhir proyek (Mahapatni, 2019). Menurut Santosa (2008) lingkup perencanaan proyek meliputi permodelan, perhitungan struktur, penentuan jadwal pekerjaan, anggaran, *work breakdown structure*, rencana pengendalian risiko, sumber daya, pengujian hasil proyek, dokumentasi, peninjauan pekerjaan, dan hasil proyek (Kelvin, 2022; Mahapatni, 2019).

*Building Information Modeling (BIM)* menjadi salah satu inovasi teknologi yang membantu dalam proses perencanaan konstruksi. *Building Information Modeling (BIM)* merupakan suatu sistem yang saling terintegrasi dalam perencanaan proyek yang nantinya proses pengambilan data-data pendukung dalam perencanaan proyek tersebut diperoleh melalui permodelan tiga dimensinya (Kelvin, 2022).

*Autodesk Revit* merupakan salah satu *software* berbasis BIM yang dapat digunakan sebagai media dalam pembuatan desain, dokumentasi, penjadwalan, operasional, dan perawatan bangunan atau infrastruktur (Autodesk Revit, n.d.). Kelebihan dari penggunaan *Autodesk Revit* dengan *software* lainnya, yakni *Revit* dapat menyimpan banyak informasi dari suatu struktur bangunan dalam satu *file*

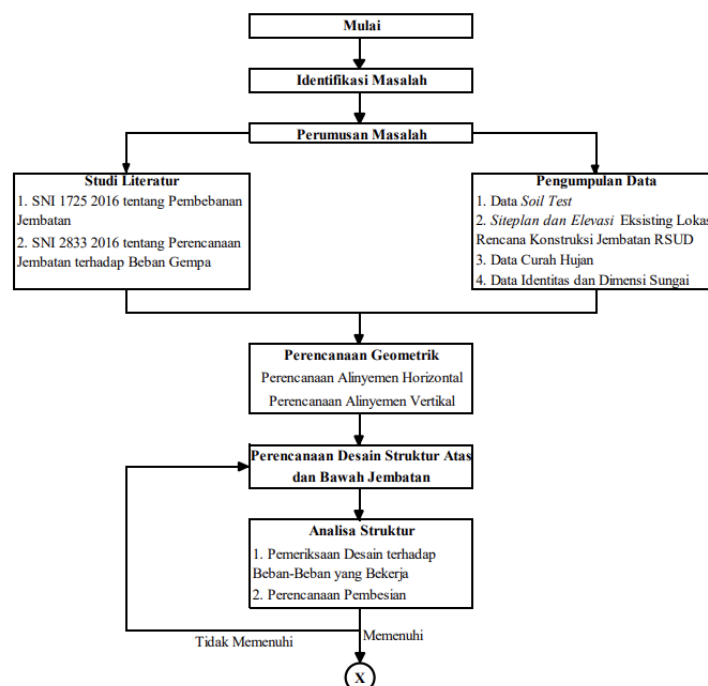
(Kelvin, 2022). Hal tersebut dapat dilihat ketika sedang mendesain model 3D di *Revit* dan salah satu bagian struktural atau arsitektural tersebut diklik, maka akan muncul data identitas dari struktur tersebut seperti tingkat konstruksi (*level*), tebal selimut beton (*rebar cover*), elevasi, produsen (*manufacturer*), biaya (*cost*), deskripsi (*description*) dan material. Adanya fitur-fitur tersebut dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam manajemen proyek konstruksi, terutama ketika terjadi perubahan desain hingga pada perhitungan volume material yang lebih akurat untuk merencanakan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) (Kelvin, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Huzaini (2021), diperoleh hasil bahwasannya perancangan RAB yang dibantu menggunakan *Autodesk Revit* menghasilkan total biaya 5,75% lebih murah dibandingkan dengan perhitungan RAB dengan metode konvensional. Hal tersebut dikarenakan perhitungan volume material dengan *Autodesk Revit* dapat dilakukan secara akurat, sehingga dapat menekan *waste material* yang dapat meningkatkan total biaya konstruksi (Huzaini, 2021).

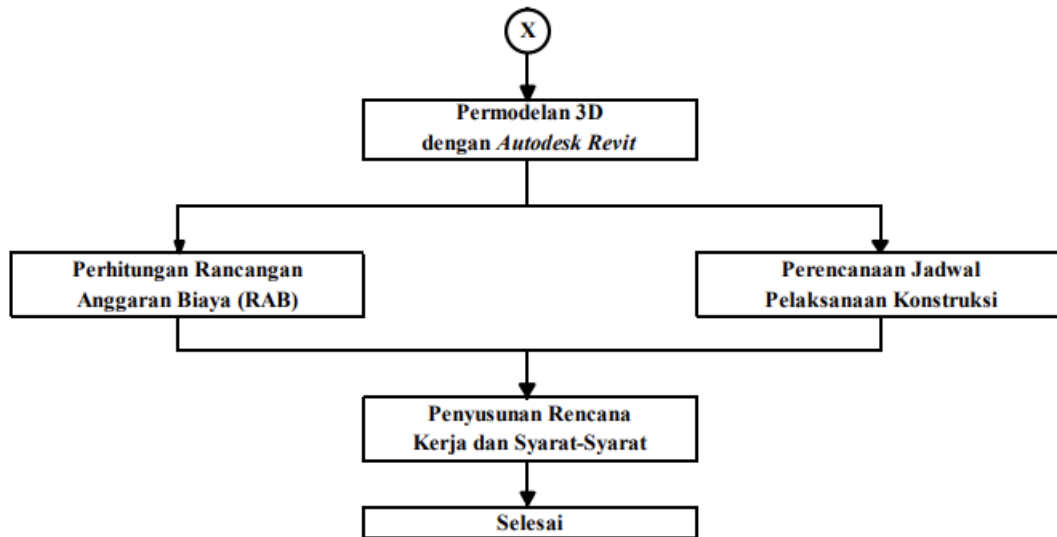
Sayangnya *Revit Autodesk* hingga kini belum mampu menghitung upah dan kebutuhan pekerja sesuai dengan durasi pekerjaan konstruksi, namun untuk menyempurnakannya terdapat *software Microsoft Project* yang mampu menghitung total biaya konstruksi berdasarkan akumulasi biaya materil, upah pekerja, dan penyewaan alat sesuai dengan jadwal pekerjaan konstruksi yang telah direncanakan (Negara et al., 2015). Dengan *Microsoft Project* maka perencanaan biaya dan waktu dapat dilakukan pada satu *software* yang mana antara perencanaan biaya dan waktu tersebut nantinya dapat saling terintegrasi satu sama lain dan menghasilkan perencanaan yang lebih akurat

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan melakukan perencanaan pekerjaan konstruksi jembatan beton prategang RSUD Temanggung yang meliputi perencanaan geometrik jembatan, analisa struktur, permodelan 3D serta perhitungan volume beton dan pembesian menggunakan *Autodesk Revit*, serta perancangan anggaran biaya dan *time schedule* menggunakan *Microsoft Project*.

## 2. Data dan metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini yakni dimulai dari pengidentifikasian masalah, perumusan masalah, pengumpulan studi literatur meliputi SNI 1725 2016 dan SNI 2833 2016, pengumpulan data meliputi data hasil pengujian tanah, *siteplan* lokasi rencana konstruksi, dan elevasi eksisting lokasi rencana konstruksi, perencanaan geometrik meliputi perencanaan alinyemen horizontal dan vertikal, perencanaan desain struktur atas dan bawah jembatan, analisa struktur, apermodelan 3D, perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), perencanaan jadwal konstruksi, dan penyusunan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS). Adapun bagan alir ditunjukkan pada Gambar 1.





**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Perencanaan Jembatan RSUD Temanggung

### 3. Hasil dan pembahasan

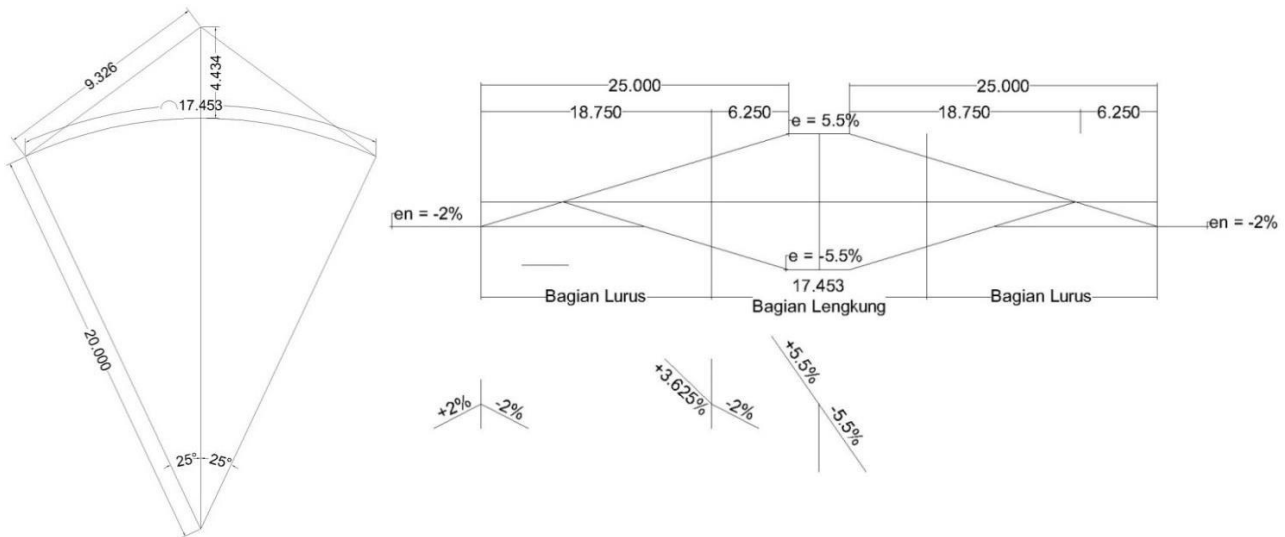
#### 3.1. Perencanaan alinyemen horizontal jalan

Perencanaan alinyemen horizontal jalan meliputi perencanaan tikungan jalan sesuai dengan kaidah-kaidah perhitungannya. Tipe tikungan yang direncanakan pada penelitian ini ialah tikungan dengan tipe *Full Circle (FC)*. Adapun parameter perencanaan tikungan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Perencanaan Tikungan Tipe *Full Circle*

Parameter perencanaan tikungan	Nilai
Klasifikasi jalan	Lingkungan Sekunder
Sudut Tikungan ( $\theta$ )	$50^0$
Kecepatan Rencana ( $V_r$ )	20 km/jam
Superelevasi Maksimum ( $e_{maks}$ )	6%
Superelevasi Minimum ( $e_{min}$ )	2%
Superelevasi Rencana ( $e$ )	5.5%
Koefisien Gesek Maksimum ( $f_{maks}$ )	0.179
Jari-Jari Minimum Tikungan ( $R_{min}$ )	13.18 meter
Jari-Jari Tikungan Rencana ( $R_c$ )	20 meter
Panjang Minimum Lengkung Peralihan Fiktif ( $L_{smin}$ )	25 meter
Koefisien Gesek ( $f$ )	0.102 ( $f < f_{maks}$ , maka OK)
Sudut pada Lengkung Lingkaran ( $\theta_c$ )	$25^0$
Panjang Busur Lingkaran ( $L_c$ )	17.453 meter
Jarak Lengkung Lingkaran ke <i>Point Intersection</i> ( $E_c$ )	4.434 meter
<i>Tangent Circle</i> ( $T_c$ )	9.326 meter

Setelah merencanakan dan menghitung keseluruhan parameter perencanaan tikungan, selanjutnya dilakukan penggambaran tikungan dan diagram superelevasi. Adapun lengkung horizontal ditunjukkan pada Gambar 2.

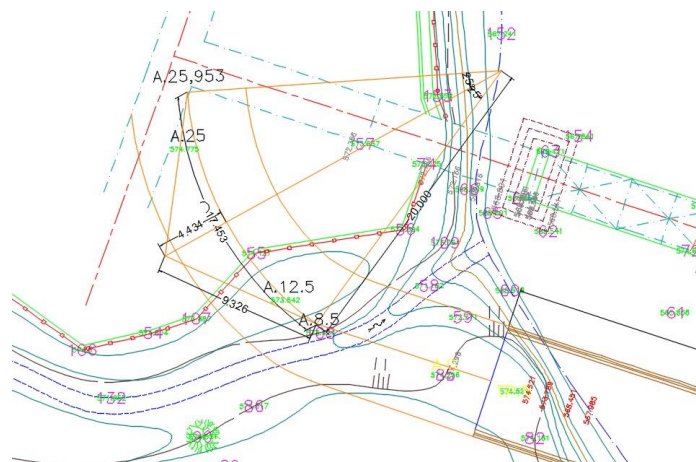


**Gambar 2.** Lengkung Horizontal Tikungan (Kiri) dan Diagram Superelevasi Tikungan (Kanan)

Gambar 2 hasil perencanaan tikungan tersebut, selanjutnya dapat ditentukan titik *stationing* tikungan dan *plot* hasil gambar tikungan ke dalam *siteplan* lokasi konstruksi Jembatan RSUD Temanggung sesuai dengan titik STA yang telah direncanakan. Adapun hasil analisis penentuan titik koordinat STA ditunjukkan pada Tabel 2 dan ditunjukkan pada Gambar 3.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Penentuan Titik Koordinat STA Tikungan

Titik STA	Koordinat STA
STA A	STA 0+8.5
STA TC	STA 0+8.5
STA CT	STA 0+25.953
STA B	STA 0+25.953



**Gambar 3.** Siteplan Titik Koordinat Tikungan

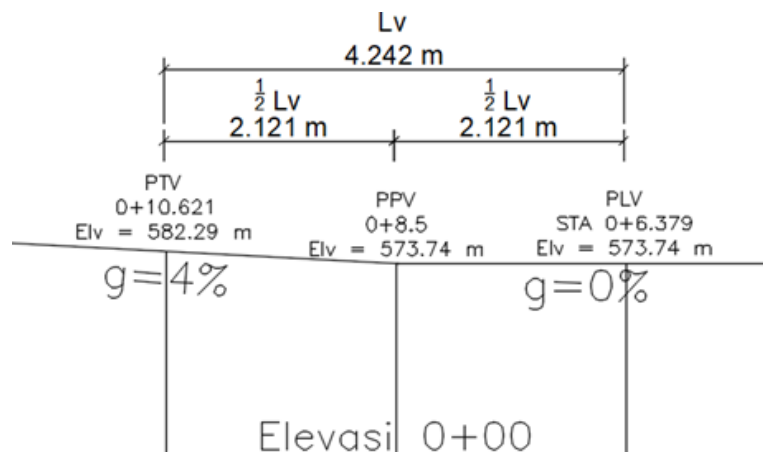
### 3.2. Perencanaan alinyemen vertikal jalan

Perencanaan alinyemen vertikal jalan meliputi perencanaan potongan melintang tikungan jalan, yakni meliputi perencanaan elevasi tikungan jalan yang telah direncanakan pada perencanaan alinyemen

horizontal sesuai dengan kaidah-kaidah perencanaannya. Adapun parameter alinyemen vertikal tikungan ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter perencanaan alinyemen vertikal tikungan jalan

Parameter Perencanaan	Nilai
Kemiringan Jalan 1 (g1)	0%
Kemiringan Jalan 2 (g2)	4%
Selisih Kemiringan Jalan (A)	4%
Kecepatan Rencana (Vr)	20 km/jam
Jarak Pandang Henti Minimum (Jhmin)	16 meter
Jarak Pandang Mendahului (Jd)	100 meter
Panjang Lengkung Vertikal (Lv)	4.242 meter
Elevasi (Ev)	0.021 meter
STA PPV	0+8.5
Elevasi PPV	573.74 meter
STA PLV	0+6.379
Elevasi PLV	573.74 meter
STA PTV	0+10.621
Elevasi PTV	582.29 meter



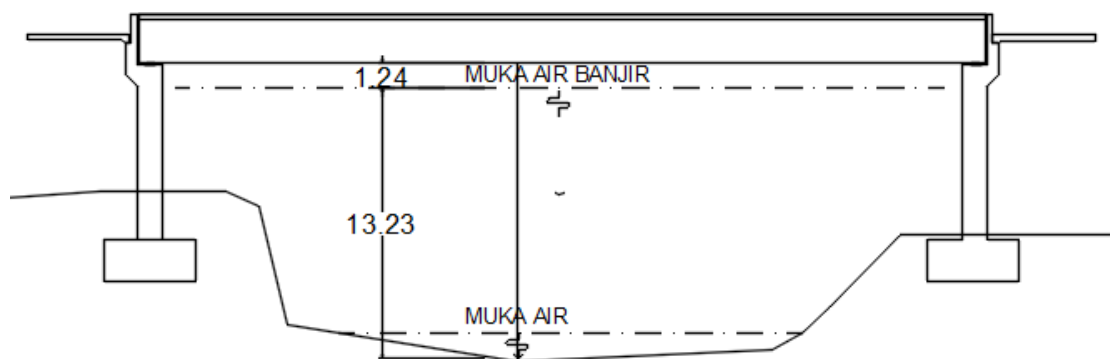
**Gambar 4.** Alinyemen Vertikal Tikungan

### 3.3. Perencanaan alinyemen vertikal jembatan

Perencanaan alinyemen vertikal dapat dilakukan dengan memprediksikan curah hujan di lokasi konstruksi jembatan, debit air banjir, dan tinggi muka air banjir pada sungai yang berada dibawah jembatan. Setelah keseluruhan aspek tersebut diperhitungkan, selanjutnya dapat direncanakan elevasi jembatan dengan syarat minimum freeway satu meter diatas tinggi muka air banjir. Adapun hasil perencanaan alinyemen vertikal jembatan ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

**Tabel 4.** Hasil perencanaan alinyemen vertikal jembatan

Parameter perencanaan	Nilai
Curah Hujan pada Periode 50 Tahun (R50)	716.406 mm
Debit Banjir Periode 50 Tahun (Q50)	3878.487 m <sup>3</sup> /detik
Tinggi Muka Air Banjir Periode 50 Tahun (h50)	13.229 meter
Tinggi Freeway Rencana (hf)	1.241 meter
Elevasi Jembatan dari Dasar Sungai (hf + h50)	14.470 meter



**Gambar 5.** Topografi alinyemen vertikal jembatan

### 3.4. Analisis struktur

Struktur jembatan dibagi menjadi dua bagian, yakni struktur atas yang terdiri dari parapet, plat lantai, plat kantilever, plat dek, diafragma, PCI Girder, *bearing pad*, dan plat injak, serta struktur bawah yang terdiri dari abutment atau kepala jembatan.

#### 1) Parapet

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi parapet yang dijelaskan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Rencana desain dan spesifikasi mutu parapet

Parameter	Nilai
Mutu Beton ( $f_c'$ )	25 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Tebal Selimut Beton ( $s$ )	30 mm
Tinggi Parapet ( $h$ )	150 mm
Tinggi Efektif Parapet ( $h_{ef}$ )	120 mm
Lebar Parapet ( $b$ )	1000 mm
Berat Jenis Beton	25 kN/m <sup>3</sup>

Setelah itu dapat diperhitungkan beban ultimit yang bekerja pada parapet sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Beban dan momen yang bekerja pada parapet

No	Jenis Beban	Beban(kN)	Faktor beban ultimit (SNI 1725-2016)	Beban ultimit (kN)	Momen ultimit (kNm)
1	Parapet	10.527	1.3	13.685	4.432
2	Tumbukan	15	1	15	8.25
Jumlah				26.685	12.682

Selanjutnya dapat direncanakan tulangan parapet sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Perencanaan tulangan parapet

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan Lentur	Tulangan Bagi
1	Mn	15.853 kNm	15.853 kNm
2	Rn	1.101 N/mm <sup>2</sup>	1.101 N/mm <sup>2</sup>
3	$\rho_b$	0.027	0.027
4	$\rho_{min}$	0.004	0.004
5	$\rho_{max}$	0.020	0.020
6	m	18.824	18.824
7	$\rho$	0.003	0.003
8	As MinimumTulangan	420 mm <sup>2</sup>	210 mm <sup>2</sup>
9	Tulangan Rencana	D12-200	2D12
10	As TulanganRencana	565 mm <sup>2</sup>	226 mm <sup>2</sup>

## 2) Plat Lantai

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi plat lantai yang dijelaskan dalam Tabel 8.

**Tabel 8.** Rencana Desain dan Spesifikasi Mutu Plat Lantai

Parameter	Nilai
Mutu Beton ( $f_c'$ )	25 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Tebal Selimut Beton (s)	30 mm
Tebal Plat (h)	250 mm
Tebal Efektif Plat ( $h_{ef}$ )	220 mm
Lebar Plat (b)	5550 mm
Tebal Aspal (haspal)	50 mm
Tebal Air Hujan ( $h_{hujan}$ )	50 mm

Setelah itu dapat diperhitungkan beban mati ultimit yang bekerja pada plat lantai sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 9.

**Tabel 9.** Beban Mati dan Momen yang Bekerja pada Plat Lantai

No	Jenis Beban	Tebal (m)	Berat Jenis	Faktor beban ultimit	Beban Ultimit (Kn)
1	Plat Lantai	0.25	25	1.3	8.125
2	Aspal	0.05	22	2	2.200
3	Air Hujan	0.05	0.99	2	0.099
Jumlah					10.424
$M_{qx} = 1/10 \times q_u \times L^2$					32.109 kNm
$M_{qx} = 1/30 \times q_u \times L^2$					10.703 kNm

Selain beban mati perlu diperhitungkan juga beban hidup yang bekerja, yakni beban truk sebagaimana dijelaskan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Analisis Beban Hidup Akibat Beban Truk

No	Parameter	Rumus
1	Beban Kritis Roda Truk (PTT)	112.5 kN
2	Faktor beban untuk jenis struktur gelagar beton	1.8
3	Faktor beban dinamis untuk jembatan bentang 40 m	40%
4	Beban Truk (PuTRUCK)	283.5 kN

Selanjutnya dapat dihitung momen ultimit plat lantai menggunakan tabel bittner sebagaimana dijelaskan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Analisis Beban Hidup Akibat Beban Truk

No	Parameter	Rumus	Nilai
1	ty	$250 + (2 \times \text{haspal}) + \text{hplat}$	600 mm
2	tx	$750 + (2 \times \text{haspal}) + \text{hplat}$	1100 mm
3	Lx		5550 mm
4	Ly		$\infty$
5	tx/Lx		0.2
6	ty/Ly		0.1
7	fxm	Berdasarkan Tabel Bittner	0.2237
8	Mhx	$\text{fxm} \times \text{Pu} \times \text{tx} \times \text{ty}$	41.857 kNm
9	fym	Berdasarkan Tabel Bittner	0.1739
10	Mhy	$\text{fxm} \times \text{Pu} \times \text{tx} \times \text{ty}$	32.538 kNm
11	Mux	$\text{Mqx} + \text{Mhx}$	73.965 kNm
12	Muy	$\text{Mqy} + \text{Mhy}$	43.241 kNm

Selanjutnya dapat direncanakan tulangan pada plat lantai sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 12.

**Tabel 12.** Perencanaan Tulangan Plat Lantai

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
1	Mn	92.456 kNm	54.052 kNm
2	Rn	1.910 N/mm <sup>2</sup>	1.117 N/mm <sup>2</sup>
3	$\rho_b$	0.027	0.027
4	$\rho_{\min}$	0.004	0.004 (dipakai)
5	$\rho_{\max}$	0.020	0.020
6	m	18.824	18.824
7	$\rho$	0.005 (dipakai)	0.003
8	As Minimum Tulangan	1102.655 mm <sup>2</sup>	770mm <sup>2</sup>
9	Tulangan Rencana	D19-200	D16-200
10	As Tulangan Rencana	1418 mm <sup>2</sup>	1005 mm <sup>2</sup>



## 3) Plat Kantilever

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi plat kantilever yang dijelaskan dalam Tabel 13.

**Tabel 13.** Rencana Desain dan Spesifikasi Mutu Plat Kantilever

Parameter	Nilai
Mutu Beton ( $f_c'$ )	25 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Parameter	Nilai
Tebal Selimut Beton ( $s$ )	30 mm
Tebal Plat ( $h$ )	250 mm
Tebal Efektif Plat ( $h_{ef}$ )	220 mm
Lebar Plat ( $b$ )	925 mm
Tebal Aspal (haspal)	50 mm
Tebal Air Hujan (hhujan)	50 mm

Setelah itu dapat diperhitungkan beban mati ultimit yang bekerja pada plat kantilever sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 14.

**Tabel 14.** Beban dan Momen yang Bekerja pada Plat Kantilever

Beban (kN)	Tebal (m)	Berat Jenis ( $\text{kN/m}^3$ )	Faktor Beban (SNI 1725 2016)	Beban Ultimit (kN/m)
Beban Mati Merata				
Plat Lantai	0.25	25	1.3	8.125
Aspal	1.418	22	2	2.2
Air Hujan	0.05	0.99	2	0.099
			qu total =	10.424
			Mu =	4.460 kNm
Beban Mati Terpusat				
Parapet			1.3	17.791
			qu total =	17.791
			Mu =	16.457 kNm
			$\Sigma Mu =$	20.916 kNm

Selanjutnya dapat direncanakan tulangan pada plat kantilever sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 15

**Tabel 15.** Perencanaan Tulangan Plat Kantilever

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan Lentur	Tulangan Bagi
1	Mn	26.145 kNm	26.145 kNm
2	Rn	0.54 $\text{N/mm}^2$	0.54 $\text{N/mm}^2$
3	$\rho_b$	0.027	0.027
4	$\rho_{\min}$	0.004 (dipakai)	0.004 (dipakai)
5	$\rho_{\max}$	0.020	0.020
6	m	18.824	18.824
7	$\rho$	0.001	0.001
8	As Minimum Tulangan	770 $\text{mm}^2$	385 $\text{mm}^2$
9	Tulangan Rencana	D19-200	D16-200
10	As Tulangan Rencana	1418 $\text{mm}^2$	1005 $\text{mm}^2$

## 4) Plat Dek

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi plat dek yang dijelaskan dalam Tabel 16.

**Tabel 16.** Rencana Desain dan Spesifikasi Mutu Plat Dek

Parameter	Nilai
Mutu Beton ( $f_c'$ )	25 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Tebal Selimut Beton ( $s$ )	30 mm
Tebal Plat Dek ( $h$ )	70 mm
Tinggi Plat Dek Efektif ( $h_{ef}$ )	40 mm
Lebar Plat Dek ( $b$ )	1200 mm

Setelah itu dapat diperhitungkan beban mati ultimit yang bekerja pada plat dek sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 17.

**Tabel 17.** Beban dan Momen yang Bekerja pada Plat Dek

Beban (kN)	Tebal (m)	Berat Jenis ( $kN/m^3$ )	Faktor Beban (SNI 1725 2016)	Beban Ultimit (kN)
Orang				1
Plat Lantai	0.25	25	1.3	8.125
Air Hujan	0.05	0.99	2	0.485
Plat Deck	0.07	25	1.3	2.275
			$q_u$ total	11.885
			$M_u$ (kNm)	1.486

Selanjutnya dapat direncanakan tulangan pada plat dek sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 18.

**Tabel 18.** Perencanaan Tulangan Plat Dek

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan Lentur	Tulangan Bagi
1	$M_n$	1.857 kNm	3.014
2	$R_n$	1.161 $N/mm^2$	0.006
3	$\rho_b$	0.027	0.027
4	$\rho_{min}$	0.0035 (dipakai)	0.004
5	$\rho_{max}$	0.0203	0.020
6	$m$	18.824	18.824
7	$\rho$	0.0030	0.00001
8	As Minimum Tulangan	140 $mm^2$	70 $mm^2$
9	Tulangan Rencana	D8-300	D6-300
10	As Tulangan Rencana	168 $mm^2$	94 $mm^2$

## 5) Diafragma

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi plat kantilever yang dijelaskan dalam Tabel 19.

**Tabel 19.** Rencana Desain dan Spesifikasi Mutu Diafragma

Parameter	Nilai
Mutu Beton ( $f_c'$ )	25 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Tebal Selimut Beton ( $s$ )	30 mm
Tinggi Diafragma ( $h$ )	1645 mm
Tinggi Efektif Diafragma ( $h_{ef}$ )	1615 mm
Tebal Diafragma ( $t$ )	200 mm

Pada diafragma yang bekerja hanyalah beban diafragma itu sendiri, hal ini dikarenakan diafragma tidak memangku beban apapun selain beban struktur diafragma itu sendiri. Perhitungan beban struktur diafragma dijelaskan sebagai berikut

$$Q_{\text{DIAFRAGMA}} = 1.2 \times h \times t \times B_{\text{BETON}} = 1.2 \times 1.645 \times 0.2 \times 25 = 10.724 \text{ kN/m}$$

$$Mu = 1/12 \times Q_{\text{Diafragma}} \times l^2 = 1/12 \times 9.87 \times 1.650^2 = 2.433 \text{ kN/m}$$

Selanjutnya dapat direncanakan tulangan pada diafragma sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 20.

**Tabel 20.** Perencanaan Tulangan Diafragma

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan Lentur	Tulangan Bagi
1	Mn	3.014 kNm	3.014 kNm
2	Rn	0.006 N/mm <sup>2</sup>	0.006 N/mm <sup>2</sup>
3	$\rho_b$	0.027	0.027
4	$\rho_{\text{min}}$	0.004 (dipakai)	0.004
5	$\rho_{\text{max}}$	0.020	0.020
6	m	18.824	18.824
7	$\rho$	0.00001	0.00001
8	As Minimum Tulangan	1130.5 mm <sup>2</sup>	5565.25 mm <sup>2</sup>
9	Tulangan Rencana	8D16	4D13
10	As Tulangan Rencana	1608 mm <sup>2</sup>	679 mm <sup>2</sup>

**Tabel 6.** Analisis Biaya 2,5% Serat Fiber, 2,5% Serat Bambu, 2,5% Bubur Kertas Semen

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Gypsum	0,185	Kg	Rp. 5.000,00	Rp. 925,00
Serat Fiber	0,005	kg	Rp. 20.000,00	Rp. 100,00
Serat Bambu	0,005	Kg	-	-
Bubur Kertas Semen	0,005	kg	-	-
Air	100	ml	-	-
Alat (10%)				Rp. 171,00
Upah (30%)				Rp. 512,00
Total				Rp. 1.708,00

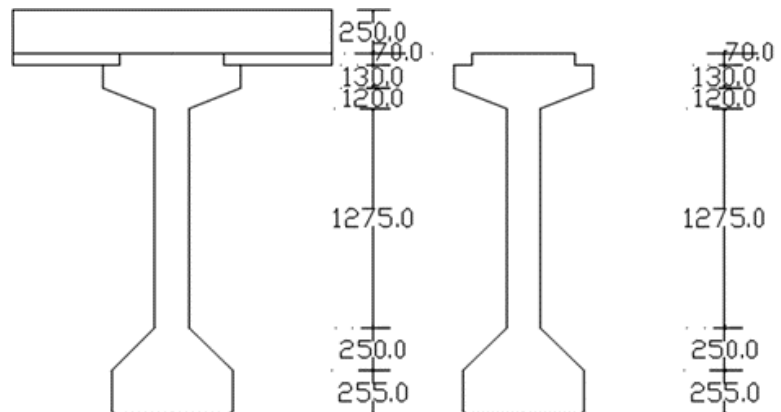
## 6) PCI Girder

Dalam melakukan analisa struktural, terlebih dahulu direncanakan spesifikasi mutu dan dimensi plat kantilever yang dijelaskan dalam Tabel 21.

**Tabel 21.** Rencana Desain dan Spesifikasi Mutu PCI Girder

Parameter	Nilai
Mutu Beton Gelagar 28 Hari ( $f_c'$ )	50 MPa
Mutu Beton Gelagar <i>Stressing</i> ( $f_c'$ )	40 MPa
Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ )	400 MPa
Tebal Selimut Beton ( $s$ )	30 mm
Tinggi Girder ( $h$ )	2100 mm
Jarak Antar Girder ( $hef$ )	1850 mm
Lebar Girder ( $b$ )	700 mm

Spesifikasi gelagar prategang yang digunakan mengacu pada spesifikasi gelagar hasil produksi PT. Wijaya Karya Beton. Penampang balok prategang harus dianalisis dalam dua kondisi, yakni dalam kondisi non-komposit (tanpa plat) dan kondisi komposit (dengan plat). Hasil analisa penampang balok prategang non-komposit, yakni dijelaskan pada Gambar 6 dan Tabel 22.



**Gambar 6.** Gambar PCI Girder dalam Keadaan Komposit (Kanan) dan Non-Komposit (Kiri)

**Tabel 22.** Properties Gelagar Komposit dan Non-Komposit

No	Parameter	Nilai	
		Komposit	Non-Komposit
1	Luas Penampang Gelagar ( $A_g$ )	0.752 m <sup>2</sup>	1.215 m <sup>2</sup>
2	Momen Inersia ( $I_x$ )	0.411 m <sup>4</sup>	0.413 m <sup>4</sup>
3	Jarat titik berat dari sisi bawah gelagar ( $y_b$ )	1.014 m	1.014 m
4	Jarat titik berat dari sisi atas gelagar ( $y_a$ )	1.086 m	1.336 m
5	Modulus penampang gelagar sisi atas ( $S_a$ )	0.37840 m <sup>3</sup>	0.504 m <sup>3</sup>
6	Modulus penampang gelagar sisi bawah ( $S_b$ )	0.40512 m <sup>3</sup>	0.664 m <sup>3</sup>

Setelah melakukan analisa pada masing-masing kondisi gelagar, selanjutnya identifikasi beban-beban yang bekerja pada gelagar dan perhitungkan beban, momen, dan gaya geser pada masing-masing beban tersebut. beban-beban yang bekerja pada gelagar dibagi menjadi beban mati akibat struktur, beban mati tambahan, dan beban hidup yang dijelaskan dalam Tabel 23, Tabel 24, dan Tabel 25.

**Tabel 23.** Beban Mati Akibat Struktur yang Bekerja pada Gelagar

No	Jenis Beban	Berat Jenis	Qs (kN)	Ms (kNm)	vs (Kn)
1	Plat Lantai	25	11.563	2489.189	239.922
2	Plat Deck	25	2.100	452.091	43.575
3	Diafragma	25	21.999	4736.058	456.488
4	Gelagar	25	18.808	4048.902	390.256
	Jumlah		54.469	11726.240	1130.240

**Tabel 24.** Beban Mati Tambahan yang Bekerja pada Gelagar

No	Jenis Beban	Berat Jenis	qA (kN)	MA (kNm)	vu (Kn)
1	Aspal	22	2.035	438.097	42.226
2	Air Hujan	9.8	0.907	195.152	18.810
	Jumlah		2.942	633.250	61.036

**Tabel 25.** Beban hidup yang bekerja pada gelagar

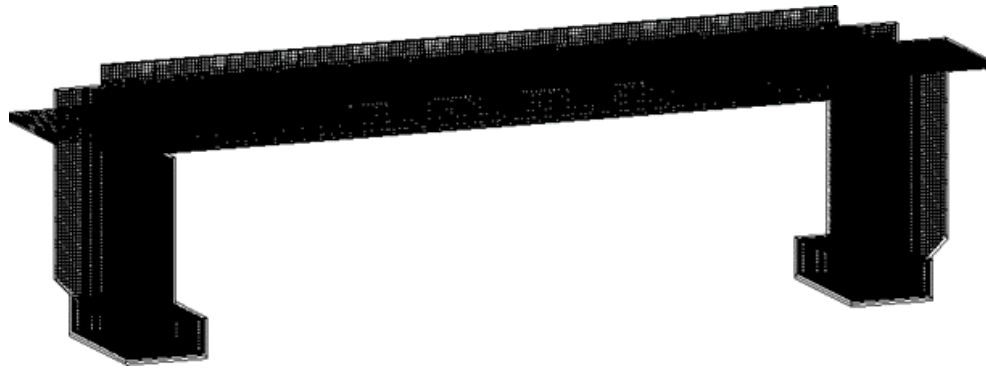
No	Jenis Beban	Q (kN)	Mu (kNm)	vu (Kn)
1	BTR	14.343	3087.79	297.62
2	BGT	37.26	386.57	26.08
3	Truk "T"		73.965	
4	Rem		44.58	
	Total	0.926	199.29	19.21

### 3.5. Pemodelan 3D

Item struktural yang dimodelkan secara tiga dimensi pada *Revit Autodesk*, meliputi struktur beton pada jembatan dan pembesannya. Berikut hasil permodelan 3D struktur beton dan pembesian Jembatan RSUD Temanggung ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Permodelan 3D Struktur Beton Jembatan RSUD Temanggung



**Gambar 8.** Permodelan 3D Pembesian Jembatan RSUD Temanggung

Dari hasil permodelan, diperoleh *Material Take Off* berupa volume beton dan tulangan secara otomatis oleh *Autodesk Revit* berdasarkan permodelan 3D tersebut. Nantinya hasil perhitungan *Material Take Off* tersebut akan digunakan untuk menghitung Rancangan Anggaran Biaya. Berikut hasil *Material Take Off* yang dihasilkan oleh *Revit Autodesk* ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10

<Material Takeoff>						
A	B	C	D	E	F	G
Family	Material Name	Material Volume	Qty	Total Volume	Material Area	Total Material Area
Floor	Asphalt Concrete	13.484 m <sup>3</sup>	1	13.484 m <sup>3</sup>	269.68	269.68 m <sup>2</sup>
Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC): 1			1	13.484 m <sup>3</sup>		269.68 m <sup>2</sup>
Floor	Beton fc' 10 MPa	5.400 m <sup>3</sup>	2	10.800 m <sup>3</sup>	36.00	72.00 m <sup>2</sup>
Beton fc' 10 MPa: 2			2	10.800 m <sup>3</sup>		72.00 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Abutment	Beton fc' 25 MPa	183.969 m <sup>3</sup>	2	367.938 m <sup>3</sup>	481.64	963.27 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Diafragma	Beton fc' 25 MPa	0.410 m <sup>3</sup>	6	2.458 m <sup>3</sup>	5.23	31.38 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Diafragma Mid	Beton fc' 25 MPa	0.523 m <sup>3</sup>	21	10.986 m <sup>3</sup>	6.45	135.50 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Parapet	Beton fc' 25 MPa	0.284 m <sup>3</sup>	81	22.971 m <sup>3</sup>		278.60 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Plat Dek Tepi	Beton fc' 25 MPa	3.486 m <sup>3</sup>	3	10.458 m <sup>3</sup>	105.58	316.73 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Plat Injak	Beton fc' 25 MPa	11.817 m <sup>3</sup>	2	23.633 m <sup>3</sup>	75.11	150.22 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Plat Lantai	Beton fc' 25 MPa	78.809 m <sup>3</sup>	1	78.809 m <sup>3</sup>	644.93	644.93 m <sup>2</sup>
Beton fc' 25 MPa: 116			116	517.252 m <sup>3</sup>		2520.62 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_PCI Girder	Beton fc' 50 MPa		4	137.034 m <sup>3</sup>		1085.72 m <sup>2</sup>
Beton fc' 50 MPa: 4			4	137.034 m <sup>3</sup>		1085.72 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Bearing Pad	Concrete - Cast-in-		12	0.128 m <sup>3</sup>		6.01 m <sup>2</sup>
Concrete - Cast-in-Place Concrete: 12			12	0.128 m <sup>3</sup>		6.01 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Bearing Pad	Rubber		12	0.099 m <sup>3</sup>		3.85 m <sup>2</sup>
Rubber: 12			12	0.099 m <sup>3</sup>		3.85 m <sup>2</sup>
Revit Family Structure_Bearing Pad	Steel Plate		12	0.026 m <sup>3</sup>		10.86 m <sup>2</sup>
Steel Plate: 12			12	0.026 m <sup>3</sup>		10.86 m <sup>2</sup>

**Gambar 9.** *Material Teke Off* Struktur Beton, Aspal, dan Mortar Pad pada *Revit Autodesk*

<Material Takeoff (Rebar)>					
A	B	C	D	E	F
Family and Type	Bar Diameter	Bar Length	Quantity	Count	Total Bar Length
Rebar Bar: D8-300	8.00 mm	0.89	1	74	65.85
Rebar Bar: D8-300	8.00 mm	41.55	5	3	623.22
Rebar Bar: D8-300: 77					689.08
Rebar Bar: 2x4D10	10.00 mm	1.37	4	6	32.96
Rebar Bar: 2x4D10	10.00 mm	1.61	4	42	270.11
Rebar Bar: 2x4D10: 48					303.07
Rebar Bar: D10-100	10.00 mm	0.89	7	12	74.88
Rebar Bar: D10-100	10.00 mm	0.93	6	12	67.06
Rebar Bar: D10-100: 24					141.94
Rebar Bar: D10-200	10.00 mm	1.31	209	3	824.34
Rebar Bar: D10-200: 3					824.34
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.16	2	1	2.32
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.17	2	1	2.33
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.18	1	2	2.37
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.27	2	6	15.18
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.27	2	12	30.50
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.28	2	3	7.65
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.28	4	6	30.61
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.29	2	3	7.71
Rebar Bar: 4D13	13.00 mm	1.61	1	2	3.21
Rebar Bar: 4D13: 36					101.88
Rebar Bar: 10D13	13.00 mm	0.97	1	648	628.56
Rebar Bar: 10D13	13.00 mm	0.97	4	81	314.28
Rebar Bar: 10D13: 729					942.84

**Gambar 10.** *Material Take Off* Pembesian pada *Revit Autodesk*

### 3.6. Rencana anggaran biaya

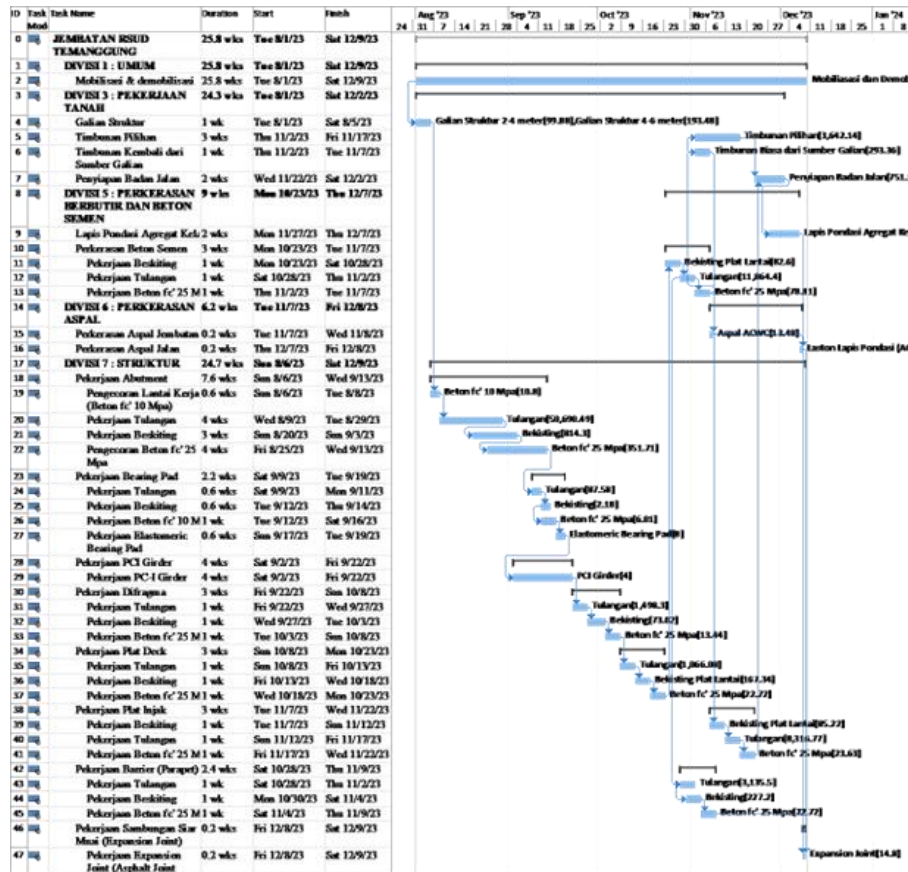
Perhitungan dan penyusunan rancangan anggaran biaya dilakukan secara parallel dengan penyusunan jadwal pelaksanaan konstruksi di *Microsoft Project*. Dari hasil perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) diperoleh nilai keseluruhan biaya yang dibutuhkan untuk membangun Jembatan RSUD Temanggung yakni sebesar Rp7,875,323,851. Berikut rincian hasil perhitungan Rancangan Anggaran Biaya yang telah dihitung berdasarkan masing-masing divisi pekerjaan yang tercantum di dalam Spesifikasi Umum 2018 ditunjukkan pada Gambar 11.

ID	Task Name	Total Cost
0	<b>JEMBATAN RSUD TEMANGGUNG</b>	<b>Rp7,875,323,851</b>
1	<b>DIVISI 1 : UMUM</b>	<b>Rp33,300,000</b>
3	<b>DIVISI 3 : PEKERJAAN TANAH</b>	<b>Rp1,470,912,445</b>
8	<b>DIVISI 5 : PERKERASAN BERBUTIR DAN BETON SEMEN</b>	<b>Rp462,334,839</b>
14	<b>DIVISI 6 : PERKERASAN ASPAL</b>	<b>Rp399,174,829</b>
17	<b>DIVISI 7 : STRUKTUR</b>	<b>Rp5,509,601,739</b>

Gambar 11. Hasil Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya pada *Microsoft Project*

### 3.7. Perencanaan jadwal pelaksanaan konstruksi

Pada perencanaan jadwal pelaksanaan konstruksi diperoleh total durasi pekerjaan konstruksi Jembatan RSUD Temanggung yakni selama 5 bulan mulai dari tanggal 1 Agustus 2023 hingga 9 Desember 2023 ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Perencanaan Jadwal Pelaksanaan pada *Microsoft Project*

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa tersebut, dapat disimpulkan beberapa poin-poin penting terkait perencanaan jembatan RSUD Temanggung sebagai berikut:

- 1) Dari hasil perencanaan alinyemen horizontal, direncanakan tikungan jenis *Full Circle* dengan panjang lengkung tikungan sepanjang 17.453 meter yang terletak mulai dari STA 0+8.5 hingga STA0+25.953.
- 2) Dari hasil perencanaan alinyemen vertikal pada tikungan tersebut, direncanakan sebuah tanjakan mulai dari STA 0+8.5 hingga STA 0+10.621 dengan persentase kemiringan sebesar 4%.
- 3) Dari hasil perencanaan alinyemen vertikal jembatan diperoleh tinggi elevasi jembatan setinggi 4.470 meter dari dasar sungai
- 4) Dari keseluruhan hasil analisa struktur dapat disimpulkan bahwasannya desain jembatan RSUD Temanggung sudah aman terhadap beban-beban yang bekerja
- 5) Dari hasil permodelan menggunakan *Revit Autodesk* dapat disimpulkan bahwasannya penggunaan *Revit Autodesk* terbukti dapat meningkatkan efisiensi dalam perencanaan konstruksi, terutama dalam proses perhitungan volume
- 6) Dari hasil perhitungan Rancangan Anggaran Biaya menggunakan *Microsoft Project* diperoleh jumlah keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam konstruksi Jembatan RSUD Temanggung yakni sebesar Rp7,875,323,851.
- 7) Dari hasil perencanaan jadwal konstruksi menggunakan *Microsoft Project* diperoleh keseluruhan pekerjaan konstruksi Jembatan RSUD Temanggung yang direncanakan yakni selama 5 bulan mulai dari tanggal 1 Agustus 2023 hingga 9 Desember 2023.

#### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku konsultan perencana dari Proyek Jembatan RSUD Temanggung yang senantiasa telah memberikan Data Pengujian Tanah dan data-data teknis lainnya yang mendukung dalam perencanaan Jembatan RSUD Temanggung.

#### Referensi

- Autodesk Revit. (n.d.). *What is Revit?* Retrieved April 27, 2023, from <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=RVT>
- Huzaini, S. (2021). *TUGAS AKHIR PENERAPAN KONSEP BUILDING INFORMATION MODELLING ( BIM ) 3D DALAM MENDUKUNG PENGESTIMASIAN BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR APPLICATION THE CONCEP OF BUILDING INFORMATION MODELLING ( BIM ) 3D IN SUPPORTING STRUCTURAL WORK COST* Syahrul Huzaini PENERAPAN. Universitas Islam Indonesia.
- Kelvin, R. (2022). *PERENCANAAN DAN PERANCANGAN (3D,4D,5D) JEMBATAN RANGKA BAJA DENGAN PENERAPAN KONSEP BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)* [Universitas Andalas]. <http://scholar.unand.ac.id/108905/>
- Mahapatni, I. A. P. S. (2019). Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi. In *UNHI Press*. UNHI Press. Negara, K. P., Unas, S. El, Hasyim, M. H., & Aditha, M. (2015). Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dinding Bata Ringan Dengan Metode Sni & Ms. Project Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium
- Enterpreneurship Terpadu Universitas Brawijaya Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2), 159–167.
- Suprayitno, B. (2012). Privatisasi Jalan Tol Sebagai Solusi Dalam Mempercepat Terwujudnya. *Jurnal Economia*, 8(1), 65–77.