

BAB III METODE PERENCANAAN

3.1 Lokasi Proyek



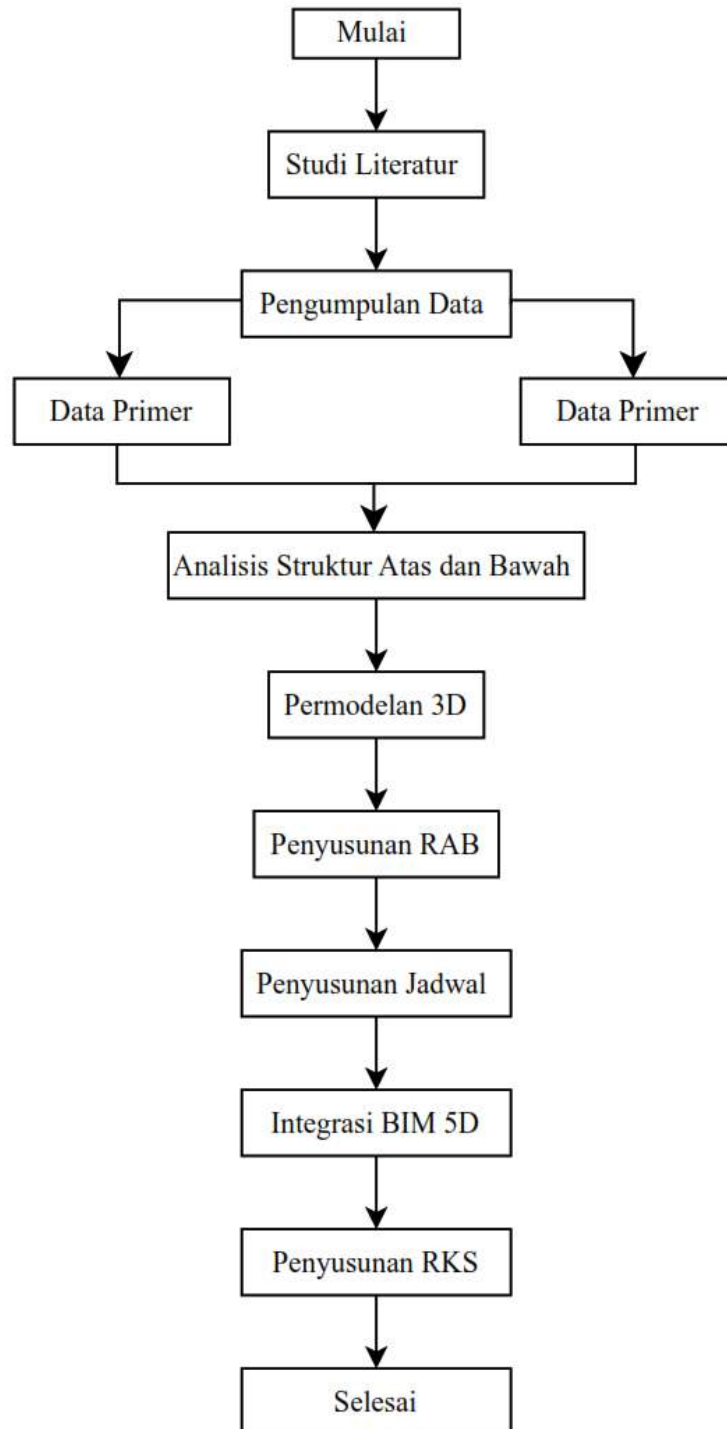
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Jembatan Tawang - Ngalang Segmen V
Sumber : Google Maps

Jembatan Tawang – Ngalang Segmen V terletak di Jl. Sambipitu Nglipar, Ngalang, Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jembatan ini memiliki bentang 40,6 m dan lebar 11 m.

3.2 Konsep Metode Perencanaan

Metode perencanaan ulang Jembatan Tawang-Ngalang Segmen V, antara lain, pengumpulan *detail engineering design* (DED), data tanah *boring log*, topografi, analisa struktur, permodelan 3D dengan aplikasi *Revit*, pembiayaan, penjadwalan dengan aplikasi *Microsoft Project*, serta penyusunan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).

3.3 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perencanaan Jembatan Tawang - Ngalang Segmen V

Sumber : Penulis, 2024

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pengumpulan Data

Dalam perencanaan ulang Jembatan Tawang-Ngalang Segmen V memerlukan data yang berasal dari studi dokumen yang terdiri dari :

1. Data Primer
 - a. Data Pengujian Tanah

Output dari pengujian tanah yaitu komposisi tanah dan jarak kedalaman tanah keras. Data pengujian tanah didapatkan dari *Detail Engineering Design (DED)*
 - b. Data Topografi

Data hasil analisis topografi yang diperlukan yaitu gambar *site plan*, gambar potongan memanjang, dan melintang. Data tersebut diperoleh dari *Detail Engineering Design (DED)*.
2. Data Sekunder
 - a. Data Hidrologi

Data hidrologi yang diperlukan yaitu elevasi muka air normal (MAN) dan elevasi muka air banjir (MAB). Elevasi muka air banjir (MAB) digunakan untuk menentukan dimensi bentang jembatan serta tinggi jembatan. Informasi mengenai MAB dan MAN sungai dapat diperoleh dari gambar potongan melintang jembatan di *Detail Engineering Design (DED)*.

3.4.2 Penentuan Bentang dan Lebar Jembatan

Adapun tahapan dalam menentukan bentang jembatan sebagai berikut :

- Mengidentifikasi jenis sungai (limpasan banjir / bukan limpasan banjir).
- Aliran sungai limpasan banjir menggunakan dimensi lebar permukaan air banjir sungai sebagai bentang jembatan.
- Aliran sungai bukan limpasan banjir menggunakan perhitungan lebar dasar sungai ditambah lebar sungai dibagi dua sehingga menjadi dimensi bentang jembatan.

Dalam menentukan lebar jembatan dapat disesuaikan dengan klasifikasi jalan tersebut sehingga didapat lebar jembatan yang sesuai dengan kebutuhan jalan.

3.4.3 Analisis Struktur

3.4.3.1 Struktur Atas

A. Parapet

Dalam merencanakan parapet perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary design*
 - Mutu beton
 - Mutu baja tulangan
 - Tebal selimut beton
 - Lebar yang ditinjau
 - Tinggi
 - Tinggi efektif
 - Berat jenis beton
2. Analisis pembebanan
 - Beban hidup (beban horizontal)
3. Menghitung momen ultimit (M_u)
4. Menghitung tulangan
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)
 - Menentukan dimensi tulangan arah X (tul. utama) dan Y (tul. Bagi)

B. Pelat Lantai

Dalam merencanakan pelat lantai perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Menghitung persyaratan tebal minimum dan maksimum.
2. Mencari Data rencana
 - Panjang bentang

- Jarak antar diafragma
- Lebar pelat lantai
- Jumlah lajur
- Jumlah *girder*
- Jarak antar *girder*
- Jumlah diafragma

3. Cek syarat ketebalan

4. *Preliminary desain*

- Lebar efektif pelat b
- Panjang total pelat W_r
- Tebal pelat t_s
- Selimut beton p
- Tebal efektif pelat d_e
- Inersia penampang I_g
- Titik berat penampang y_t
- Mutu beton f'_c
- Mutu tulangan f_y
- Berat jenis beton γ_c
- Berat jenis aspal γ_a
- Berat jenis air hujan γ_{air}
- Tebal air hujan tah
- Tebal trotoar t_t

5. Analisis pembebanan

- Beban sendiri (MS)
- Beban mati tambahan (MA)
 - Berat parapet
 - Berat tiang sandaran
 - Berat trotoar
 - Berat aspal
 - Berat air hujan
 - Beban truk
- Beban Truk (TT)

6. Menghitung kuat nominal lentur

7. Menentukan kuat rencana lentur

8. Menghitung momen retak
9. Cek persyaratan tulangan lentur minimum
10. Menghitung tulangan bagi
11. Menghitung kuat geser

C. Diafragma

Dalam merencanakan diafragma perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary design*

- Mutu beton
- Mutu baja tulangan
- Tebal selimut beton
- Tebal diafragma
- Lebar yang ditinjau
- Tinggi efektif

2. Analisis pembebanan

- Beban mati (beban diafragma sendiri)

3. Menghitung momen ultimit (M_u)

4. Menghitung tulangan

- Menghitung momen nominal (M_n)
- Menghitung koefisien penampang (R_n)
- Menghitung rasio tulangan (ρ)
- Menghitung luas tulangan (A_s)
- Menentukan dimensi tulangan arah X (tul. utama) dan Y (tul. Bagi)

D. *Girder* Balok Prategang (*PCI-Girder*)

Dalam merencanakan *PCI-Girder* dilakukan beberapa tahapan perhitungan sebagai berikut :

1. Data Perencanaan

- *Girder* beton

- Pelat beton
 - Baja prategang
 - Baja tulangan
2. Penentuan dimensi *girder* dan penampang melintang
 - Penentuan tinggi total sistem *deck* dan potongan melintang jembatan
 - Data penampang komposit *girder*
 3. Perhitungan Beban
 - Perhitungan beban tak terfaktor akibat beban mati struktural dan non-struktural
 - Perhitungan beban tak terfaktor akibat beban hidup kendaraan
 4. Penentuan jumlah tendon
 - Perkiraan gaya prategang dan luas tendon yang diperlukan
 - Posisi tendon
 - Perhitungan kehilangan prategang
 - Perhitungan karakteristik penampang transformasi
 - Perhitungan kehilangan gaya prategang
 - Kehilangan saat transfer hingga pengecoran pelat
 - Kehilangan saat pengecoran pelat hingga final
 5. Pemeriksaan tegangan
 - Tegangan izin
 - Tegangan penampang pada saat transfer
 - Tegangan penampang pada masa konstruksi
 - Tegangan penampang kondisi layan
 6. Perhitungan kapasitas lentur penampang
 - Kapasitas lentur
 - Pemeriksaan tulangan minimum
 7. Perhitungan kapasitas geser penampang
 - Perhitungan ketahanan geser dari prategang
 - Gaya dalam
 - Perhitungan ketahanan geser beton

8. Perhitungan tulangan

E. *Elastomer Bearing Pad*

Dalam merencanakan *elastomer bearing pad* perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Analisis beban vertical dan horizontal
2. *Preliminary design*
3. Mencari data spesifikasi bearing pad
4. Memeriksa dimensi *elastomer bearing pad* terhadap :
 - Luas efektif minimum
 - Bentuk
 - Regangan total maksimum
 - Batas leleh
 - Tegangan maksimum rata-rata
 - Perputaran maksimum
 - Stabilitas tekan
 - Tebal pelat baja minimum
 - Geseran

F. Pelat Deck

Dalam merencanakan diafragma perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary design*
 - Mutu beton
 - Mutu baja tulangan
 - Lebar pelat deck
 - Panjang pelat deck
 - Tebal pelat deck
 - Tebal efektif
 - Berat jenis beton

- Selimut beton
2. Analisis pembebanan
 - Beban hidup (orang)
 - Beban mati (pelat lantai, air hujan, pelat deck)
 3. Menghitung momen ultimit (M_u)
 4. Menghitung inersia penampang (I)
 5. Menghitung modulus elastisitas (E_c)
 6. Menghitung lendutan maksimal (Δ maks)
 7. Menghitung tulangan
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)
 - Menentukan dimensi tulangan arah X (tul. utama) dan Y (tul. Bagi)

G. Pelat Injak

Dalam merencanakan diafragma perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary design*
 - Mutu beton
 - Mutu baja tulangan
 - Lebar pelat Injak
 - Lebar pelat
 - Tebal pelat
 - Selimut beton
 - Tebal efektif
2. Analisis pembebanan
 - AC-WC
 - AC-BC
 - AC-Base

- Agregat kelas A
 - Timbunan
 - Pelat Injak
 - Beban hidup
3. Menghitung momen ultimit (M_u)
 4. Menghitung tulangan
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)
 - Menentukan dimensi tulangan arah X (tul. utama) dan Y (tul. Bagi)

3.4.3.2 Struktur Bawah

A. Abutment

Dalam merencanakan abutment perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary Design*
 - Dimensi abutment
 - Lebar yang ditinjau
 - Tinggi struktur abutment
 - Selimut beton
 - Tinggi efektif
 - F_c'
 - F_y
2. Analisis Gaya Vertikal
 - Gaya Akibat Berat Sendiri Abutment
 - Beban Mati Akibat Struktur Atas
 - Analisis Beban Hidup akibat Beban D

- Beban Tanah Vertikal
3. Analisis Gaya Horizontal
 - Gaya Rem dan Traksi
 - Gaya Akibat Gempa
 - Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif
 4. Kombinasi Pembebanan
 - Ekstrem 1
 - Kuat 1
 - Layan 1
 - Layan 3
 5. Cek Stabilitas Abutment
 - Pemeriksaan Guling
 - Pemeriksaan Geser
 - Pemeriksaan Eksentrisitas
 - Pemeriksaan Daya Dukung Tanah (DDT)
 6. Menghitung Tulangan Kepala Abutment
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)
 7. Menghitung Tulangan Badan Abutment
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)
 8. Menghitung Tulangan Pile Cap Abutment
 - Menghitung tegangan pada dasar pile cap (σ)
 - Menghitung momen ultimit yang bekerja pada arah x dan y
 - Menghitung rasio tulangan (Tulangan Atas (x dan y), serta Tulangan Bawah (x dan y))

B. *Wing Wall*

Dalam merencanakan *wing wall* perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary Design*
 - Dimensi *wing wall*
 - Lebar yang ditinjau
 - Lebar *wing wall*
 - Selimut beton
 - Lebar efektif
 - F_c'
 - F_y
2. Menentukan Data Tanah Timbunan
 - Berat jenis (γ)
 - Sudut geser (ϕ)
 - Kohesi (c)
 - Tinggi tanah timbunan (H)
 - L
 - K_a
3. Beban Kendaraan di Belakang *Wing Wall*
4. Beban Akibat Pelat Injak + Aspal
5. Tekanan Tanah yang Terjadi
6. Beban Merata
7. Menghitung Tulangan *Wing Wall*
 - Menghitung momen nominal (M_n)
 - Menghitung koefisien penampang (R_n)
 - Menghitung rasio tulangan (ρ)
 - Menghitung luas tulangan (A_s)

C. Pondasi Sumuran

Dalam merencanakan pondasi sumuran perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *Preliminary Design*
 - Tinggi abutment
 - Tinggi pondasi
 - Diameter pondasi
 - Luas dasar pondasi
 - Jumlah pondasi sumuran
 - Sudut geser tanah
 - Berat jenis tanah
 - Berat jenis tanah efektif
2. Rekapitulasi pembebanan struktur atas
 - Beban vertical
 - Beban horizontal
 - Momen
3. Tinjau kondisi beban dinamik (Gempa)
 - Stabilitas terhadap geser
 - Stabilitas terhadap guling
 - Stabilitas terhadap daya dukung
4. Tinjau kondisi beban statik
 - Stabilitas terhadap geser
 - Stabilitas terhadap guling
 - Stabilitas terhadap daya dukung
5. Analisis kelompok tiang
6. Penurunan pondasi
7. Perhitungan tulangan
 - Tulangan lentur
 - Tulangan geser

3.4.4 Permodelan 3D

Proses permodelan tiga dimensi (3D) jembatan menggunakan *Autodesk Revit*. Adapun tahapan pembuatan 3D menggunakan *Autodesk Revit* sebagai berikut :

1. Buka aplikasi *Autodesk Revit*
2. Pembuatan *family* baru untuk setiap bagian struktur jembatan
3. Pembuatan *grid dan level* serta *reference line* berdasarkan dimensi desain
4. Pemberian jenis material pada tiap bagian struktur sesuai desain ke dalam *properties family*
5. Penggabungan *family* bagian struktur ke dalam *project*
6. Pembuatan pembesian sesuai desain pada *family* yang sudah tergabung

Proses modelling selesai sehingga dapat dilanjut pada proses perhitungan volume beton dan tulangan dengan bantuan *Autodesk Revit* melalui fitur *material takeoff*.

3.4.5 Perencanaan Biaya

Berikut merupakan tahapan yang digunakan dalam *redesign* Jembatan Ruas Tawang – Ngalang Segmen V :

1. Perhitungan Volume

Perhitungan volume pada setiap item pekerjaan struktur dibantu dengan *software Revit*, perhitungan volume menggunakan fitur *Quantities* (untuk melakukan perhitungan volume pembesian (kg)) dan *Material Takeoff* (untuk melakukan perhitungan volume pengecoran (m³)).

2. Analisis Harga Satuan Dasar dan Harga Satuan Pekerjaan

Setelah mendapatkan *output* berupa volume dari masing-masing item pekerjaan, maka proses perencanaan biaya dilanjutkan dengan melakukan perhitungan harga satuan dasar dan harga satuan pekerjaan.

Berikut merupakan tahapan dalam melakukan perhitungan harga satuan dasar dan harga satuan pekerjaan :

- Merekap harga upah, alat, dan material dari *website maspetruk.dpubinmarcipka.jatengprov.go.id* ke dalam *Microsoft Excel* sebagai data harga satuan dasar
 - Merekap dan menginput masing-masing dari harga upah, alat, dan material yang digunakan dalam suatu pekerjaan ke dalam satu format tabel
 - Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan pada *Microsoft Excel*
 - Menginput setiap harga satuan pekerjaan ke dalam *resource sheet* yang ada pada *Microsoft Project*
3. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)
- Setelah semua variabel diinputkan ke dalam *Microsoft Project*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan RAB di *Microsoft Project* melalui menu *view* → *tables* → *cost*.

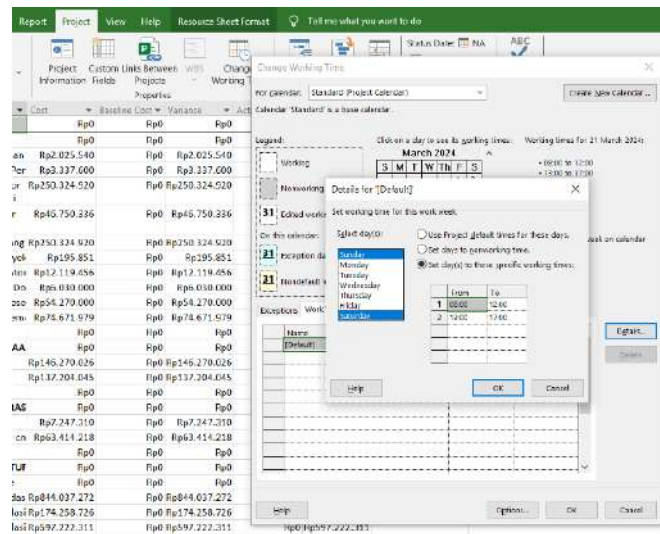
3.4.6 Perencanaan Jadwal

Dalam perencanaan penjadwalan proyek, *software* yang digunakan yakni *Microsoft Project*. Berikut merupakan langkah-langkah yang digunakan dalam *redesign* Jembatan Ruas Tawang – Ngalang Segmen V :

1. Mengatur Waktu Kerja

Langkah pertama dalam membuat penjadwalan proyek yang baik adalah menentukan jam kerja, banyaknya hari kerja dalam 1 minggu, dan hari libur

selama proses pengerjaan proyek tersebut. Hal ini dapat diatur dalam *Microsoft Project* dengan cara klik pada menu *project* → *changes working time* → *work weeks* → *details*, lalu sesuaikan dengan perencanaan.



Gambar 3.3 Contoh Pengaturan Waktu Kerja

Sumber : Penulis, 2024

2. Membuat Jadwal Tiap Pekerjaan

Setelah selesai menentukan waktu kerja, maka langkah selanjutnya adalah membuat jadwal tiap item pekerjaan. Untuk melakukan hal ini, pada menu pilih bagian *task usage* lalu memasukkan durasi masing-masing pekerjaan dan mengatur *predecessors*/hubungan antar aktivitas pekerjaan. Selain itu, dibagian *task usage* ini juga dapat diketahui *slack time*/waktu tunda aktivitas (waktu kelonggaran) tanpa mengganggu waktu berakhirnya pekerjaan konstruksi secara keseluruhan.

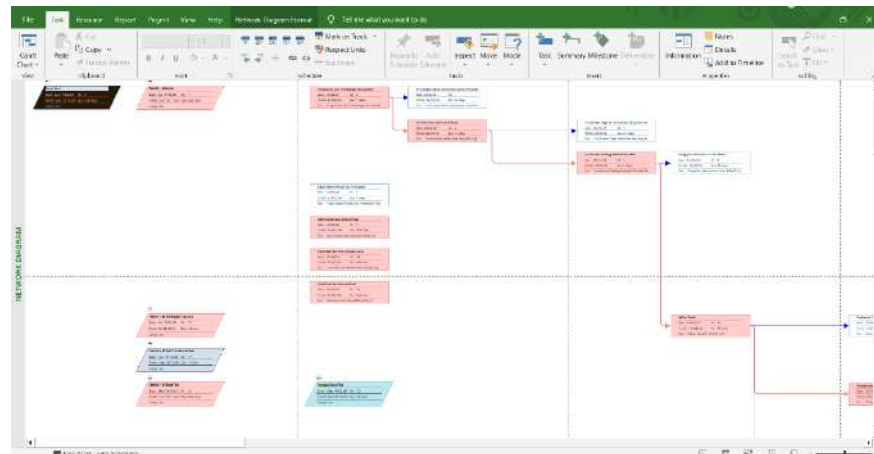
TASK USAGE	Task Name	Duration	Processors	Resource Name	Finish Date
0	Total Hari	268 days			0 days
1	DIVISI 1. UMUM	368 days			
2	• Pembuatan Lahan Area Kerja	34 days	3	Pembuatan Lahan	0 days
3	• Pembuatan Lahan Area Kerja	7 days		Pembuatan Lahan	0 days
4	• Pembuatan dan Pemasangan Pisuapansi	23 days	3	Pembuatan dan Pemasangan Pisuapansi	210 days
5	• Pembuatan Kanvas Sementasi dan Seng	22 days	2	Pembuatan Kanvas	226 days
6	• Pembuatan Gudang Material dan Net	7 days	2	Pembuatan Gudang	0 days
7	• Papan Nama Proyek dan Peningkatan Papan Nama Proyek dan Peningkatan	7 days		Papan Nama Proyek	261 days
8	• Pengujian Laboratorium dan Dehori	20 days	0	Pengujian Laboratorium	212 days
9	• Administrasi dan Dokumentasi	208 days		Administrasi dan D	0 days
10	• Kesehatan dan Keselamatan Kerja	208 days		Kesehatan dan Kes	0 days
11	• Mobilisasi dan Demobilisasi	208 days		Mobilisasi dan Dem	0 days
12					191 days
13	DIVISI 3. PEREHAAN TANAH	40 days			
14	• Galian Tanah	28 days	0	Galian Tanah	191 days
15	• Timbunan Tanah	21 days	14	Timbunan Tanah	191 days

Gambar 3. 4 Contoh Pembuatan Jadwal Pekerjaan

Sumber : Penulis, 2024

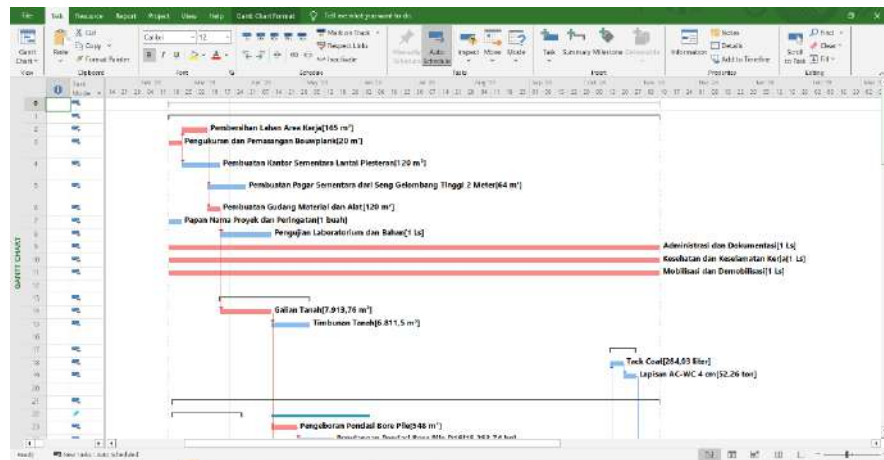
3. Menampilkan *Network Diagram* dan *Gantt Chart*

Network diagram dan *gantt chart* akan muncul secara otomatis setelah selesai menginput jadwal pekerjaan. Untuk memunculkan *network diagram*, pada bagian kiri klik menu *network diagram*, sedangkan untuk memunculkan *gantt chart*, pada bagian kiri klik menu *gantt chart*.



Gambar 3. 5 Contoh *Network Diagram* pada *Microsoft Project*

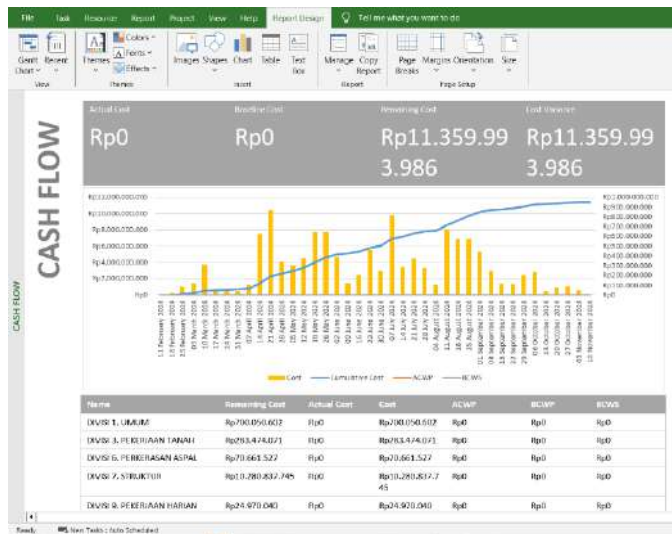
Sumber : Penulis, 2024



Gambar 3. 6 Contoh Gantt Chart pada Microsoft Project
 Sumber : Penulis, 2024

4. Menampilkan Kurva S

Untuk memunculkan Kurva S, klik bagian *report* → *cost* → *cash flow*, maka Kurva S akan secara otomatis muncul pada layar.



Gambar 3. 7 Contoh Kurva S pada Microsoft Project
 Sumber : Penulis, 2024

3.4.7 Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) merupakan kumpulan dokumen yang berisi persyaratan teknis, meliputi karakteristik fisik, detail desain, toleransi,

material, metode pelaksanaan tiap pekerjaan, gambar kerja, anggaran biaya, dan penjadwalan proyek.