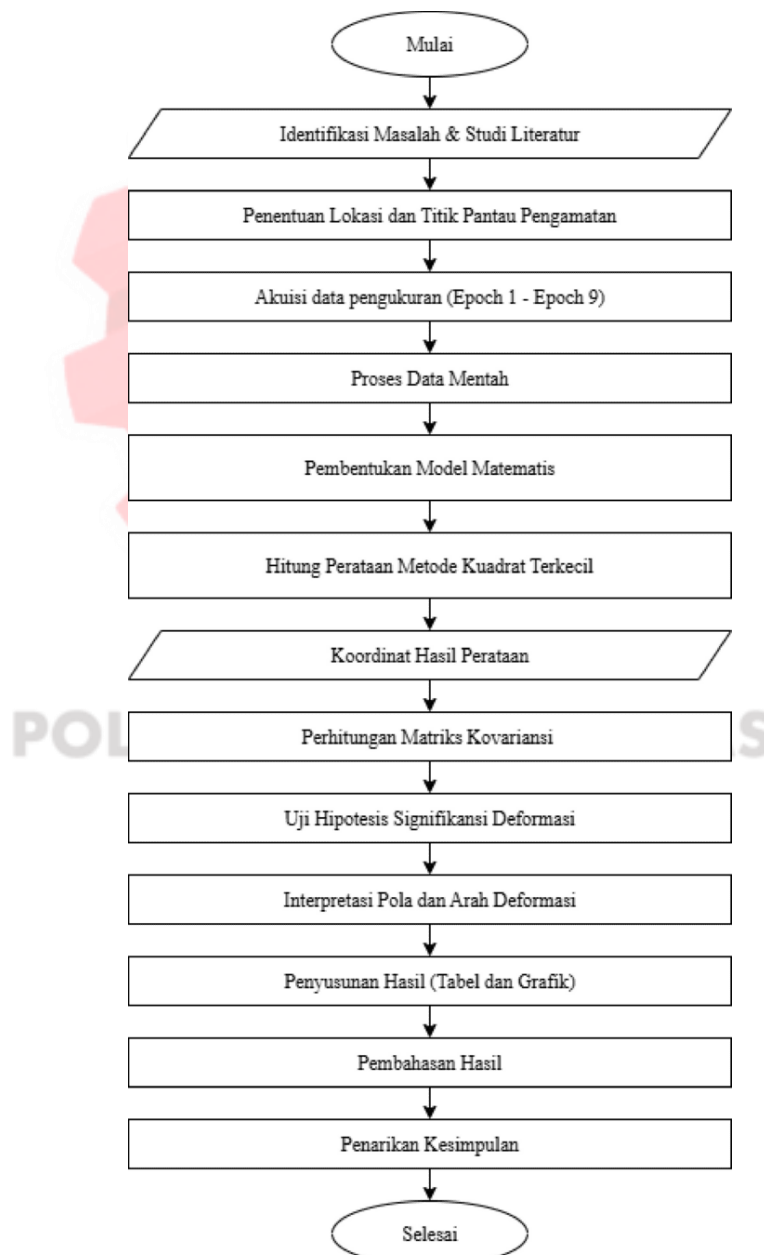


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian yang disusun dari tahap persiapan, pengumpulan data, pengolahan dan penyelesaian.



**Gambar 3. 1 Diagram Alir Pemantauan Deformasi**

Proses pemantauan deformasi menggunakan *total station* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut ini:

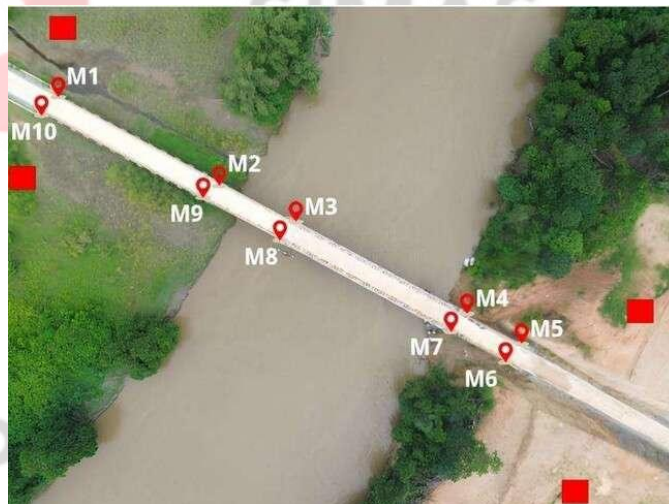
- Identifikasi Masalah & Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan proses identifikasi dan perumusan masalah penelitian yang akan diselesaikan. Bersamaan dengan itu, dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan teori, konsep, dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan teoretis dan referensi dalam memahami masalah serta mengembangkan metodologi.

- Penentuan Lokasi dan Titik Pantau Pengamatan

Setelah masalah teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah menentukan lokasi spesifik yang akan menjadi area penelitian. Dilanjutkan dengan penentuan titik-titik pantau pengamatan yang strategis di lokasi tersebut, yang akan menjadi objek pengukuran deformasi. Titik pantau yang dipilih bisa dilihat pada gambar 3.4:

1. *Abutment* sebanyak 4 titik
2. *Pile/Pondasi* sebanyak 6 titik



Gambar 3. 1 Ilustrasi penempatan titik-titik pantau (Sumber: Foto udara 2025)

- Akuisisi data pengukuran (Periode 1 - Periode 9)

Tahap ini merupakan inti dari pengumpulan data primer. Dilakukan akuisisi data pengukuran di titik-titik pantau yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan secara berulang pada beberapa periode (periode waktu) yang berbeda, dalam hal ini dari periode 1 hingga periode 9, untuk mendapatkan data *time-series* yang merekam perubahan posisi dari waktu ke waktu.

- Proses data mentah

Data mentah hasil akuisisi kemudian diproses. Salah satu langkah awal dalam pemrosesan ini adalah perhitungan rata-rata dari data pengukuran pada setiap periode untuk mengurangi kesalahan acak dan mendapatkan nilai yang lebih

representatif. Selain itu dalam tahap ini data sudut dikonversi ke radian dan data jarak miring dikonversi ke jarak datar.

- Pembentukan model matematis

Pada tahap ini, data yang telah diproses digunakan untuk membentuk model matematis. Model matematis menghubungkan nilai sudut azimuth, jarak datar dan koordinat observasi. Model ini akan digunakan untuk mengestimasi parameter pada matriks koefisien.

- Hitung perataan metode kuadrat terkecil

Setelah model matematis terbentuk, dilakukan perhitungan perataan menggunakan metode kuadrat terkecil (*Least Squares Adjustment*) teknik parameter. Persamaan ini nantinya digunakan untuk mendapatkan estimasi parameter  $\hat{x}$  dengan meminimalkan kuadrat residual. Ini adalah metode standar untuk menyelesaikan sistem persamaan yang ditentukan.

- Hasil estimasi parameter (koreksi)

*Output* dari perhitungan perataan metode kuadrat terkecil adalah hasil estimasi parameter. Parameter yang dihasilkan adalah koreksi dari koordinat observasi. Dimana nilai koreksi inilah yang ditambahkan ke koordinat observasi.

- Perhitungan matriks kovariansi

Setelah parameter diestimasi, dilakukan perhitungan matriks kovariansi. Matriks ini sangat penting untuk menilai presisi dan ketidakpastian dari parameter yang diestimasi, serta hubungan antar parameter tersebut. Selain itu matriks ini nantinya akan digunakan untuk menghitung standar deviasi yang dibutuhkan dalam uji statistik.

- Perhitungan standar deviasi

Dari matriks kovariansi, selanjutnya dihitung nilai standar deviasi untuk setiap parameter yang diestimasi. Standar deviasi memberikan informasi mengenai sebaran data atau keandalan estimasi parameter.

- Perhitungan Statistik Uji-T

Untuk menguji signifikansi pergeseran yang terestimasi, dilakukan perhitungan statistik uji-T. Statistik ini akan digunakan dalam tahap uji hipotesis untuk menentukan apakah pergeseran yang teramati signifikan secara statistik atau hanya karena kesalahan pengukuran.

- Uji Hipotesis Signifikansi Deformasi

Pada tahap ini, dilakukan uji hipotesis untuk menentukan apakah deformasi yang terestimasi (berdasarkan laju pergeseran) adalah signifikan secara statistik atau tidak. Uji ini menggunakan nilai statistik Uji-T yang telah dihitung. Signifikan / Tidak Signifikan (Pengambilan Keputusan)

- Hasil dari uji hipotesis akan mengarahkan pada pengambilan keputusan:

**Signifikan ( $Y_a$ ):** Jika hasil uji menunjukkan bahwa pergeseran yang teramati signifikan secara statistik, maka deformasi dianggap benar-benar terjadi.

**Signifikan (Tidak):** Jika hasil uji menunjukkan bahwa pergeseran tidak signifikan, berarti pergeseran yang teramati mungkin hanya disebabkan oleh kesalahan pengukuran atau tidak cukup besar untuk dianggap sebagai deformasi nyata.

- Analisis residual dan arah deformasi

Jika deformasi dinyatakan signifikan, tahap selanjutnya adalah menganalisis residual (besarnya) pergeseran dan arah pergerakan yang terjadi pada setiap titik pantau. Analisis ini memberikan gambaran kuantitatif tentang deformasi.

- Interpretasi pola dan arah deformasi

Berdasarkan hasil analisis besaran dan arah, dilakukan interpretasi untuk memahami pola deformasi secara keseluruhan. Ini melibatkan identifikasi apakah deformasi bersifat konvergen, divergen, lateral, atau pola lainnya yang relevan dengan karakteristik lokasi penelitian.

- Penyusunan hasil (tabel dan grafik)

Semua hasil analisis, termasuk nilai parameter hasil hitung perataan, standar deviasi, hasil uji hipotesis, residual, dan arah deformasi, disusun dalam format yang jelas dan mudah dipahami, seperti tabel dan grafik.

- Pembahasan Hasil

Pada tahap ini, hasil yang telah disusun diinterpretasikan dan dibahas secara mendalam. Pembahasan mencakup analisis temuan, perbandingan dengan teori atau penelitian sebelumnya, implikasi hasil, serta keterbatasan penelitian. Ini adalah bagian di mana perlu menjelaskan 'mengapa' hasil tersebut seperti itu dan 'apa artinya'.

- Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses analisis dan pembahasan, ditarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian. Kesimpulan harus singkat, padat, dan didukung oleh hasil-hasil yang ditemukan. Setelah hasil pemantauan deformasi diperoleh, data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik deformasi agar lebih mudah dipahami.

- Tahap terakhir sebelum penutupan adalah publikasi hasil penelitian yang dituangkan dalam laporan tugas akhir.

### 3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode analisis deskriptif dan inferensial. Penelitian ini akan menggunakan data numerik yang diperoleh dari hasil pengukuran survei terestris menggunakan alat ukur *total station* yang selanjutnya akan diolah dan analisis deformasinya menggunakan *software microsoft excel*. Pendekatan ini berfokus pada tahapan kunci sebagai berikut:

### 3.2.1 Pengukuran berulang

Untuk mendeteksi deformasi pada struktur Jembatan Kelay VII Inaran memerlukan serangkaian data pengukuran posisi yang dilakukan berulang pada interval waktu tertentu. Konsep ini dikenal sebagai pengukuran seri waktu atau TSM (*Time Series Measurement*). Pengukuran berulang memungkinkan identifikasi perubahan posisi relatif dari titik-titik pantau dari titik referensi yang diasumsikan stabil. Dengan membandingkan koordinat titik pantau dari periode pengukuran yang berbeda, setiap perubahan yang terdeteksi dapat diasumsikan sebagai indikasi adanya pergeseran atau deformasi. Dalam proses ini setiap titik yang dipantau akan dibidik sebanyak 5 kali untuk meminimalisir adanya kesalahan sistematis maupun kesalahan acak. Pengulangan ini juga dilakukan agar hasil hitung perataan bisa dihitung variansi dan standar deviasinya. Dimana data ini sangat penting untuk uji signifikansi.

### 3.2.2 Pemodelan matematika

Setelah semua data pengukuran terkumpul, selanjutnya adalah merapikan data hasil observasi dalam lembar kerja *microsoft excel*. Tahap berikutnya melakukan pemodelan matematika untuk mengestimasi parameter yang selanjutnya disebut parameter  $\hat{x}$ . Metode hitung perataan yang digunakan adalah perhitungan kuadrat terkecil teknik parameter yang memiliki keunggulan dalam memberikan estimasi parameter yang paling mungkin dan tidak bias dari data observasi yang mengandung kesalahan acak. Model matematis hitung perataan dinyatakan dengan:

$$\hat{x} = (A^T \cdot W \cdot A)^{-1} A^T \cdot W \cdot L \quad \dots\dots\dots (1)$$

Selain itu beberapa persamaan matematis yang akan digunakan setelah hitung perataan tepatnya untuk menghitung matriks variansi-kovariansi yaitu:

$$V = A\hat{x} - L \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_0^2 = \frac{V^T W V}{n - u} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Sigma_{\hat{x}} = \sigma_0^2 (A^T \cdot W \cdot A)^{-1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma_n = \sqrt{\sigma_n^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- $\hat{x}$  : Vektor parameter yang diestimasi
- A : Matriks koefisien/desain
- W : Matriks bobot sama dengan matriks identitas
- L : Vektor konstanta
- V : Vektor residual

- $\sigma_0^2$  : Variansi referensi  
 $\Sigma_{\hat{x}}$  : Matriks variansi-kovariansi  
 $n$  : Jumlah observasi  
 $u$  : Jumlah parameter estimasi

Dalam konteks analisis deformasi dengan asumsi parameter yang akan diestimasi adalah koordinat  $X$  (*Easting*) dan  $Y$  (*Northing*), persamaan-persamaan matematika yang diterapkan untuk hitung perataan sebagai berikut:

1. Konversi derajat ke radian (azimut observasi)

Konversi dilakukan karena untuk menggunakan fungsi perhitungan di excel sudut harus dalam satuan radian.

$$Rad = DD \times (\pi / 180) \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan rumus:

- $Rad$  : Satuan radian  
 $DD$  : Derajat desimal  
 $\pi$  : Pi

2. Konversi jarak miring ke jarak datar

$$D = S \times \sin(\beta) \quad \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan rumus:

- $D$  : Jarak datar  
 $S$  : Jarak miring  
 $\beta$  : Sudut vertikal (zenith)

3. Menyiapkan koordinat tentatif

Koordinat tentatif yang akan digunakan adalah koordinat dari hasil pengukuran yang telah dilakukan secara berulang untuk setiap titik pantau.

4. Hitung jarak yang diestimasi dari koordinat tentatif

$$D_n = \sqrt{(X_n - X_{BM})^2 + (Y_n - Y_{BM})^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan rumus:

- $X$  : Koordinat *Easting*  
 $Y$  : Koordinat *Northing*  
 $n$  : Periode observasi  
 $BM$  : *Bench Mark* (titik kontrol pengukuran)

5. Hitung azimuth yang diestimasi dari koordinat tentatif

$$\alpha = \text{atan } 2(Y_n - Y_{BM}, X_n - x_{BM}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

6. Persamaan turunan parsial jarak

$$\frac{\partial D_n}{\partial X_n} = \frac{X_n - X_{BM}}{D_n} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{\partial D_n}{\partial Y_n} = \frac{Y_n - Y_{BM}}{D_n} \quad \dots\dots\dots (9)$$

7. Persamaan turunan parsial sudut (azimut)

$$\frac{\partial \alpha_n}{\partial X_n} = \frac{Y_n - Y_{BM}}{(X_n - X_{BM})^2 + (Y_n - Y_{BM})^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{\partial \alpha_n}{\partial Y_n} = -\frac{X_n - X_{BM}}{(X_n - X_{BM})^2 + (Y_n - Y_{BM})^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan untuk persamaan 13, 14, 15 dan 16

$\alpha$  : Nilai azimuth

$\frac{\partial D_n}{\partial X_n}$  : Turunan parsial jarak terhadap koordinat X

$\frac{\partial D_n}{\partial Y_n}$  : Turunan parsial jarak terhadap koordinat Y

$\frac{\partial \alpha_n}{\partial X_n}$  : Turunan parsial azimuth terhadap koordinat X

$\frac{\partial \alpha_n}{\partial Y_n}$  : Turunan parsial azimuth terhadap koordinat Y

Untuk hitung perataan kuadrat terkecil teknik parameter, akan melibatkan langkah-langkah perhitungan matriks sebagai berikut:

1. Pembentukan matriks koefisien (A) berukuran  $n \times u$  dimana  $n$  adalah Jumlah observasi dan  $u$  adalah jumlah parameter yang diestimasi. Komponen matriks ini merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus turunan parsial dari persamaan (13), (14), (15) dan (16) terhadap parameter yang tidak diketahui. Susunan komponen matriks A sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial D_1}{\partial X_1} & \frac{\partial D_1}{\partial Y_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial \alpha_1}{\partial X_1} & \frac{\partial \alpha_1}{\partial Y_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial D_2}{\partial X_2} & \frac{\partial D_2}{\partial Y_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial \alpha_2}{\partial X_2} & \frac{\partial \alpha_2}{\partial Y_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial D_{\dots}}{\partial X_{\dots}} & \frac{\partial D_{\dots}}{\partial Y_{\dots}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \alpha_{\dots}}{\partial X_{\dots}} & \frac{\partial \alpha_{\dots}}{\partial Y_{\dots}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial D_{10}}{\partial X_{10}} & \frac{\partial D_{10}}{\partial Y_{10}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial D_{10}}{\partial X_{10}} & \frac{\partial \alpha_{10}}{\partial Y_{10}} \\ \frac{\partial D_{10}}{\partial X_1} & \frac{\partial D_{10}}{\partial Y_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial \alpha_{11}}{\partial X_1} & \frac{\partial \alpha_{11}}{\partial Y_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial D_{12}}{\partial X_2} & \frac{\partial D_{12}}{\partial Y_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial \alpha_{12}}{\partial X_2} & \frac{\partial \alpha_{12}}{\partial Y_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial D_{\dots}}{\partial X_{\dots}} & \frac{\partial D_{\dots}}{\partial Y_{\dots}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \alpha_{\dots}}{\partial X_{\dots}} & \frac{\partial \alpha_{\dots}}{\partial Y_{\dots}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial D_{20}}{\partial X_{10}} & \frac{\partial D_{20}}{\partial Y_{10}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \alpha_{20}}{\partial X_{10}} & \frac{\partial \alpha_{20}}{\partial Y_{10}} \end{bmatrix}$$

2. Pembentukan matriks bobot (W), dimana pada penelitian ini matriks bobot sama dengan matriks identitas (W=I) berukuran  $n \times n$  dengan komponen matriks 0 dan 1.
3. Pembentukan vektor konstanta (L) ukuran  $n \times 1$  yang berisi selisih nilai observasi dan nilai terhitung dari koordinat tentatif. Nilai terhitung adalah nilai yang dihitung menggunakan persamaan (11) dan (12). Berikut susunan vektor (L)

$$L = \begin{bmatrix} \Delta D_1 \\ \Delta \alpha_1 \\ \Delta D_{\dots} \\ \Delta \alpha_{\dots} \\ \Delta D_{20} \\ \Delta \alpha_{20} \end{bmatrix}$$

4. Menghitung nilai vektor parameter estimasi ( $\hat{x}$ ) dimana matriks ini akan berukuran  $u \times 1$ , yang dihitung menggunakan persamaan (4). Vektor ini akan berisi nilai koreksi yang harus ditambahkan pada koordinat tentatif (koordinat pendekatan) untuk mendapatkan koordinat yang diratakan.
5. Setelah mendapat nilai vektor  $\hat{x}$  selanjutnya menghitung matriks variansi kovariansi unsur-unsur setelah perataan yang hasilnya akan digunakan untuk menghitung standar deviasi. Standar deviasi nantinya digunakan untuk uji signifikansi. Matriks ini dihitung menggunakan persamaan (5), (6), dan (7) secara berturut-turut. Ukuran matriks ini adalah  $u \times u$ .
  - Komponen pada diagonal utama matriks merupakan variansi yang selanjutnya akan dihitung standar deviasinya.
  - Komponen elemen non-diagonal merupakan kovariansi

Perlu ditegaskan bahwa hasil perataan MKT dalam konteks ini digunakan untuk memperoleh koordinat observasi yang lebih akurat dan konsisten, bukan untuk menghitung besaran deformasi secara langsung. Rangkaian matriks yang sudah disusun akan dihitung menggunakan perangkat lunak *microsoft excel*.

### 3.2.3 Uji Hipotesis Statistik (Signifikansi Deformasi)

Setelah nilai koordinat hasil perataan dari MKT sudah didapatkan selanjutnya akan dihitung besaran dan resultan pergeseran setiap periode pengukuran dengan pengukuran periode 1 (nilai referensi) menggunakan persamaan (1) dan (2). Untuk memastikan bahwa pergeseran yang terukur benar-benar menunjukkan adanya deformasi nyata dan bukan sekadar variansi acak atau kesalahan dalam pengukuran, akan dilakukan uji hipotesis statistik menggunakan metode uji-t (*t-test*). Nilai *df* (*Degree of Freedom*) yang digunakan adalah 20 karena jumlah observasi ada 40 dan 20 parameter yang diestimasi melalui MKT. Untuk menghitung nilai *df* (*Degree of Freedom*) digunakan persamaan:

$$df = n - u \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$t_h = \frac{|\Delta \text{Koordinat}|}{\bar{\sigma}_{1 \rightarrow n}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

|                                  |                                                |
|----------------------------------|------------------------------------------------|
| $df$                             | : <i>Degree of Freedom</i> (Derajat Kebebasan) |
| $n$                              | : Banyaknya nilai observasi                    |
| $u$                              | : Banyaknya parameter yang diestimasi          |
| $t_h$                            | : Nilai T-hitung                               |
| $\Delta Koordinat$               | : Selisih koordinat                            |
| $\bar{\sigma}_{1 \rightarrow n}$ | : Nilai rata-rata standar                      |

Berdasarkan hasil perhitungan nilai  $df = 20$  dengan selang kepercayaan yang digunakan adalah 95% atau setara dengan  $\alpha = 0.05$  maka nilai t-kritis dari tabel *t-distribution* untuk Uji-t dua sisi (*two tailed t-test*) adalah 2.0860 sehingga hasil uji bisa dinyatakan sebagai berikut:

- Jika  $|t_h| > t_k$  maka  $H_0$  Ditolak
- Jika  $|t_h| \leq t_k$  maka  $H_0$  Tidak Ditolak

### 3.2.4 Interpretasi hasil analisis deformasi

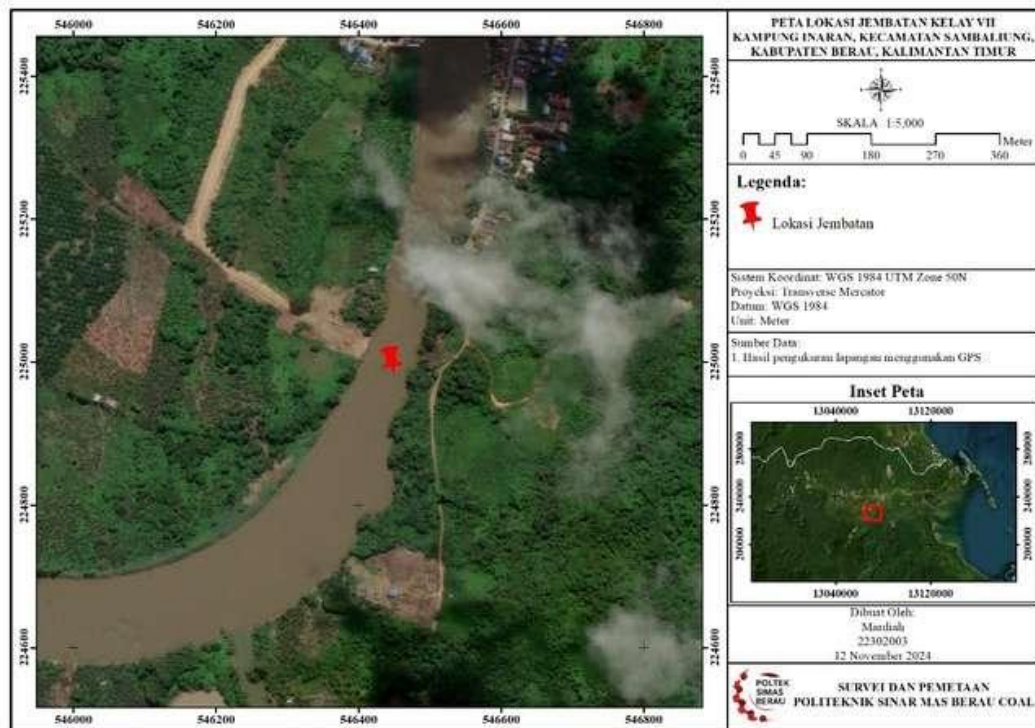
Setelah menghitung besaran deformasi dan uji statistik tahap akhir adalah interpretasi data dalam bentuk grafik vektor, tabel dan diagram batang.

Hasil perhitungan besaran deformasi diinterpretasikan untuk mengidentifikasi arah dan pola deformasi pada struktur jembatan Kelay VII. Proses ini melibatkan semua target, dan hasilnya akan menunjukkan arah pergerakan yang dominan dan apakah pergerakan tersebut konsisten di seluruh bagian jembatan yang diamati atau hanya pada bagian tertentu. Interpretasi ini akan dibuat dalam bentuk vektor arah pergeseran tanpa melibatkan besaran deformasinya.

Kemudian data hasil lainnya berupa besaran deformasi dan hasil uji signifikansi akan disajikan dalam bentuk tabel dan resultan deformasi akan disajikan dalam bentuk diagram batang untuk mempermudah identifikasi target yang mengalami pergeseran paling besar.

### 3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jembatan Kelay VII yang menghubungkan Kampung Inaran dan Kampung Pegat Bukur, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Lokasi tepatnya terletak pada koordinat geografis  $117^{\circ} 25' 3.00''$  E,  $2^{\circ} 2' 8.10''$  N. Jembatan Kelay VII terbentang diatas Sungai Kelay yang memiliki panjang total 105 meter dan lebar 6 meter, yang dibangun dengan rangka baja sepanjang 62 meter dan balok girder sepanjang 20 dan 25 meter, dengan perkiraan beban maksimal 8 ton. Lokasi Jembatan Kelay VII ditunjukkan pada gambar 3.3.



**Gambar 3. 3 Peta Lokasi Penelitian**

Dalam penelitian ini terdapat 4 titik kontrol dasar yang lokasinya berada di area luar jembatan. Lokasi titik kontrol pada jembatan di ilustrasikan dengan kotak merah, ilustrasinya seperti yang ada pada gambar 3.4:



**Gambar 3. 4 Ilustrasi lokasi titik kontrol (Sumber: Hasil foto udara 2025)**

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa peralatan dan bahan yang digunakan selama proses penelitian, dimulai dari tahap pengumpulan data di lapangan hingga analisis data disajikan seperti dibawah ini:

- Alat
  1. Alat ukur *total station* (sudah termasuk baterai) dengan spesifikasi alat disajikan dalam tabel 3.1

**Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat *Total station***

| Aspek                          | Spesifikasi                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Tipe                           | Sokkia CX-Series                                            |
| Jenis pengukuran               | Sudut dan jarak (EDM RED-tech), reflektor dan non-reflektor |
| Akurasi sudut                  | $\pm 2''$                                                   |
| Akurasi jarak tanpa reflektor  | $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$                          |
| Akurasi jarak dengan reflektor | $\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$                          |
| Jangkauan tanpa reflektor      | Hingga 500 m                                                |
| Jangkauan dengan reflektor     | Hingga 4.000 m (prisma tunggal)                             |
| Ketahanan cuaca                | IP66-tahan debu dan air                                     |
| Suhu operasional               | $-20^{\circ}$ hingga $+50^{\circ}$                          |

2. Prisma poligon
  3. Prisma tunggal
  4. Prisma tempel (termasuk kebutuhan lain yang digunakan untuk menempelkan)
  5. *Stick pole*
  6. Tripod/Statif
  7. Payung
  8. Meteran
  9. *Software microsoft excel*
  10. Laptop/Komputer
  11. USB
- Bahan
    1. Informasi koordinat referensi
    2. Data hasil pengukuran yang sudah dirata-ratakan untuk semua titik/periode