

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Dengan perkembangan Provinsi Riau saat ini tidak terlepas dari beberapa Kabupaten yang mendukung, sebagaimana kita ketahui Kabupaten Rokan Hulu termasuk bagian darinya. Dapat kita perhatikan peningkatan perkembangan daerah Kabupaten Rokan Hulu dari perkembangan di bidang pembangunan jalan dan jembatan.

Kabupaten Rokan Hulu yang merupakan salah satu kabupaten yang dilalui oleh beberapa sungai besar seperti: sungai Rokan dan sungai Mentawai, selanjutnya dengan keadaan geografis yang di kelilingi oleh bukit barisan, dalam hal ini peningkatan prasarana jalan biasanya sering mengalami hambatan akibat terbentangnya sungai yang memisahkan daerah satu dengan daerah yang lain. Untuk menghubungkan kedua sisi daerah ini dibutuhkan suatu sarana pendukung seperti jembatan agar moda transportasi mampu berjalan dengan baik dan tercapainya suatu sistem transportasi yang aman dan lancar

Jembatan menjadi tujuan dalam mendukung baiknya lalu lintas yang ada, didalam keilmuan geologi dan pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan, disebutkan persyaratan layan dasar sungai termasuk dalam prosedur penyelidikan yaitu penyelidikan keadaan daya dukung tanah dalam mendukung rencana pembangunan, dan faktor topografi mendukung dalam penentuan lokasi jembatan untuk menghindari daerah gerusan tanah yang tinggi. Syarat tersebut dilaksanakan agar dapat merencanakan jembatan yang ideal.

Dikutip pada berita yang diterbitkan oleh (halloriau.com) pada hari Senin tanggal 08 february 2016 pada pukul 09:31:30 Jembatan Sungai Mentawai yang terletak pada Kabupaten Rokan Hulu lebih tepatnya Kecamatan Rokan IV Koto, Desa Cipang Kiri Hilir telah runtuh yang menyebabkan terputusnya transportasi dari Desa Rokan menuju Desa Cipang Kiri Hilir dan tiga desa lainnya, mengingat jembatan tersebut merupakan satu-satunya akses penghubung yang digunakan sehari-hari dalam pengangkutan hasil perkebunan masyarakat setempat. Jembatan Sungai Mentawai merupakan jembatan permanen yang

dibangun dengan pondasi telapak dan struktur dengan rangka baja, karena jembatan ini memiliki bentang 45 M.

Bertitik tolak dari uraian diatas timbul gagasan penulis untuk menganalisa jembatan dalam bentuk skripsi dengan judul analisa penentuan perletakan jembatan (studi kasus jembatan mentawai desa cipang kiri hilir). Melalui penelitian ini diharapkan dapat menentukan perletakan jembatan yang ideal.

### **1.2. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisa posisi Jembatan Sungai Mentawai yang efektif dan ideal ditinjau dari topografi jembatan sebagai jembatan penghubung Desa Rokan dan Desa Cipang Kiri Hilir.

Manfaat dari penulisan skripsi ini agar nantinya dapat dijadikan acuan dalam perencanaan jembatan sungai mentawai.

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk penelitian pada study jembatan ini sangatlah luas dengan keterbatasan kemampuan dan waktu yang singkat, penulis tidak dapat menjadikan seluruh permasalahan dapat dibahas, untuk itu penulis hanya membahas beberapa pokok masalah agar dapat diselesaikannya penelitian ini diantaranya:

- a. Melakukan pengukuran situasi pada area sekitar Jembatan Sungai Mentawai.
- b. Melakukan pengujian sondir sebagai data pendukung dalam menentukan kesesuaian jembatan sungai mentawai.
- c. Menganalisa kesesuaian lokasi jembatan sungai mentawai menurut hasil survei.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Menurut Paud Halim (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Debit Terhadap Pola Gerusan Disekitar Abutmen Jembatan ( Uji Laboratorium Dengan Skala Model Jembatan Megawati), melakukan penelitian tentang gerusan disekitar abutmen jembatan dengan perbandingan skala dengan 180 menit, untuk mengetahui pengaruh gerusan terhadap debit air, keceatan aliran dan kedalaman aliran. Terjadi gerusan maksimum untuk variasi kedalaman aliran 3,7 cm, 4,9 cm dan 6,4 cm terjadi pada sisi depan *Abutmen* sebelah hulu dan angkutan sedimen mengendap di belakang abutmen.

Menurut Cahyono Ikhsan Dan Solicin (2008) dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Susunan Tirai Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal mengatakan dilakukan pengujian gerusan dan pengangkutan sedimentasi dengan membandingkan bentuk pilar, kondisi pilar untuk mengetahui pola gerusan dan besarnya penumpukan sedimen. Setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai reduksi yang paling besar terjadi pada pilar segiempat ujung bulat, dengan proteksi susunan tirai tipe zig-zag tipe 2 yaitu sebesar 31,5561 %, Sedangkan nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi susunan tirai tipe zigzag 2 sebesar 38,5323 %. Nilai reduksi yang paling besar pada pilar segiempat ujung bulat, dengan proteksi jarak tirai 2d yaitu sebesar 28.1770 %, Sedangkan nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi jarak tirai 2d sebesar 32.7189 %.

Menurut Ashadi Amir (2013) dalam jurnalnya berjudul Studi Keandalan Struktur Jembatan Sungai Tello (Lama) Berdasarkan Beban Lalu Lintas Umum Dan Trailer Super Berat Dengan Metode Moving Load mengatakan banyaknya kondisi struktur jembatan di indonesia mengalami kegagalan mekanis struktur seperti ambruk, amblas, akibat bencana alam, akibat beban operasional terlalu tinggi agar tidak terjadi lagi hal tersebut harusnya dilakukan analisis kapasitas dengan rating faktor dengan membandingkan kekuatan sisa tampang jembatan akibat layanan operasional aktual dengan beban trailer super berat dengan metode

moving load, dari hasil rating faktor dievaluasi keandalan struktur jembatan yaitu nilai beban ijin dengan kemampuan jembatan tersebut.

Menurut Agung Wahyudi, dkk (2014) dalam jurnalnya yang berjudul Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 Dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh) mengatakan analisa dilakukan dengan pemodelan jembatan dengan bantuan program *Midas Civil* dan dilakukan sesuai standar dengan peraturan standar pembebanan SNI T-02-2005, setelah dilakukan analisa didapatkan bahwa kerusakan struktur relatif (Dreflatif) sebesar 18 %. Nilai defleksi maksimum akibat kombinasi beban SNI T-02-2005 sebesar 38,29mm pada kondisi layan dan 68,92 mm pada kondisi ultimate masih dibawah nilai lendutan ijin maksimum  $L/800$  sebesar 75 mm sedangkan untuk nilai gaya batang (tegangan) terbesar pada batang diagonal sebesar 162 MPa masih di bawah nilai tegangan ijin baja sebesar 299,42Mpa.

Menurut Rangga Aditya Pratama (2011) dalam jurnalnya yang berjudul Analisa Dan Investigasi Longsoran Jembatan Tambakboyo Pada Ruas Jalan Lingkar Ambarawa mengatakan jembatan tambakboyo mengalami masalah longsoran timbunan oprit pada saat pembangunan pada salah satu abutmen yang mengakibatkan abutmen tersebut menjadi miring, berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, dipilih tiang pancang dengan diameter 45 cm pada konstruksi jembatan kaki seribu sepanjang 120 meter. Kedalaman tiang pancang berbeda-beda, dari 15 meter sampai 19 meter yang diharapkan dapat memberikan kestabilan untuk abutment dan tidak terjadi longsor lagi.

## **2.2.Keaslian Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Desa Cipang Kiri Hilir Kecamatan Rokan IV Koto Kabupaten Rokan Hulu atau lebih tepatnya pada area jembatan Sungai Mentawai, dalam pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan bulan maret menggunakan alat uji sondir dan pengukuran Theodolit untuk menggambarkan potongan melintang dan potongan memanjang sebagai penentu posisi jembatan yang sesuai dalam penelitian tersebut, peneliti menggunakan alat-alat yang dimiliki oleh Laboratorium Geoteknik Universitas Pasir Pengaraian Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil.

Dalam wawancara singkat dengan warga desa setempat Sejauh ini belum adanya informasi tentang adanya penelitian yang dilakukan terhadap Jembatan Sungai Mentawai.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Jembatan**

##### **3.1.1. Defenisi Jembatan**

Menurut Direktorat Jenderal Pekerjaan Umum Dan Direktorat Pembinaan Jalan Kota, panduan survai pendahuluan jembatan di daerah perkotaan No. 04/P/BNKT/1991 jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang menghubungkan suatu lintasan yang terputus akibat suatu rintangan atau sebab lainnya, dengan cara melompati rintangan tersebut tanpa menimbun / menutup rintangan itu. Lintas tersebut bisa merupakan jalan kendaraan, jalan kereta api atau jalan pejalan kaki, sedangkan rintangan tersebut dapat berupa sungai, jalanan, jalan kereta api, atau jurang.

Dalam suatu perencanaan jembatan banyak syarat-syarat dan ketentuan yang harus diperhatikan dalam beberapa bidang keilmuan seperti: ilmu hidrologi, geoteknik, mekanika tanah, rekayasa struktur. Ilmu –ilmu ini dipakai dalam suatu perencanaan jembatan dalam menentukan jenis pondasi, faktor aman gerusan dan penentuan lokasi pembangunan jembatan yang ideal.

##### **3.1.2. Klasifikasi Jembatan**

Dari segi fungsinya jembatan dibedakan antara lain:

a. Jembatan jalan raya (*highway bridge*)

Jembatan yang direncanakan untuk memikul beban lalu lintas kendaraan baik kendaraan berat maupun ringan. Jembatan jalan raya ini menghubungkan antara jalan satu ke jalan lainnya.

b. Jembatan Jalan Kereta Api (*railway bridge*)

Jembatan yang dirancang khusus untuk dapat dilintasi kereta api. Perencanaan jembatan ini dari jalan rel kereta api, ruang bebas jembatan, hingga beban yang diterima oleh jembatan disesuaikan dengan kereta api yang melewati jembatan tersebut.

c. Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*)

Jembatan yang digunakan untuk penyeberangan jalan. Fungsi dari jembatan ini yaitu untuk memberikan ketertiban pada jalan yang dilewati

jembatan penyeberangan tersebut dan memberikan keamanan serta mengurangi faktor kecelakaan bagi penyeberang jalan.

d. Jembatan darurat

Jembatan darurat adalah jembatan yang direncanakan dan dibuat untuk kepentingan darurat dan biasanya dibuat hanya sementara. Umumnya jembatan darurat dibuat pada saat pembuatan jembatan baru dimana jembatan lama harus dilakukan pembongkaran, dan jembatan darurat dapat dibongkar setelah jembatan baru dapat berfungsi.

Berdasarkan bahan bangunannya jembatan dapat digolongkan sebagai berikut:

a. Jembatan kayu

Jembatan kayu merupakan jembatan sederhana yang mempunyai panjang relatif pendek dengan beban yang diterima relatif ringan. Meskipun pembuatannya menggunakan bahan utama kayu, struktur dalam perencanaan atau pembuatannya harus memperhatikan dan mempertimbangkan ilmu gaya (mekanika).

b. Jembatan dengan beton bertulang jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)

Jembatan dengan beton bertulang pada umumnya hanya digunakan untuk bentang jembatan yang pendek. Untuk bentang yang panjang seiring dengan perkembangan jaman ditemukan beton prategang. Dengan beton prategang bentang jembatan yang panjang dapat dibuat dengan mudah.

c. Jembatan pasangan batu dan bata

Jembatan pasangan batu dan bata merupakan jembatan yang konstruksi utamanya terbuat dari batu dan bata. Untuk membuat jembatan dengan batu dan bata umumnya konstruksi jembatan harus dibuat melengkung.

d. Jembatan komposit

Jembatan komposit merupakan perpaduan antara dua bahan yang sama atau berbeda dengan memanfaatkan sifat menguntungkan dari masing – masing bahan tersebut, sehingga kombinasinya akan menghasilkan elemen struktur yang lebih efisien.

e. Jembatan baja

Jembatan baja pada umumnya digunakan untuk jembatan dengan bentang yang panjang dengan beban yang diterima cukup besar. Seperti halnya beton prategang, penggunaan jembatan baja banyak digunakan dan bentuknya lebih bervariasi, karena dengan jembatan baja bentang yang panjang biayanya lebih ekonomis.

Sedangkan menurut sistem strukturnya jembatan dapat dibedakan menjadi:

a. Jembatan lengkung (*arch bridge*)

Jembatan Pelengkung adalah bentuk struktur non linier yang mempunyai kemampuan sangat tinggi terhadap respon momen lengkung. Jembatan tipe lengkung lebih efisien digunakan untuk jembatan dengan panjang bentang 100 – 300 meter.

b. Jembatan gelagar (*beam bridge*)

Jembatan bentuk gelagar terdiri lebih dari satu gelagar tunggal yang terbuat dari beton, baja atau beton prategang. Jembatan jenis ini dirangkai dengan menggunakan *diafragma*, dan umumnya menyatu secara kaku dengan pelat yang merupakan lantai lalu lintas. Jembatan ini digunakan untuk variasi panjang bentang 5 – 40 meter.

c. Jembatan *cable-stayed*

Jembatan *cable-stayed* menggunakan kabel sebagai elemen pemikul lantai lalu lintas. Pada *cable-stayed* kabel langsung ditumpu oleh *tower*. Jembatan *cable-stayed* merupakan gelagar menerus dengan *tower* satu atau lebih yang terpasang diatas pilar – pilar jembatan ditengah bentang. Jembatan *cable-stayed* memiliki titik pusat massa yang relatif rendah posisinya sehingga jembatan tipe ini sangat baik digunakan pada daerah dengan resiko gempa dan digunakan untuk variasi panjang bentang 100 - 600 meter.

d. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Sistem struktur dasar jembatan gantung berupa kabel utama (*main cable*) yang memikul kabel gantung (*suspension bridge*). Lantai lalu lintas jembatan biasanya tidak terhubung langsung dengan pilar, karena

prinsip pemikulan gelagar terletak pada kabel. Jembatan ini umumnya digunakan untuk panjang bentang sampai 1400 meter.

e. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)

Jembatan beton prategang merupakan suatu perkembangan mutakhir dari bahan beton. Pada Jembatan beton prategang diberikan gaya prategang awal yang dimaksudkan untuk mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban.

f. Jembatan rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka umumnya terbuat dari baja, dengan bentuk dasar berupa segitiga. Elemen rangka dianggap bersendi pada kedua ujungnya sehingga setiap batang hanya menerima gaya aksial tekan atau tarik saja. Jembatan rangka merupakan salah satu jembatan tertua dan dapat dibuat dalam beragam variasi bentuk, sebagai gelagar sederhana, lengkung atau kantilever. Jembatan ini digunakan untuk variasi panjang bentang 50 – 100 meter.

g. Jembatan *box girder*

Jembatan *box girder* umumnya terbuat dari baja atau beton konvensional maupun prategang. *box girder* terutama digunakan sebagai gelagar jembatan, dan dapat dikombinasikan dengan sistem jembatan gantung, *cable-stayed* maupun bentuk pelengkung. Manfaat utama dari *box girder* adalah momen inersia yang tinggi dalam kombinasi dengan berat sendiri yang relatif ringan karena adanya rongga ditengah penampang. *box girder* dapat diproduksi dalam berbagai bentuk, tetapi bentuk trapesium adalah yang paling banyak digunakan. Rongga di tengah *box* memungkinkan pemasangan tendon prategang diluar penampang beton. Jenis gelagar ini biasanya dipakai sebagai bagian dari gelagar segmental, yang kemudian disatukan dengan sistem prategang *post tensioning*. Analisa *full prestressing* suatu desain dimana pada penampang tidak diperkenankan adanya gaya tarik, menjamin kontinuitas dari gelagar pada pertemuan segmen. Jembatan ini digunakan untuk variasi panjang bentang 20 – 40 meter. (<http://dhanieliezty.blogspot.co.id/2013/10/jenis-jenis-jembatan.html>)

### 3.2. Kondisi Jembatan

Menurut panduan *Bridge Management System* penyelidikan jembatan disebutkan jembatan memiliki kondisi berbeda tiap tipenya yaitu:

1. Jembatan Elevasi Tinggi
  - a. Jembatan ini harus memiliki kondisi sungai yang sempit
  - b. Dasar sungai harus bebas gerusan
  - c. Keadaan banjir memiliki debit seragam
2. Jembatan Elevasi Rendah
  - a. Jembatan memiliki debit banjir setara dengan lintasan jembatan
  - b. Keadaan jembatan elevasi rendah biasanya memiliki tingkat pengendapan yang tinggi
  - c. Jembatan memiliki dasar yang lebar dan landai
  - d. Dasar sungai memiliki pengangkutan sedimen yang rendah
3. Jembatan *Tipe Ford* Dan *Floodway*
  - a. Kondisi sungai harus memiliki keadaan yang lebar, dangkal dan landai.
  - b. Keadaan dasar sungai harus stabil.

### 3.3. Kelas Jembatan

Menurut Kelas jembatan terbagi atas beberapa bagian menurut bentangnya seperti tabel berikut :

**Tabel 3.1**Kelas Jembatan Terhadap Kelas Jalan

Kelas Jembatan ( M )	Kelas Jalan
A = 100	I
	IA
B = 70	II
C = 50	III
	III A
	IV
Darurat	V

Sumber : *Panduan Survei Pendahuluan Jembatan Didaerah Perkotaan, No.04/p/Bnkt/1991* direktorat Jenderal Bina Marga

**Tabel 3.2 Kelas Rencana Jalan**

Kelas Fungsional		Kelas Rencana		
		Tipe I Kelas	Tipe II	
			L.H.R	Kelas
Primer	Arteri	I	Semua Lalu Lintas	I
	Kolektor	II	$\geq 10.000$	I
$< 10.000$			II	
Sekunder	Arteri	II	$\geq 20.000$	I
			$< 20.000$	II
	Kolektor	N.A	$\geq 6.000$	II
			$< 6.000$	III
	Lokal	N.A	$\geq 500$	III
			$< 500$	IV

*Sumber : Bridge Management System 1992.*

### 3.4. Evaluasi Lapangan

Evaluasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kelayakan lokasi pembangunan jembatan, dalam kegiatan evaluasi lapangan biasanya untuk memeriksa batas-batas saluran dan membantu memperkirakan perilaku sungai akibat perubahan tataguna lahan atau lingkungan sehingga dalam suatu perencanaan dapat diketahui diperlukan atau tidak suatu pekerjaan pengendalian sungai.

### 3.5. Aspek Perencanaan Jembatan

Menurut Panduan Survei Pendahuluan Jembatan Didaerah Perkotaan, No.04/p/Bnkt/1991 direktorat Jenderal Bina Marga dalam menentukan suatu keadaan jembatan akan dibangun harus memperhatikan suatu keadaan lingkungan jembatan dan aspek-aspek dalam suatu pertimbangan misalnya aspek ekonomi, aspek sosial, aspek estetika, kecepatan rencana dan umur jembatan. Untuk itu dalam suatu pekerjaan perencanaan jembatan dibutuhkan suatu survei pendahuluan yang dimaksudkan sebagai mengetahui keadaan lokasi dan dalam suatu survei teknis dalam perencanaan dibutuhkan data-data seperti data topografhi, data survei tanah, dan data survei hidrologi.

### **3.6. Dasar Penentuan Letak Jembatan**

Dalam menentukan suatu letak jembatan yang ideal perlu dilakukan suatu kerja yang dinamakan survai pendahuluan yang dimaksudkan sebagai tinjauan awal guna mendapatkan data-data dalam proses perencanaan teknis jembatan, adapun beberapa hal pokok yang harus dilakukan yaitu :

a. Pemilihan lokasi

Menurut Panduan Survei Pendahuluan Jembatan Didaerah Perkotaan, No.04/p/Bnkt/1991direktorat Jenderal Bina Marga ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi jembatan sehingga jembatan yang direncanakan dapat terletak pada lokasi yang ideal seperti :

- 1) Jembatan sedapat mungkin tegak lurus terhadap arah aliran sungai
- 2) Sedapat mungkin menghindari arus yang bersifat mengikis dan memiliki laju aliran yang tinggi
- 3) Mengusahakan agar ketinggian tebing sungai lebih tinggi dari muka air banjir
- 4) Memilih daerah sungai yang pendek dan tepi tebing yang kuat

b. Bentang dan lebar jembatan

Bentang dan lebar jembatan berpengaruh terhadap kelas dan tipe jembatan yang dibangun untuk itu perlu dilakukan pengukuran bentang jembatan. Dan dapat dilihat pengaruh bentang terhadap tipe kelas jembatan pada tabel 3.1 kelas jembatan terhadap kelas jalan. Adapun syarat yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi terhadap bentang dan lebar jembatan seperti: stabilitas tebing, arah aliran, benda hanyutan, sifat-sifat sungai, dan profil sungai.

c. Survei topographi jembatan

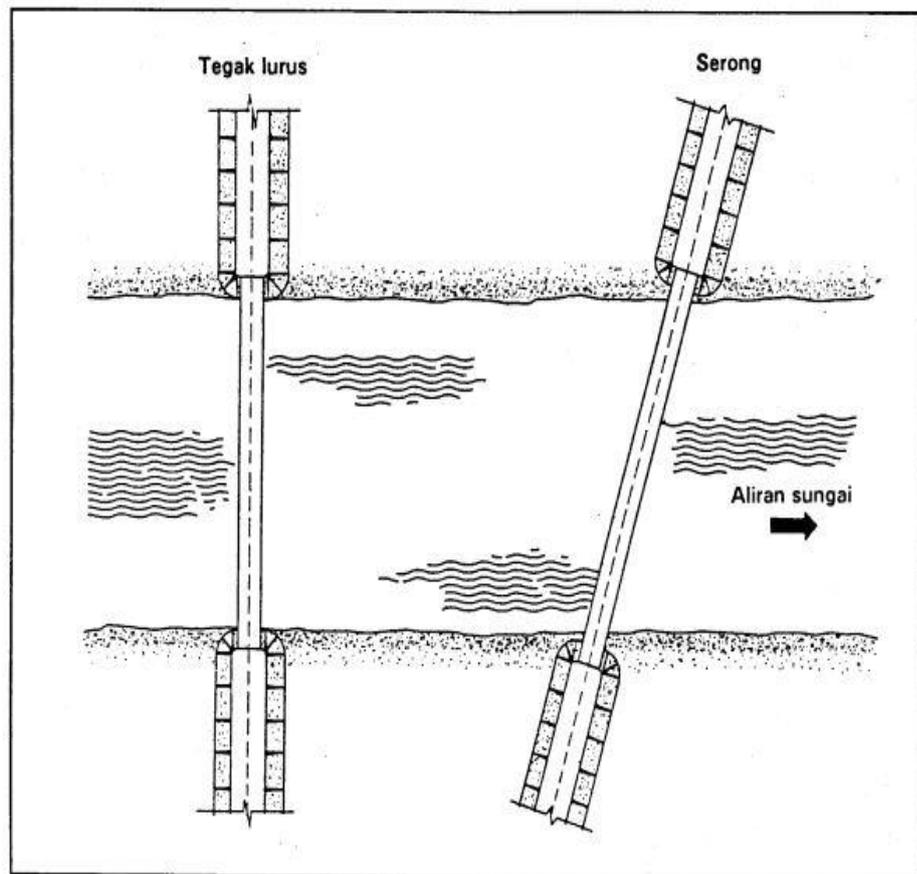
Menurut bms 1993 bagian 3 Survei topographi dimaksudkan sebagai kegiatan dalam proses perencanaan untuk menempatkan jembatan baru agar realinyemen dapat sesuai dengan as jalan.

Adapun kegiatan dalam survei topographi yaitu :

- 1) Melakukan pengukuran situasi jembatan
- 2) melakukan pengukuran penampang memanjang dan melintang sungai
- 3) Perhitungan dan penggambaran peta

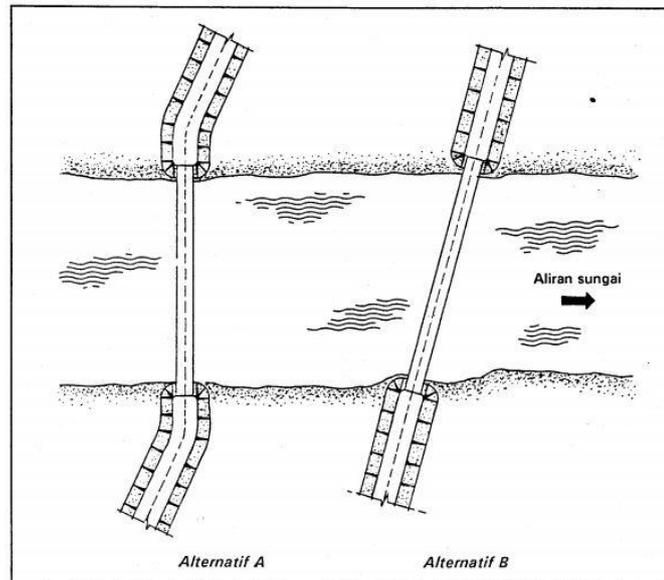
### 3.7. Pertimbangan Jembatan Dan Jalan

Menurut *Bridge Management System* (1993, pp.2-3) dalam panduan penyelidikan jembatan, Dilakukan pertimbangan untuk mendukung efektifitas jembatan terhadap alinemen jalan, dipilih atas perencanaan jalan ke perencanaan jembatan sehingga alinemen jalan dapat diubah-ubah atas dasar nilai ekonomi jembatan. Prinsip umum yang harus diikuti yaitu jembatan harus tegak lurus atau dapat diartikan jembatan tegak lurus terhadap penghalangnya dan haruslah sependek dan sepraktis mungkin. Untuk itu dalam pemilihan alinemen jembatan terhadap jalan harus memperhitungkan alinemen tegak lurus atau alinemen serong, namun dalam beberapa kasus dilapangan alinemen direncanakan sesuai kesesuaian lokasi dan diskusi antara perencana jalan dan perencana jembatan.



**Gambar 3. 1 Alinemen Tegak Lurus Dan Alinemen Serong.**

*Sumber : BMS 1993*



**Gambar 3. 2 Alinemen Alternatife**

*Sumber : Bridge Management System 1993*

### **3.8. Teknik Pengukuran Jembatan**

Pengukuran jembatan yaitu salah satu metode yang digunakan dalam suatu kegiatan perencanaan untuk menggambarkan secara detail keadaan jembatan, pengukuran situasi jembatan biasa juga disebut sebagai survei topographi.

Adapun data-data yang harus dicari pada pengukuran lokasi jembatan yaitu :

A. Pengukuran situasi jembatan

menurut panduan B.M.S 1993 Secara teknik dalam mewakili suatu gambaran situasi jembatan tim harus mengukur kekiri dan kekanan sungai sepanjang 100 meter dengan lebar pengukuran 50 meter.

B. Pengukuran titik kontrol horizontal dan vertikal

Dalam melakukan pengukuran titik kontrol horizontal jembatan ada 2 (dua) metode yang dipergunakan yaitu jaring-jaring poligon dan rangkaian segitiga, biasanya untuk sungai-sungai yang lebar 100 meter digunakan metode rangkaian segitiga dengan titik kontrol alat diletakkan pada 50-100 meter. Sedangkan dalam pengambilan titik kontrol vertical biasanya digunakan metode *double line crossing* khusus untuk sungai yang lebarnya 75 meter lebih.

C. Pengukuran penampang sungai

Pengukuran penampang sungai dibagi atas dua yaitu pengukuran penampang melintang dan pengukuran penampang memanjang, pengukuran penampang

melintang biasanya dilakukan dengan lebar 50 meter atau 25 meter kearah kiri dan kanan dengan sumbu as jalan, sedangkan pengukuran memanjang sungai diambil berdasarkan sepanjang sumbu jalan. Dengan kemajuan teknologi saat ini perencana tidak perlu repot-repot mengambil data penampang memanjang dan melintang sungai karena ada program yang dapat membantu jika perencana telah memiliki gambar atau point dari situasi sungai, adapun aplikasi program bantu tersebut yaitu autocad landdekstob.

### **3.9. Pemeriksaan tanah**

Dalam suatu perencanaan pemeriksaan tanah juga menjadi salah satu item yang penting karena data pemeriksaan tanah juga dibutuhkan untuk mengetahui jenis-jenis lapisan tanah, kedalaman tanah keras, dan pendukung dalam merencanakan pondasi.

Adapun beberapa alat yang dapat digunakan dalam pemeriksaan tanah yang telah ditemukan oleh para ahli terdahulu, seperti log bor, sondir, spt, hammer test dan lain-lain. Namun alat yang sering digunakan pada pemeriksaan tanah di Indonesia yaitu sondir, karena alat ini mudah dijumpai ataupun digunakan oleh pemula. Adapun panduan-panduan penggunaan dan cara penetrasi alat sondir ini telah di terbitkan oleh Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir (SNI 2827:2008)

### **3.10. Pemeriksaan alur sungai**

Pemeriksaan alur sungai menjadi salah satu syarat pendukung dalam perencanaan jembatan dikarenakan untuk merencanakan batas layan umur suatu jembatan, pada suatu alur sungai banyak memiliki suatu faktor yang dapat menimbulkan kegagalan bangunan jembatan.

Menurut *Bridge Management System* (1993,pp.7-8) dalam panduan penyelidikan jembatan bab 2 dilakukan survei pengenalan dan analisa data sungai yang tersedia akan membantu pembuatan pemilihan lokasi jembatan yang mungkin dan sesuai dengan lintasan air

Adapun kegiatan yang dilakukan adalah :

#### **A. Kedalaman Gerusan Umum**

Kedalaman rata-rata dari gerusan umum dalam alur sungai yang dibatasi dapat dihitung dari sub bagian 7, prediksi penggerusan dari panduan ini sesuai apakah dasar saluran dari pasir atau kerikil, atau dari bahan kohesif. Untuk alur

sungai yang tidak dibatasi dapat digunakan debit dominan atau debit penuh untuk menentukan kedalaman gerusan umum. Sebagai alternatif, pengukuran lapangan dari geometri saluran sungai dapat digunakan untuk pendekatan kedalaman gerusan.

#### B. Pekerjaan pengendalian

Keperluan untuk pekerjaan pengendalian akan tergantung pada stabilitas saluran pendekatan, pada apakah bukaan alur sungai dibatasi dan pada sifat bahan tebing sungai. Dalam keadaan dimana diperlukan bangunan pengendalian atau tebing pengarah, mereka memerlukan perlindungan dalam bentuk pasangan batu. Dalam daerah dimana tidak terdapat batuan, lokasi perlintasan yang memerlukan pekerjaan pengendalian minimum akan mempunyai banyak keuntungan dan dalam keadaan ekstrim, perlintasan yang membentangi lebar penuh dari dataran banjir dapat menjadi lebih murah untuk dilaksanakan disbanding dengan yang membatasi bukaan alur sungai dan memerlukan tebing pengarah.

### **3.11. Pola Aliran Sungai**

Menurut Rosalina (1997) menyatakan bahwa aliran dibagi atas 2 jika dikaji menurut waktu sebagai kriteria yaitu aliran tunak (*steady flow*) aliran dikatakan jika kedalaman aliran tak berubah terhadap waktu, sedangkan aliran taktunak (*unsteady flow*) jika kedalaman berubah terhadap waktu, dimaksud waktu disini yaitu situasi pada saat banjir atau adanya kenaikan gelombang sungai maka dari itu saluran sungai dapat dikategorikan saluran yang memiliki jenis aliran taktunak. Dalam suatu perencanaan kontruksi bangunan jembatan pola aliran sangatlah berpengaruh karena pengaruh pola aliran yaitu terhadap nilai gerusan dan sidimentasi sungai atau dapat berpengaruh terhadap umur jembatan yang dibangun.

#### **3.11.1. Pengaruh Kemiringan Sungai**

Kemiringan sangat berpengaruh terhadap distribusi tekanan yang terjadi pada sungai, tingginya distribusi tekanan ini dipengaruhi oleh keadaan sudut kemiringan  $\theta$  dan terhadap lebar sungai. Distribusi tekanan akibat kemiringan dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu saluran yang memiliki kemiringan besar dan saluran yang memiliki kemiringan kecil. Umumnya pada saluran dengan kemiringan besar memiliki sifat aliran dengan kecepatan lebih besar dibanding

kecepatan kritisnya. Hal ini menjadi landasan dalam suatu penentuan lokasi pembangunan jembatan biasanya perencanaan penentuan lokasi jembatan di gambarkan dalam suatu penggambaran topografi atau pembuatan peta situasi termasuk kedalamnya suatu potongan melintang dan memanjang sungai.

### **3.12. Pengukuran Topografi**

Topografi merupakan metode takimetri yang berguna dalam menentukan lokasi atau penggambaran besar detail topografik baik horizontal maupun vertikal dengan transit atau planset yang dikemukakan (Russell C. Brinker, 1997).

### **3.13. Pengukuran Situasi**

Menurut (Frick, 1979) dalam bukunya yang berjudul Ilmu Dan Alat Ukur Tanah pengukuran situasi merupakan pengukuran yang bertujuan membayangkan tentang tinggi rendahnya suatu area, hal tersebut dimaksudkan juga sebagai dasar penggambaran profil melintang dan memanjang. Profil melintang dan profil memanjang dimaksudkan sebagai berikut :

#### **3.13.1. Profil Memanjang**

Profil memanjang yaitu suatu potongan atau irisan secara tegak lapangan , profil memanjang sering diperlukan untuk membuat trase suatu pekerjaan proyek, seperti pekerjaan jalan kereta api, jalan raya, sungai, dan pipa air minum.

#### **3.13.2. Profil Melintang**

Profil melintang merupakan suatu potongan melintang biasanya potongan atau irisan melintang digunakan sebagai dasar suatu perencanaan kerja pada proyek.

### **3.14. Analisa Gerusan**

Gerusan merupakan pemindahan material sungai oleh aliran, gerusan dapat dibedakan menjadi 4 (empat) yaitu :

1. Gerusan umum

Gerusan umum yaitu merupakan gerusan yang terjadi secara alami baik pada sungai yang memiliki jembatan ataupun sungai yang tidak memiliki jembatan.

2. Gerusan local

Gerusan local merupakan gerusan yang terjadi akibat adanya gangguan pada pola aliran sungai.

3. Gerusan kontraksi

Gerusan yang terjadi pada umumnya pada bukaan alur jembatan.

4. Degradasi

Degradasi yaitu merupakan penurunan dasar alur sungai yang diakibatkan oleh proses geologi atau campur tangan manusia.

Metode dari C.R.Neill

$$D_m = 0.5(Q/F) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$F = 1.76 \sqrt{m}$$

Dimana :

$D_m$  = kedalaman gerusan rata-rata .

$Q$  = debit aliran.

$F$  = faktor silt dari lacey ( ukuran butiran ).

$M$  = ukuran butiran material dasar.

**Tabel 3.3 Nilai - Nilai Dari Faktor Silt Dan Lacey**

d50 = diameter median pasir berdasarkan berat (mm)	Nilai Faktor Silt f dan Lacey
0.06	0.4
0.1	0.6
0.2	0.8
0.3	1.0
0.5	1.2
0.7	1.5
1.0	1.8
1.3	2.0
<b>CATATAN</b>	
d50 diperoleh dari hasil analisa ayak yaitu ukuran butir yang dilampaui oleh 50% dari berat contoh tanah total	
kecuali apabila pengalaman menunjukkan hal yang berlawanan, maka nilai f untuk material pasir biasanya diambil 1.0	

*Sumber : peraturan perencanaan jembatan*

## **BAB IV**

### **METODOLOGI**

#### **4.1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk jenis penelitian langsung atau dengan menggali data untuk mendapatkan suatu hasil.

#### **4.2. Alat Dan Bahan Penelitian**

##### **A. Alat penelitian**

Dalam penelitian ini peneliti membutuhkan beberapa alat dalam pengambilan data dilapangan yaitu :

1) Theodolit

Theodolit adalah alat ukur statif yang digunakan pada penelitian ini sebagai alat untuk pengambilan titik statif x dan y dalam menggambarkan suatu peta situasi area Jembatan Sungai Mentawai.

2) Kompas

Kompas adalah salah satu alat penunjuk mata angin dan arah, pada penelitian ini kompas digunakan sebagai penunjuk arah timur dalam pengambilan data theodolit sebagai titik kontrol alat theodolit.

3) Statif

Statif adalah alat atau media sebagai meletakkan alat theodolit

4) Rambu ukur

Rambu ukur adalah media yang berbentuk rambu yang digunakan sebagai alat pengukur sebagai titik bacaan alat theodolit.

5) Meteran

Meteran adalah alat ukur tarik yang digunakan sebagai alat untuk mengukur panjang, pada penelitian ini meteran dipergunakan sebagai alat untuk mengukur sebuah titik titik pengukuran sebagai perletakan rambu.

6) Sondir

Sondir adalah alat satu alat untuk mengetahui daya dukung tanah setempat, alat sondir dipilih pada penelitian ini karena alat ini mudah untuk digunakan, konsep yang dipakai alat ini yaitu suatu konus

dimasukkan kedalam tanah dengan mengengkol alat sondir setelah pada kedalaman yang diinginkan konus menekan indikator dan memberikan suatu nilai daya dukung tekan konus.

7) GPS

Gps yaitu suatu alat yang dipergunakan untuk memberikan suatu keadaan dalam bentuk nilai garis bujur atau alat yang memberikan kita suatu keadaan lokasi.

B. Bahan penelitian

Adapun beberapa bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1) Formulir pengambilan data ukur

Formulir pengukuran termasuk pada bahan penelitian karena fungsinya yang cukup penting yaitu untuk mempercepat dan mempermudah dalam pengambilan data dilapangan.

2) Formulir pengujian tanah menggunakan sondir

Formulir pengujian tanah termasuk pada bahan penelitian karena fungsinya yang cukup penting yaitu untuk mempercepat dan mempermudah dalam pengambilan data dilapangan, formulir terlampir pada bagian lampiran penelitian ini.

3) Kayu penanda

Kayu penanda digunakan untuk memberikan tanda pada area untuk mempermudah dalam pengukuran situasi.

### **4.3. Metode Pengambilan Data**

#### **4.3.1. Pengambilan Data Pengujian Tanah**

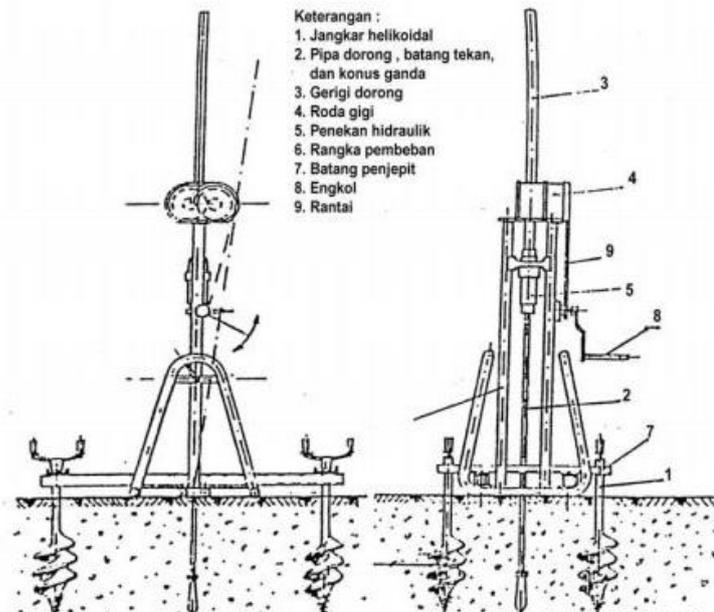
Metode yang digunakan dalam pengambilan data ini yaitu dengan metode uji langsung pada daerah studi kasus yaitu pada area tanah sekitar jembatan Sungai Mentawai Desa Cipang Kiri Hulu

Adapun cara-cara dalam pengambilan data tersebut yaitu :

A. Alat sondir

Alat sondir yaitu salah satu alat untuk mengetahui daya dukung tanah melalui nilai parameter alat dan mengetahui jenis-jenis lapisan tanah. Adapun peraturan-peraturan dalam melakukan pengujian tanah menggunakan sondir yang telah diatur oleh sni secara detail, yang akan dijelaskan singkat sebagai berikut :

Alat sondir memiliki suatu rangkaian-rangkaian wajib seperti mesin pembeban hidraulik, jangkar helikoidal, pipa dorong, batang tekan, konus ganda, gerigi dorong, roda gigi, penekan hidraulik, rangka pembeban, batang penjepit, engkol, dan rantai.



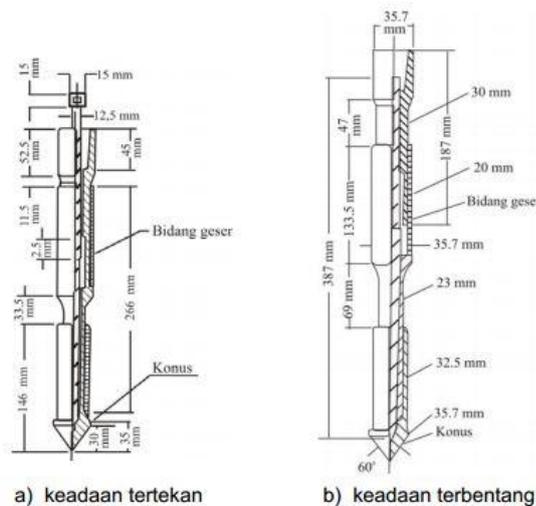
**Gambar 4. 1 Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)**

*Sumber : SNI (2827:2008)*

#### 1. Konus

Dalam suatu pengujian penetrasi tanah dibutuhkan konus sebagai alat yang masuk dan memiliki perilaku dorong, geser dan gesek, dari hasil pola konus didapatkan parameter-parameter yang penting dalam pengujian sondir, untuk itu konus harus memenuhi beberapa criteria yaitu:

- 1) Konus memiliki sudut  $600 \pm 50$
- 2) Konus harus memiliki ukuran diameter  $35,7 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$
- 3) luas proyeksi konus =  $10 \text{ cm}^2$
- 4) konus harus memiliki runcing dengan ukuran jari-jari runcing konus kurang dari 3 mm.
- 5) Konus ganda harus berbahan dasar baja yang sesuai untuk menahan abrasi tanah.



**Gambar 4. 2** Konus

*Sumber : SNI (2827:2008)*

## 2. Selimut Bidang Geser

Selimut bidang geser sondir memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Ukuran diameter luar selimut geser adalah 35,7 mm
- 2) Batang selimut geser harus memiliki luas penampang permukaan sebesar 150 cm<sup>2</sup>
- 3) Selimut batang geser memiliki sambungan yang direncanakan aman terhadap masuknya kedalam tanah.
- 4) Bahan batang selimut geser harus mempunyai nilai material sebesar 0,5  $\mu$  m AA

## 3. Pipa Dorong

Syarat-syarat yang harus dimiliki pipa dorong sondir yaitu sebagai berikut :

- 1) Pipa dorong memiliki panjang 1,00 m.
- 2) Diameter pipa dorong harus sama dengan diameter konus.
- 3) Pipa dorong sondir memiliki diameter dalam yang tetap.
- 4) Pipa-pipa dorong harus memiliki sambungan dengan rangkaian baut yang harus memiliki syarat kaku dan lurus ketika disambung satu dengan yang lain.

## 4. Batang Dalam

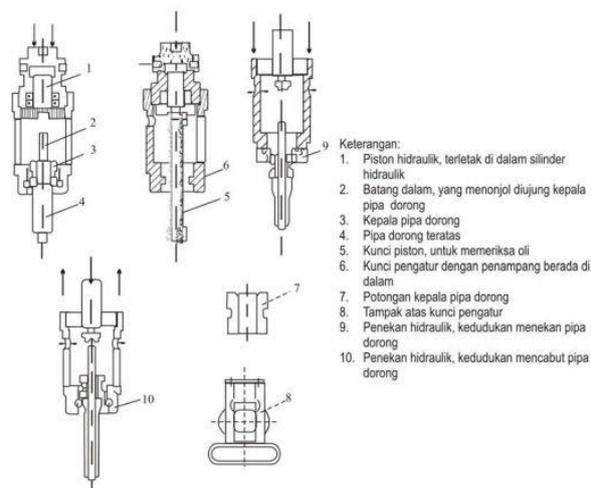
Syarat batang dalam alat sondir sebagai berikut :

- 1) Batang dalam memiliki bahan material baja yang terdapat pada dalam pipa dorong.
- 2) Panjang diameter dalam memiliki perbedaan 0,1 mm dengan batang luar atau pipa dorong.
- 3) Jarak ruangan antara batang dalam dan pipa dorong berkisar 0,5 mm dn 1,0 mm
- 4) Dalam menggunakan batang dalam Pipa dorong , batang dalam harus dilumasi oleh minyak atau oleh untuk menghambat proses perkaratan atau korosi.
- 5) Batang dalam dan rongga dalam pipa dorong harus bersih dari butiran-butiran untuk mencegah terjadinya gesekan.

#### 5. Mesin Pembeban Hidroulik

Mesin pembeban hidrolis adalah rangkai sondir yang berguna dalam mendorong pipa dorong dank onus untuk mendapatkan nilai perlawanan konus, mesin pembeban hidroulik memiliki syarat-syarat sebagai berikut :

- 1) Mesin pembeban hidrouik harus dijepit oleh 2 buah batang penjepit agar tidak bergerak ketika konus ditekan kedalam tanah saat pengujian
- 2) Mesin penekan hidrolis memiliki komponen-komponen pendorong seperti engkol pemutar, rantai, roda gigi, gerigi dorong dan penekan hidraulik.
- 3) Penekan hidroulik dimaksudkan sebagai pendorong dan penarik pipa dorong.
- 4) Penekan hidroulik dipasangkan 2 buah manometer bacaan dengan kapasitas 0 Mpa s.d 2 MPa dengan ketelitian 0,05 Mpa.



**Gambar 4. 3 Rincian Penekan Hidraulik**

*Sumber : SNI (2827:2008)*

## B. Teknik Pengujian Alat Sondir

Adapun beberapa langkah dalam pengujian sondir yaitu sebagai berikut:

- 1) Pertama persiapkan alat sondir lengkap pada daerah yang akan diuji.
- 2) Selanjutnya pasang angker penahan sondir pada kanan dan kiri alat.
- 3) Atur ketegakan alat hingga datar dengan waterpass.
- 4) Naikkan piston pendorong pada atas dengan mengengkol peralatan sondir searah jarum jam.
- 5) Buat lubang pada titik konus untuk penusukan pertama kali.
- 6) Pasangkan manometer pembacaan tekanan pada alat sondir yang terletak pada rangkaian alat pendorong.
- 7) Selanjutnya pasang tiang penyambung pada konus lalu kunci pada kuncian pendorong.
- 8) Setelah pipa dorong terpasang dan tersambung dengan konus maka selanjutnya putar engkol hingga konus masuk pada kedalaman 20 cm
- 9) Pada kedalaman 20 cm baca kenaikan parameter pada indikator manometer dan tulis pada lembar formulir pembacaan pada baris cw
- 10) Setelah pembacaan pertama selesai maka putar engkol berbalik arah jarum jam kemudian buka kunci pipa dorong, selanjutnya putar kembali engkol searah jarum jam maka manometer akan bergerak baca tekanan pada manometer dan tulis pada baris tw dalam formulir pengujian.
- 11) Ulangi pengujian sampai pada tekanan manometer yang diinginkan atau pada batas 150 kpa untuk sondir ringan dan 300 kpa untuk sondir berat.

## C. Metode perhitungan

Dalam perhitungan pengujian sondir telah diatur dan dipaparkan oleh Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir (SNI 2827:2008)

### A. Nilai Perlawanan Konus ( $Q_c$ )

Nilai perlawanan konus ( $Q_c$ ) dengan pergerakan mendorong konus dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P \text{ konus} = P \text{ piston} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$Q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \dots\dots\dots(4.3)$$

$$A_{pi} = \pi (D_{pi})^2 / 4 \dots\dots\dots(4.4)$$

$$A_c = \pi (D_c)^2 / 4 \dots\dots\dots(4.5)$$

Nilai  $D_{p1} = 3,56$  cm

$$D_c = 3,56 \text{ cm}$$

Dimana ;

QC = nilai perlawanan konus ( kpa )

CW = nilai pembacaan perlawanan konus ( kpa )

APi = luas penampang piston (  $\text{cm}^2$  )

Ac = luas penampang konus (  $\text{cm}^2$  )

Dpi = diameter piston ( cm )

Dc = diameter konus ( cm )

B. Nilai Perlawanan Geser Konus ( Fs )

Nilai perlawanan geser lokal diperoleh bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{konus}} + P_{\text{geser}} = P_{\text{piston}} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$(q_c \times A_c) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi} \dots\dots\dots(4.7)$$

$$(C_w \times A_{pi}) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi} \dots\dots\dots(4.8)$$

$$f_s = K_w \times A_{pi} / A_s \dots\dots\dots(4.9)$$

$$A_s = \pi D_s L_s \dots\dots\dots (4.10)$$

$$K_w = (T_w - C_w) \dots\dots\dots (4.11)$$

Nilai  $d_s = 3,56$  cm

$$L_s = 13,30 \text{ cm}$$

Dimana :

Ac = Luas penampang konus (  $\text{cm}^2$  )

Fs = Perlawanan Geser Local ( kPa )

AS = Luas Selimut Geser (  $\text{cm}^2$  )

TW = Pembacaan Nilai Perlawanan Geser Dan Konus (kPa)

KW = Selisih Antara Nilai Bacaan Konus ( kPa)

DS = Diameter selimut geser ( cm )

LS = Panjang Selimut Geser ( cm )

C. Nilai Perlawanan Geser (Rf)

Angka banding geser diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai perlawanan geser lokal (fs) dengan perlawanan konus (qs), dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_f = (f_s / q_c) \times 100 \dots\dots\dots (4.12)$$

Dimana :

$R_f$  = Angka Banding Geser ( % )

D. Geseran Total ( $T_f$ )

Nilai geseran total ( $T_f$ ) diperoleh dengan menjumlahkan nilai perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) yang dikalikan dengan interval pembacaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_f = (f_s \times \text{interval pembacaan}) \dots\dots\dots (4.13)$$

Nilai interval pembacaan = 20 cm

Dimana :

$T_f$  = Nilai Geseran Total

**4.3.2. Metode pengambilan data pengukuran Theodolit**

Theodolit adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur keadaan untuk mudah dalam mengetahui jarak dan beda tinggi.

A. Bagian-bagian peralatan theodolit

Theodolit terdiri dari beberapa rangkaian yaitu rangkaian atas dan rangkaian bawah, adapun bagian-bagian rangkaian tersebut yaitu :

- 1) Rangkaian Atas
  - a. Teropong
  - b. Nivo tabung
  - c. Sekrup okuler dan objektif
  - d. Sekrup gerak vertikal
  - e. Sekrup gerak horizontal
  - f. Layar bacaan vertikal dan horizontal (untuk digital)
  - g. Nivo kotak
  - h. Sekrup pengunci teropong
  - i. Sekrup pengunci sudut vertikal dan horizontal
  - j. Sekrup pengatur sudut vertikal dan horizontal
- 2) Bagian bawah
  - a. Statif atau trifoot
  - b. Skrup penetel nivo

- c. Unting-unting
- d. Sekrup pengunci pesawat

## B. Cara pengukuran

Langkah langkah awal dalam suatu pengukuran menggunakan alat penyipat datar yaitu perlunya kita mengenal pengaturan alat dan langkah-langkah kerja dalam penyetelan alat ukur seperti theodolit, adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penyetelan alat penyipat datar yaitu sebagai berikut :

1. Tegakkan statif atau tripot pada titik alat ukur, stel ketinggian statif sesuai dengan kemudahan kita dalam mengukur, biasanya tinggi statif yang biasa digunakan oleh orang yaitu setinggi dada pengukur.
2. Setelah ketinggian statif telah diatur selanjutnya kunci skrup statif hingga kencang
3. Setelah statif telah selesai di stel maka selanjutnya kita meletakkan alat ukur atau pesawat pada kedudukan statif, stel kedataran dan letak statif dengan posisi tepat di pusat.
4. Setelah itu kita kunci pesawat dengan skrup pengunci pesawat yang terdapat pada trifoot atau statif.
5. Setelah itu letakkan alat tepat pada titik pengukuran atau tanda letak alat
6. Setelah alat ukur telah siap tegak maka selanjutnya kita atur nivo kotak dengan mengatur skrup pengatur nivo kotak hingga gelembung pada posisi tengah, dalam menyetel nivo trik mudah untuk mengaturnya yaitu kendorkan skrup ketika gelembung nivo pada posisi pinggir dan ingat gelembung menandakan bahwa posisi tersebut lebih tinggi.
7. Selanjutnya putar teropong 180 derajat ketika menggunakan theodolit digital agar sudut pada layar muncul.
8. Setelah langkah-langkah tersebut kita set alat ukur pada posisi utara sebagai titik acuan, ini berguna sebagai mempermudah kita dalam memindahkan alat ukur, tanpa mengambil data ukur balik kebelakang.

## C. Metode perhitungan data theodolite

1) Perhitungan Jarak Jika Memakai Sudut Bacaan Vertikal ( Zenith )

$$D_o = (BA-BB) \times 100 \times \sin V, \text{ jarak optis ..... (4.14)}$$

$$D_o = (BA-BB) \times 100 \times \sin^2 V, \text{ jarak datar v..... (4.15)}$$

2) Perhitungan Jarak Jika Memakai Sudut Vertikal (Elevasi)

$$D_o = (BA-BB) \times 100 \times \cos V, \text{ jarak optis} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$D_o = (BA-BB) \times 100 \times \cos^2 V, \text{ jarak datar} \dots\dots\dots (4.17)$$

Dimana :

$D_o$  = Jarak

BA = Benang Atas

BB = Benang Bawah

3) Perhitungan Beda Tinggi ( $\Delta H$ ) Jika Memakai Sudut Vertikal (Zenith)

$$\Delta h = ta + dh - BT \tan V \dots\dots\dots (4.18)$$

Dimana :

$\Delta h$  = Beda tinggi

BT = Benang Tengah

TA = Tinggi alat

Dh = nilai sudut horizontal

4) Perhitungan Beda Tinggi ( $\Delta H$ ) Jika memakai sudut vertikal (elevasi)

$$\Delta h = ta + (dh \times \tan V) - BT \dots\dots\dots (4.19)$$

5) Perhitungan Ketinggian

$$TP_x = TP_1 + \Delta h \dots\dots\dots (4.20)$$

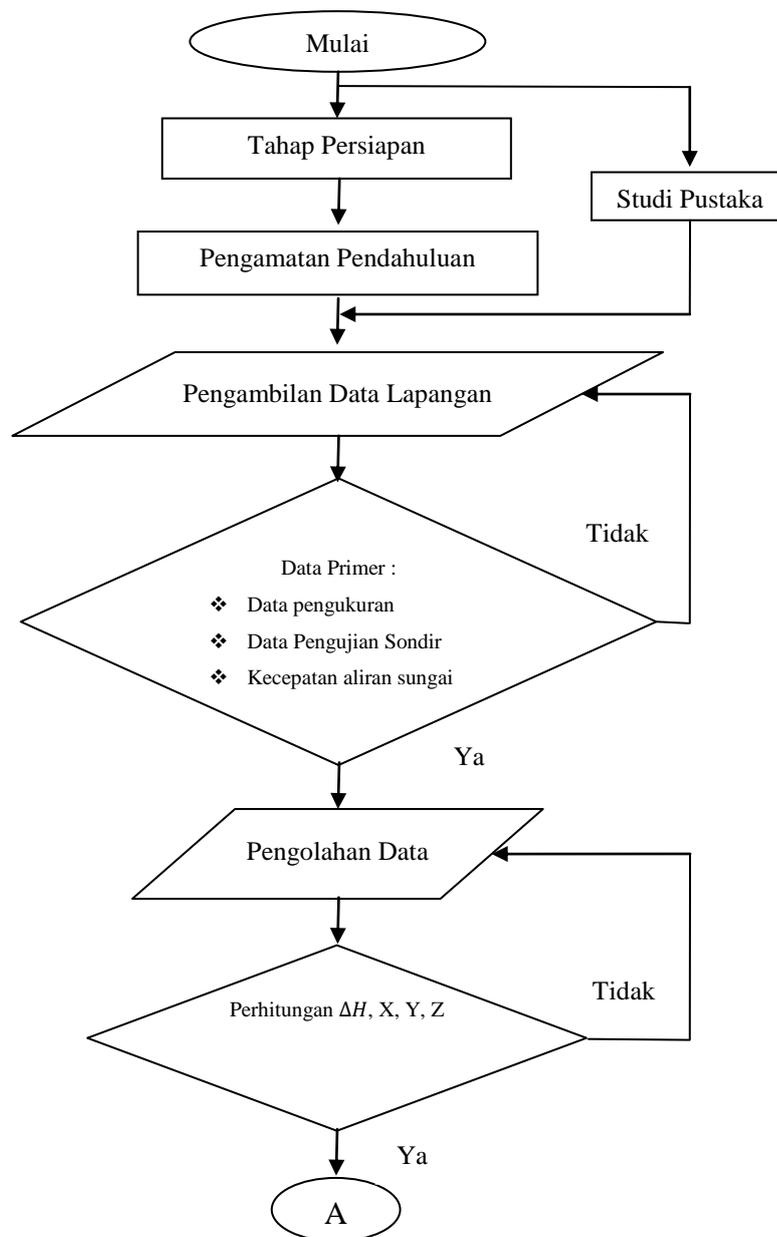
Dimana :

TP<sub>1</sub> = ketinggian di titik pesawat

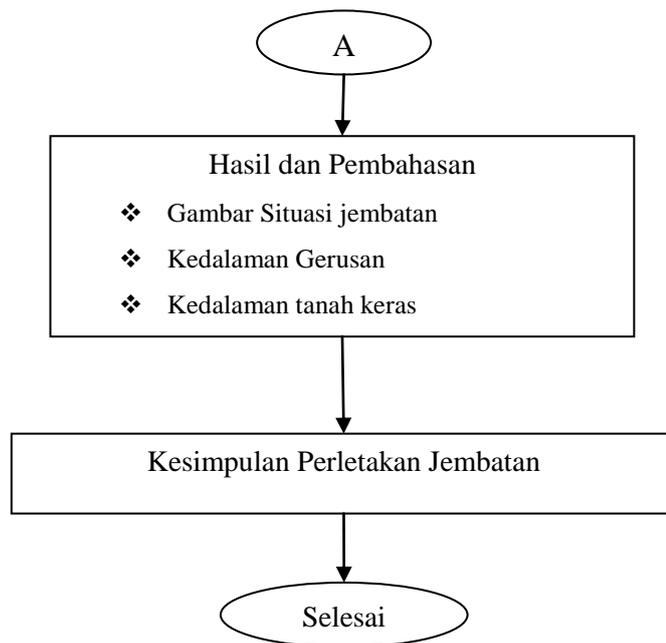
#### 4.4. Pengolahan Data

Setelah data-data diperoleh kemudian data tersebut dianalisa yaitu dengan memproses data-data tersebut. Penulis menggunakan rumus-rumus yang telah dikemukakan oleh para ahli terdahulu melalui program Microsoft excel dan selanjutnya akan digambarkan menggunakan *Autocad Land Dekstop 2009* dari autodesk.

#### 4.5. Bagan Alir Penelitian



**Gambar 4. 4 Bagan Alir Proses Penelitian**



**Gambar 4. 5 Diagram Alir Proses Penelitian**