

ANALISA PENGARUH GETARAN PEMANCANGAN UNTUK PONDASI JALAN TOL PEKANBARU-DUMAI TERHADAP PIPA GAS PT.TGI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar
Sarjana Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



Oleh :

HAFIZ RAHMAT
153610183

**PRODI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH GETARAN PEMANCANGAN UNTUK PONDASI JALAN TOL PEKANBARU-DUMAI TERHADAP PIPA GAS PT. TGI

Disusun Oleh :

HAFIZ RAHMAT

153610183

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal
27 Februari 2020 Dan Dinyatakan
Telah Memenuhi Syarat Diterima

Disetujui Oleh :

Pembimbing

Husnul Kausarian.,Ph.D

NIDN.1014028602

Disahkan Oleh :

Pekanbaru, April 2020

Ka. Prodi Teknik Geologi

Dewandra Bagus E.P, B.Sc. (Hons), M,Sc

NIDN.1021128902

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan di cantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “Software” komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 30 April 2020

Penulis



HAFIZ RAHMAT

153610183

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur semoga selalu terpanjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan limpaham rahmat dan hidayahNya kepada kita semua sehingga dengan bantuanNya, laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan Untuk Pondasi Jalan Tol Pekanbaru-Dumai Terhadap Pipa Gas PT.TGI” bisa selesai tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini, saya juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyelesaiannya laporan, di antaranya:

1. Orang Tua yang selalu mendukung selama proses penulisan dan penyusunan laporan.
2. Bapak Husnul kausarian.,Ph.D selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing sehingga laporan ini bisa selesai.
3. Dosen Prodi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau; Bapak Dewandra Bagus E.P, B.Sc (Hons), M.Sc, Bapak Adi Suryadi, B.Sc (Hons), M.Sc, dan ibu Yuniarti Yuskar ST.,Mt. yang telah memberikan ilmu mengenai bidang geologi..
4. Sahabat-sahabat Ar-Rahman Army; Anjas Latif R., Dilla Permata Sari, Bayu Defitra, Riyan Subekti, Seppia Khairani, dan Zulhikmah yang telah memberikan semangat dalam proses pembuatan laporan ini..
5. Rektorat Universitas Islam Riau beserta jajarannya, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau beserta jajarannya, dan Ketua Jurusan serta Sekretaris Jurusan Prodi Teknik Geologi yang telah sabar dan menerima saya sebagai mahasiswa.
6. Teman-teman geologi angkatan 15 terima kasih karena telah membuat saat-saat belajar di teknik geologi menjadi indah dan istimewa.
7. Kepada semua pihak semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, saya ucapkan terima kasih atas bantuan dan motifasinya.

Di dalam menyusun dan menyelesaikan laporan ini, saya menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, berbagai bentuk kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sehingga saya bisa menyempurnakan laporan ini sebagaimana mestinya. Semoga laporan ini bermanfaat khususnya bagi para pembaca terutama para *Geoscientist*

Pekanbaru, 30 April 2020

Hafiz Rahmat



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

ANALISA PENGARUH GETARAN PEMANCANGAN UNTUK PONDASI JALAN TOL PEKANBARU-DUMAI TERHADAP PIPA GAS PT.TGI

HAFIZ RAHMAT

153610183

SARI

Daerah Penelitian berada di Daerah Duri, pada ruas jalan tol pekanbaru-dumai section 5 dengan koordinat $101^{\circ}15'50.18''$ - $101^{\circ}15'56.01''$ BT dan $1^{\circ}13'51.49''$ - $1^{\circ}13'42.30''$ LU. Penelitian ini dilakukan karna adanya proses pemancangan pada ruas jalan yang menimbulkan getaran terhadap pipa gas PT.TG. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh getaran akibat pemancangan pada pipa gas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *geolistrik*, *magnetik*,sondir dan bor,Nilai magnetik dari daerah penelitian berkisar ± 52151.23 sampai ± 36344.87 .Nilai geolistrik pada daerah penelitian memiliki nilai tertinggi 3990 Ω m dan terendah 0.223 yang terdapat pada lintasan 3.Pada bor 1 dengan kedalaman 20 m terdapat 4 lapisan yaitu tanah timbun (0-0,5m), lempung merah (0.5-2.5m), lempung abu-abu cerah (2.5-4.5m) dan batulempung abu-abu kehijauan(4.5-30m) dan bor 2 memiliki 5 lapisan yaitu tanah timbun berupa lempung pasir (0-0.5m), Lempung pasir kuning (0.5-2.30), Lempung abu-abu kehijauan (2.30-5m), Batulempung abu-abu kehijauan (5-23m) dan Batulempung abu-abu gelap (23-30m) dengan nilai konus mencapai 100kg/cm^2 pada kedalaman 21 m.Nilai *velocity* gelombang tertinggi pada 2 kali test ialah 18,930 mm/s yang masih berada dibawah batas standart PT.TGI, sedangkan untuk nilai *amplitude* memiliki nilai 0,4726 mm dan melebihi batas standart, namun hasil dari perhitungan tekanan yang di terima pipa dengan nilai 63808.91 Psi masih di bawah batas aman yang kemudian berdasarkan data yang sama dimodelkan menggunakan plaxis 2D dan mendapatkan hasil tekanan yang jauh dibawah batas aman yaitu 0,031 MPa

Katakunci: Geolistrik, Magnetik, vibration test, *Velocity* dan *Amplitude*

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF DESIGN VIBRATION FOR
PEKANBARU-DUMAI TOLL ROAD FOUNDATION ON GAS PIPELINE OF
PT. TGI**

HAFIZ RAHMAT

153610183

ABSTRACT

The Research Area is in the Duri Region, on the Pekanbaru-dumai toll road section section with coordinates 101 ° 15'50.18 "-101 ° 15'56.01" East and 1 ° 13'51.49 "-1 ° 13'42.30" NU. This research was carried out because of the piling process on the road that caused vibration to the PT.TG gas pipeline. The purpose of this thesis is to find out how the effects of vibration due to staking in the gas pipeline. The method used in this study is the geoelectric, magnetic, sondir and drill methods, the magnetic value of the study area ranges from ± 52151.23 to ± 36344.87 . The geoelectric value in the study area has the highest value of 3990 Ωm and the lowest 0.223 found in the trajectory 3. On drill 1 with a depth of 20 m there are 4 layers, namely pile (0-0.5m), red clay (0.5-2.5m), bright gray clay (2.5-4.5m) and greenish gray claystone (4.5-30m) and drill 2 has 5 layers, namely landfill in the form of sandy clay (0-0.5m), yellow sandy clay (0.5-2.30), greenish-gray clay (2.30-5m), clay-gray clay (5-23m) and claystone dark gray (23-30m) with a conus value reaching 100kg / cm² at a depth of 21 m. The highest wave velocity value at 2 times the test is 18,930 mm / s which is still below the standard limit of PT. TGI, while the value for the amplitude has a value 0.4726 mm and exceeded the standard limit, but the results of the calculation of the right pipe received with a value of 63808.91 Psi is still below the safe limit which is then based on the same data modeled using 2D plaid and get the results of pressure far below the safe limit of 0.031 MPa

Keywords: Geoelectric, Magnetic, vibration test, Velocity and Amplitude

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN KEASLIAN PENELITIAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
SARI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Lokasi dan Kesampaian Wilayah	2
1.5 Batsan Masalah	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Waktu Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	4
2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian	5
2.3 Klasifikasi Jenis Tanah	6
2.4 Sondir/Bor	9
2.5 Vibration Test	10
2.5.1 Type-Type Pengukuran Vibrasi	12
2.5.2 Karakteristik Ground Vibration	14
2.5.3 Pengaruh Ground Vibration Terhadap Faktor Geologi	15

2.6 Survei Geolistrik	16
2.6.1 Konfigurasi	17
2.7 Survei Magnetik	19
2.7.1 Kemagnetan Bumi	20
2.8 Program Plaxis	21
2.8.1 Versi Plaxis	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Objek Penelitian	23
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	23
3.2.1 Inisial Investigasi	23
3.2.2 Sondir Test	23
3.2.3 Survei Magnetik	27
3.2.4 Survei Geolistrik	30
3.2.5 Vibration Test	31
3.2.6 Penghitungan Tekanan Pada Pipa	34
3.3 Pemodelan plaxis 2D	36
3.4 Alur Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Lokasi Penelitian	38
4.2 Ketersedian Data	39
4.3 Magnetik	39
4.4 Geolistrik	41
4.4.1 Lintasan	41
4.4.1.1 Lintasan 1	45
4.4.1.2 Lintasan 2	45
4.4.1.3 Lintasan 3	45
4.4.1.4 Lintasan 4	45
4.4.2 Interpretasi Lintasan	45

4.5 Sondir dan Bor	46
4.5.1 Sondir	46
4.5.2 Boring	50
4.5.2.1 Titik Bor 1	51
4.5.2.2 Titik Bor 2	52
4.6 Vibration Test.....	53
4.6.1 Vibration Test 1	53
4.6.2 Vibration Test 2	55
4.7 Perhitungan Tekanan Pada Pipa.....	57
4.8 Pemodelan Dengan Program Plaxis 2D	60
4.8.1 Analisa Tekanan Yang Diterima pipa Menggunakan Plaxis 2D.....	60
4.8.2 Analisa Tekanan Menggunakan Plaxis Dengan Parit	61
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gambar 1.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian (ruas jalan tol pekanbaru-dumai section 5)	2
Gambar 2.1 Fisiografi Cekungan Sumatera Tengah 4 (Heidrick dan Aulia, 1993)	
Gambar 2.2 Gelombang Seismik.....	11
Gambar 2.3 Propagation velocity gelombang compressional dan shear yang melalui tanah dan batuan.....	15
Gambar 2.4 Aliran Arus Listrik.....	16
Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner (Wilson, 2003)	18
Gambar 2.6 Konfigurasi Schlumberger (Wilson, 2003).....	19
Gambar 2.7 Deklinasi adalah besar sudut penyimpangan arah utara Magnet terhadap arah utara geografis, inklinasi adalah besar sudut penyimpangan arah magnet terhadap arah horizontal	20
Gambar 3.1 Alat sondir	24
Gambar 3.2 Batas Kerusakan Dan Rekomendasi.....	27
Gambar 3.3a Proton magnometer.....	28
Gambar 3.3b Pipe locator	28
Gambar 3.3c GPS	28
Gambar 3.4 Labtop	31
Gambar 3.5 Alat-alat geolistrik	31
Gambar 3.6 Vibrasi meter	32
Gambar 3.7 Hubungan antara Displacement, velocity dan acceleration	34
Gambar 3.8 Alur Penelitian	37
Gambar 4.1 Citra Satelit Daerah Penelitian (Google Earth)	38
Gambar 4.2 Peta kerangka daerah penelitian	39
Gambar 4.3 Grafik Geomagnetik	40
Gambar 4.4 Penampang Resistivitas Lintasan 1	42
Gambar 4.5 Penampang Resistivitas Lintasan 2	43

Gambar 4.6 Penampang Resistivitas Lintasan 3	44
Gambar 4.7 Penampang Resistivitas Lintasan 4	45
Gambar 4.8 Grafik datum Lintasan 1	46
Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Sondir.....	47
Gambar 4.10 Grafik Klasifikasi Tanah (Robertson.1986)	48
Gambar 4.11 Bor Log Titik 1	50
Gambar 4.12 Bor Log Titik 2	53
Gambar 4.13 Grafik Pengukuran Velocity Titik Pancang.....	54
Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Amplitude/displacement Titik Pancang	55
Gambar 4.15 Grafik Pengukuran Velocity dan amplitude Titik Pancang.....	56
Gambar 4.16 Pemodelan Tekanan Pada Plaxis 2D	60
Gambar 4.17 Model Total Stress	61
Gambar 4.18 Pemodelan Tekanan Pada Plaxis 2D Dengan Parit	62
Gambar 4.19 Model Total Stress	62
Gambar 5.1 Ilustrasi pemancangan dengan parit.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jadwal kegiatan penelitian.....	3
Tabel 2.1 klasifikasi tanah berdasarkan USCS.....	7
Tabel 3.1 Nilai Potensi Ground vibration.....	25
Tabel 4.1 Nilai Konus (qc) dan Rasio Fraction (FR)	48
Tabel 4.2 Nilai Konus (qc) dan Rasio Fraction (FR)	49
Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengukuran Gelombang.....	54
Tabel 4.5 Nilai Hasil Pengukuran Gelombang.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan perkembangan dan peningkatan pembangunan infrastruktur pada daerah perkotaan yaitu berupa pembangunan gedung serta jembatan-jembatan yang mana dalam pembangunan jembatan tersebut harus memiliki sistem pondasi yang kuat serta tidak membawa dampak negatif bagi masyarakat sekitar.

Jenis tiang pancang yang digunakan pastinya memiliki daya dukung yang sangat baik, oleh sebab itu Pekerjaan struktur jalan tol ruas pekanbaru-dumai didesain bersilangan dengan posisi pipa PT TGI, pekerjaan jalan tol tersebut dibangun dengan pondasi tiang pancang. Getaran yang terjadi akibat pemancangan tersebut terasa cukup besar, sehingga pihak PT TGI mengkhawatirkan akan terjadi dampak terhadap pipa gas mereka akibat pekerjaan tiang pancang tersebut.

Jenis pondasi tiang pancang sudah banyak digunakan untuk gedung bertingkat maupun jembatan karena mempunyai daya dukung yang sangat baik, tetapi proses yang dilakukan saat pemancangan akan menimbulkan getaran yang cukup besar sehingga memungkinkan membawa dampak buruk bagi keberadaan pipa gas bawah tanah. Untuk mengetahui dampak langsung dari getaran saat dilakukan proses pemancangan maka perlu diketahui intensitas getaran dan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Pengukuran dilakukan pada jarak yang telah ditentukan serta alat yang mendukung untuk mengukur intensitas getaran.

Hal – hal tersebut menjadi dasar untuk melakukan penelitian Jalan Tol Pekanbaru-Dumai, Riau dengan judul ***“Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan untuk Pondasi Jalan Tol Pekanbaru-Dumai Terhadap Pipa Gas PT. TGI”***

1.2 RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

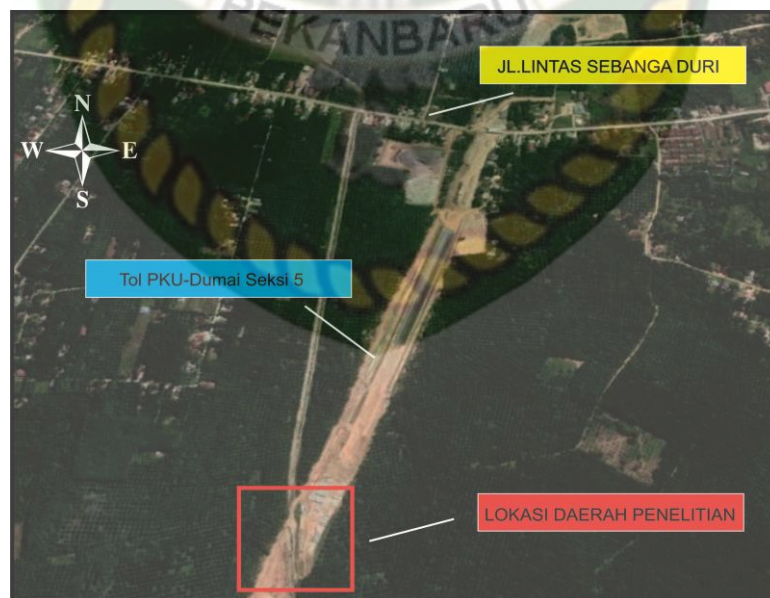
1. Bagaimana litologi bawah permukaan area sekitar pilling
2. Bagaimana keadaan bawah permukaan area sekitar pipa gas PT.TGI
3. Bagaimana Pengaruh Getaran akibat Pemancangan terhadap pipa gas PT. TGI?
4. Bagaimana Pengaruh Tekanan akibat Pemancangan terhadap pipa gas PT. TGI ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai ialah:

1. Untuk mengetahui litologi bawah permukaan area sekitar pilling
2. Untuk mengetahui keadaan bawah permukaan sekitar pipa
3. Untuk mengetahui pengaruh getaran pemancangan terhadap pipa PT.TGI
4. Untuk mengetahui pengaruh tekanan pemancangan terhadap pipa gas PT. TGI

1.4 LOKASI DAN KESAMPAIAN WILAYAH



Gambar 1.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian (ruas jalan tol pekanbaru-dumai section

5)

1.5 BATASAN PENELITIAN

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah mencari pengaruh getaran yang dihasilkan oleh pemancangan tiang terhadap pipa gas serta mengetahui adanya pengaruh intensitas getaran yang ada terhadap perubahan atau deformasi tanah.

1.6 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini berguna untuk menerapkan ilmu pengetahuan geologi serta mengetahui untuk mengetahui pengaruh getaran terhadap pipa gas bawah tanah. Selain itu metode untuk pengaplikasiannya juga dapat dimanfaatkan pada ketahanan tanah untuk pembangunan konstruksi berupa jembatan tol.

1.7 WAKTU PENELITIAN

Tabel 1.1 Jadwal kegiatan penelitian

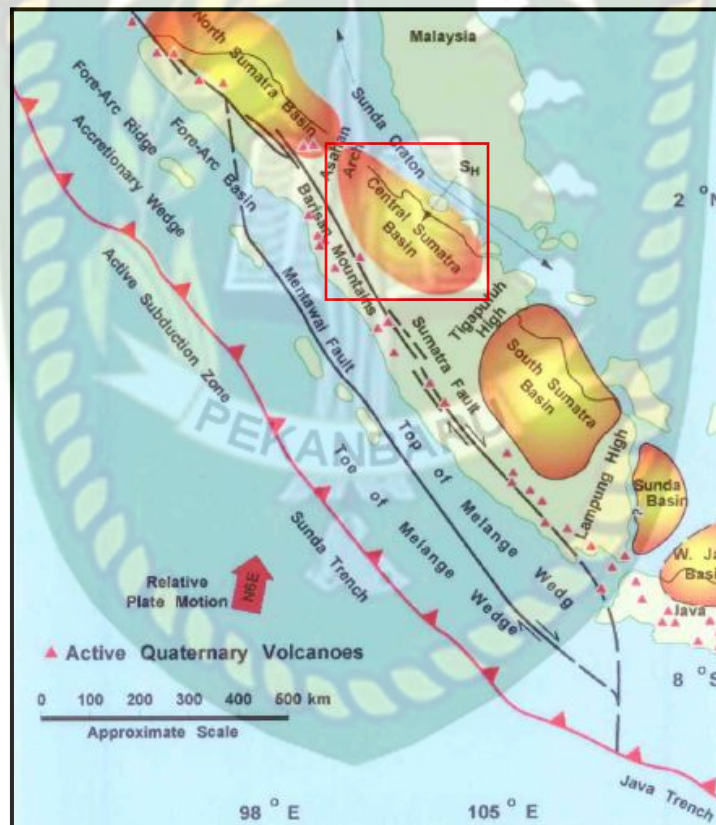
Bulan	September				Oktober				November				Desember				Januari			
Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan Proposal, Studi Literatur dan Bimbingan Proposal																				
Kegiatan Penelitian Lapangan dan Studi Literatur																				
Sondir/Bor dan uji laboratorium																				
Vibration Test																				
Geositrik																				
Geomagnetik																				
Laporan Akhir																				
Seminar Hasil																				

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara Geologi Pekanbaru- Dumai termasuk ke dalam Cekungan Sumatra Tengah merupakan cekungan belakang busur (back arc basin) yang berkembang sepanjang tepi paparan sunda di Baratdaya Asia Tenggara (Heidrick dan Aulia, 1993). Cekungan ini terbentuk akibat penunjaman lempeng Samudra Hindia yang bergerak relatif ke arah Utara dan menyusup ke bawah lempeng Benua Asia



Gambar 2.1 Fisiografi Cekungan Sumatra Tengah(Heidrick dan Aulia, 1993)

Cekungan Sumatra Tengah terbentuk pada awal Tersier dan merupakan seri dari struktur half graben yang terpisah oleh blok horst yang merupakan akibat dari gaya ekstensional yang berarah Timur-Barat. Batuan Tersier tersingkap dari Bukit Barisan di sebelah Barat Sumatra hingga ke dataran pantai Timur Sumatra. Pada beberapa daerah half graben ini diisi oleh sedimen clastic non-marine dan sedimen danau (Eubank dan Makki 1981 dalam Heidrick, dkk.,

1993).Cekungan Sumatra Tengah berbentuk asimetri yang berarah Baratlaut-Tenggara.Cekungan Sumatra Tengah bagian Baratdaya dibatasi oleh Bukit Barisan, bagian Baratlaut dibatasi oleh Tinggian Tigapuluh dan bagian Timurlaut dibatasi oleh Keraton Sunda

2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan sejarah geologi yang dihubungkan dengan evaluasi tektonik lempeng dimana fae tektonika cekungan sumatra tengah dibagi 4 fase yaitu F0,F1,F2, dan F3, urutan stratigrafi Cekungan Sumatra Tengah dapat dibagi menjadi empat sekuen pengendapan yang merefleksikan fase-fase yang berbeda pada perkembangan cekungan (Eubank dan Makki 1981 dalam Heidrick, dkk., 1993) urutan-urutan tersebut adalah:

- Sekuen *syn-rift* yang berumur Eosen-Oligosen Bawah yang tersusun oleh sedimen kipas aluvial, fluvial dan lakustrin yang mempunyai batuan sumber lokal.
- Sekuen *post-rift* yang berumur Oligosen Atas-Miosen Tengah yang tersusun atas sedimen fluvial, batupasir delta dan laut, batu serpih dan batubara.
- Sekuen *syn-orogenic* berumur Miosen Tengah-Pliosen yang terdiri dari batupasir, batuserpih, batubara, sedimen delta dan fluvial.
- Sekuen *post-orogenic* berumur Plietosen-Holosen terdiri dari Pasir, tanah gambut dan estuarin.

Stratigrafi regional didalam Cekungan Sumatra Tengah tersusun dari beberapa unit formasi dan kelompok batuan dari yang tua ke muda. Batuan dasar yang berfungsi sebagai landasan Cekungan Sumatra Tengah dibagi menjadi tiga kelompok batuan (Eubank dan Makki 1981 dalam Heidrick, dkk., 1993) (Gambar 2.2), yaitu:

1. *Mallaca Terrane* di sebut juga *Quartzite Terrane* yang terdiri dari kuarsit, batugamping kristalin, sekis dan serpih yang berumur 295Ma dan 1112-122,150Ma serta diintrusi oleh granodiorit dan granitik yang berumur Jura. Kelompok ini dijumpai pada *coastal plain* yaitu bagian Timur dan Timurlaut

2. *Mutus Assemblage* (Kelompok Mutus), merupakan zona yang memisahkan antara *Quartzite Terrane* dan *Deep-Water Assemblage*. Kumpulan Mutus ini terletak di sebelah Baratdaya dan *coastal plain* dan tersiri dari batuan ofiolit dan sedimen laut dalam.
3. *Deep-Water Mutus Assemblage* atau disebut *Graywacke Terrane*, Kelompok ini terletak dibagian Baratdaya dari kelompok Mutus. Kelompok ini tersusun oleh *Graywacke*, *pebbly-mudstone* dan kuarsit.

Secara tidakselaras di atas batuan dasar diendapkan suksesi batuan-batuan sedimen Tersier. Stratigrafi Tersier di Cekungan Sumatra Tengah dari yang tua hingga paling muda adalah Kelompok Pematang, Kelompok Sihapas (Formasi Menggala, Bangko, Besakap dan Duri), Formasi Telisa, Formasi Petani dan diakhiri oleh Formasi Minas.

2.3 Klasifikasi Jenis Tanah

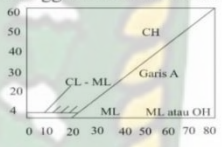
Ada 2 cara menentukan klasifikasi tanah, yaitu :

A. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Sistem klasifikasi tanah ini yang umum digunakan, klasifikasi tanah berdasarkan Sistem Unified, maka tanah dikelompokkan dalam (Das,1952) :

1. Tanah butir kasar (*corarse grained soil*) yaitu tanah berbutir kasar dengan kurang dari 50% dari berat total tanah adalah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) dan S untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah berbutir halus dengan lebih dari 50% dari berat total tanah adalah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*moum* atau *silt*), C untuk lempung (*clay*), dan O untuk tanah organik (*organic solis*), serta PT digunakan untuk tanah gambut (*peat soils*).

Tabel 2.1 klasifikasi tanah berdasarkan USCS

DIVISI UTAMA	SIMBOL	NAMA UMUM	KRITERIA KLASIFIKASI
Tanah berbutir kasar > 500% Lolos saringan no. 200	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil - pasir pasir atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	$C_u = D_{60}/D_{10} = 4$ $C_u = (D_{60}) \times (D_{10}) / D_{10} \times D_{10}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
		Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
	GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	Batas - Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas - Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_u = (D_{60}) \times (D_{10}) / (D_{10}) \times (D_{10})$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas - Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas - Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$
	GM	Kerikil berlanau, sempurna kerikil - pasir - lanau	
	GC	Kerikil berlempung, sempurna kerikil - pasir - lempung.	
	SW	Pasir, bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
Tanah berbutir Halus 50% atau Lebih lolos ayakan No. 200	SP	Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	Diagram Plastisitas : Untuk mengklasifikasi kadar butir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasi nya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$
	SM	Pasir berlanau, campuran pasir lanau	
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung.	
	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus, berlanau atau berlempung	
		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah dengan sedang lempung berkerikil lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "Kurus"	
		Lanau - organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatom, atau lanau diatom, lanau yang elastis.	
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "Gemuk" (<i>Fat Clays</i>).	
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "Gemuk" (<i>Fat Clays</i>).	
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "Gemuk" (<i>Fat Clays</i>).	
Tanah - tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (Gambut), dan tanah - tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D - 24 88

B. Sistem Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO (*American Association Of State Highway an Transportation Official*)

Pada Sistem Klasifikasi AASHTO dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai Public Road Adminis tration Classification Sistem. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan. Klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini:

1) Ukuaran butir:

- Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan yang tertahan di ayakan No.20 (2mm).
- Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075mm).
- Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2) Plastisitas: Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila mana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastik sebesar 11 atau lebih

3) Apabila batuan (ukurannya lebih besar dari 75mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat

Sistem Klasifikasi Unified diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pemnuatan lapangan terbang yang dilakukan oleh The Army Corps of Engineering selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan United States Bureau of Reclamation tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar (coarse-grained-soil), yaitu: tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil dan S adalah untuk pasir (sand) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (fine-grained-soil), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (silt) anorganik, C untuk lempung (clay) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS:

W: Well Graded (tanah dengan gradasi baik)

P: Poorly Graded (tanah dengan gradasi buruk)

L: Low Plasticity (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H: High Plasticity (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

2.4 Sondir/Bor

Pekerjaan sondir (Dutch Cone Penetration Test, CPT) merupakan alat penyelidikan tanah yang sangat sederhana dan populer di Indonesia. Dari alat sondir, memberikan tekanan konus dan hambatan pelekut yang dapat dikorelasikan terhadap parameter tanah yang lain seperti : undrained shear strength, kompressibilitas, elastisitas tanah dan dapat memperkirakan jenis lapisan tanah dan parameter tanah lainnya.

Sampai sekarang ini, hasil uji sondir untuk tujuan-tujuan seperti :

- Evaluasi kondisi tanah bawah permukaan di lapangan, stratigrafi (menduga struktur lapisan tanah), klasifikasi lapisan tanah, kekuatan lapisan tanah dan kedalaman lapisan tanah keras.
- Menentukan lapisan tanah yang harus dibuang dan diganti dengan tanah yang lebih baik dan dipadatkan dan kontrol kepadatan tanah timbunan.
- Perencanaan pondasi dan perhitungan settlement.
- Perencanaan stabilitas lereng galian atau timbunan dan lain-lain.

Untuk menentukan letak dan banyaknya titik bor dan sondir suatu proyek banyak ditentukan oleh : jenis dan karakteristik struktur bangunan atas yang direncanakan, keanekaragaman struktur geologi dan kondisi topografi daerah setempat, serta lokasi atau daerah yang dianggap kritis. Pedoman penentuan letak dan banyaknya bor dan sondir belum ada acuan yang jelas/pasti, dari berbagai sumber yang pernah kami dapat dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk proyek baru yang luas, untuk survey pendahuluan jarak titik bor dan sondir antara 50 m sampai 150 m satu dengan yang lainnya. Sedangkan pada survey detail penentuan titik-titik bor dan sondir harus dilakukan pada bangunan yang berat dan penting.
2. Untuk struktur yang besar dengan jarak kolom dekat, tempatkan titik-titik bor dan sondir berjarak 15 – 25 m, utamakan meletakkan titik bor dan

sondir pada kolom yang bebannya berat, lokasi shearwall, lokasi ruang mesin dan sebagainya.

3. Bangunan Jembatan, tempatkan titik bor dan sondir ditengah/sekitar perletakan pondasi, jika tanah diragukan perlu dilakukan pemboran kearah keliling pondasi. Pada timbunan oprit jembatan yang tinggi dan lebar, minimal dilakukan 1 (satu) titik bor dan sondir.
4. Bangunan Gedung atau pabrik yang luas dengan beban kolom ringan sampai sedang, penempatan titik bor dan sondir cukup pada ke-empat sudut ditambah satu titik ditengah. Sedangkan untuk beban kolom berat dan daerah pantai perlu ditambah titik sondir dan boring.
5. Bangunan berat di tepi laut, seperti dry dock yang sudah ditentukan letaknya, letakkan titik bor dan sondir berjarak 15 meter, dan tempatkan titiktitik bor pada daerah kritis dan rawan erosi.
6. Rencana tembok penahan tanah yang panjang, tempatkan titik bor dan sondir masing-masing berjarak 60 m sepanjang alinemen dinding, dan tambahkan 2 (dua) titik bor atau 2 (dua) titik sondir diluar rencana dinding pada daerah yang dianggap kritis dan rawan longsor.

Namun demikian penentuan akhir letak dan jumlah titik boring dan sondir tergantung dari tenaga ahli geoteknik yang bersangkutan dan tergantung dari pengalaman yang pernah dilakukan. Hal yang terjadi adalah dibatasi oleh anggaran biaya yang tersedia

2.5 Vibration Test

Ground vibration adalah pergerakan seismik di tanah yang disebabkan oleh peledakan batuan, pemancangan tiang, lalu lintas, penggalian, getaran akibat pemadatan dan lain-lain, yang merupakan bentuk transportasi energi melalui tanah, dapat merusak struktur yang berdekatan ketika getaran mencapai tingkat tertentu. Beberapa jenis energi yang dilepaskan dari peledakan (blasting) merambat ke segala arah dari lubang ledak sebagai gelombang seismik dengan frekuensi yang berbeda. Energi dari gelombang seismik teredam oleh jarak dan gelombang dengan frekuensi tertinggi yang teredam lebih cepat. Ini berarti bahwa

rambatan frekuensi dominan dari suatu ledakan adalah frekuensi tinggi dalam jarak pendek dan frekuensi lebih rendah pada jarak yang lebih jauh.

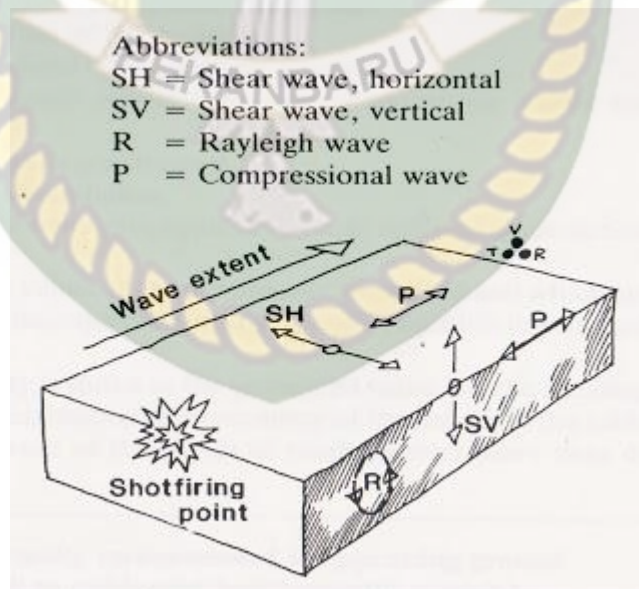
Ground vibration adalah suatu jenis gelombang seismik yang kompleks dan terdiri dari berbagai jenis gelombang, yaitu :

1. **P-wave**

P-wave juga disebut gelombang primer atau kompresi. Ini adalah gelombang paling cepat merambat melalui tanah. Partikel-partikel dalam gelombang bergerak ke arah yang sama dengan propagasi gelombang. Kepadatan materi akan berubah ketika dilewati gelombang.

2. **S-wave.**

S-wave juga disebut gelombang sekunder atau shear wave. Bergerak melalui medium pada sudut yang sesuai terhadap propagasi gelombang tetapi lebih lambat dari P-wave. S-wave merubah bentuk materi tetapi tidak merubah kepadatannya. Kedua gelombang untuk P-wave dan S-wave disebut sebagai body wave



Gambar 2. Gelombang seismik

Gambar 2.2 Gelombang Seismik

3. R-wave.

R-wave (gelombang Rayleigh) adalah gelombang permukaan yang memudar cepat sesuai perubahan kedalaman. Merambat lebih lambat dari gelombang P dan S dan partikel bergerak eliptik dalam bidang vertikal dan di arah yang sama dengan propagasi. Pengukuran ground vibration biasanya dilakukan pada satu atau beberapa titik di permukaan tanah. Untuk analisis total, prakteknya adalah untuk mengukur dalam tiga arah: vertikal, longitudinal dan transversal. Biasanya komponen vertikal yang dominan pada jarak lebih pendek. Oleh karena itu biasanya cukup untuk mengukur dalam arah vertikal. Untuk analisis getaran dari nilai yang terukur, fenomena getaran dapat dicatat sebagai fungsi dari riwayat waktu ke waktu. Kemudian displacement, particle velocity dan acceleration dapat direkam.

Aturan dasarnya adalah bahwa vibration velocity diukur pada struktur bangunan dll dengan geophone dan acceleration pada instalasi komputer dll dengan accelerometer. Jika vibration velocity diukur, acceleration dapat dihitung dan sebaliknya. Parameter yang paling menarik diperhatikan adalah pada kriteria kerusakan struktur bangunan yang perlu dilindungi dari getaran

2.5.1 Type-Type Pengukuran Vibrasi

Ada tiga dasar yang menjadi parameter dalam melakukan pengukuran vibrasi yaitu:

1. Displacement
2. Velocity
3. Acceleration

a) Displacement (Simpangan Getaran)

Displacement adalah ukuran dari pada jumlah gerakan dari pada massa suatu benda, dimana hal ini menunjukkan sejauh manabenda bergerak maju mundur (bolak-balik) pada saat mengalami vibrasi. Displacement adalah

perubahan tempat atau posisi dari pada suatu objek atau benda menuju suatu titik pusat (dalam hal ini massa benda berada dalam posisi netral). Besarnya gaya daripada Displacement dapat diketahui dari amplitude yang dihasilkan. Makin tinggi amplitude yang ditunjukkan, makin keras atau tinggi pula vibrasi yang dihasilkan. Displacement atau perpindahan dari suatu benda dapat diukur dalam satuan mil (dimana mil = 0,001 inc) atau dalam micron (dimana 1 micron = 0,001 mm)

Displacement biasanya sangat berguna pada batas frekuensi kurang dari 600 CPM (10 Hz). Frekuensi ini harus digunakan selama terjadi displacement untuk mengevaluasi gejala vibrasi. Pada keadaan biasa, dimana vibrasi pada 1 x RPM adalah 2 milis (25,4 micron PK) tapi hal ini belum memberikan konfirmasi yang cukup untuk menentukan apakah vibrasi pada tingkatan 2 mil, hal ini merupakan kondisi yang baik atau buruk, sebagai contoh, vibrasi 2 mils PK-PK pada 3600 CPM adalah lebih berbahaya dibandingkan dengan vibrasi 2 mils PK – PK pada 300 CPM.

b) Velocity (kecepatan getaran)

Velocity adalah jumlah waktu yang dibutuhkan pada saat terjadi displacement (dalam hal kecepatan). Velocity adalah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah vibrasi (contohnya unbalance, misalignment, mechanical looseness, dan kerusakan bearing atau bearing defect) pada mesin berkecepatan sedang. Velocity adalah ukuran kecepatan suatu benda pada saat bergerak atau bergetar selama berisolasi. Kecepatan suatu benda adalah nol pada batas yang lebih tinggi atau lebih rendah, dimulai pada saat berhenti pada suatu titik sebelum berubah arah dan mulai untuk bergerak ke arah berlawanan. Velocity dapat ditunjukkan dalam suatu inch per second (in/sec) atau milimeter per second (mm/sec)

Velocity disini lain tidak sepenuhnya mempunyai frekuensi yang bergantung pada batas sekitar 600 sampai 120000 CPM (10 sampai 2000 Hz) dan pada dasarnya hanya merupakan satu pilihan ketika batas frekuensi berada pada 300 sampai 300000 CPM (5 sampai 500 Hz).

c) Acceleration (percepatan getaran)

Acceleration adalah jumlah waktu yang diperlukan pada saat terjadi velocity. Acceleration adalah parameter yang sangat penting dalam analisis mesin-mesin yang berputar (rotation equipment) dan sangat berguna sekali dalam mendeteksi kerusakan bearing dan masalah pada gearbox berkecepatan tinggi lebih cepat dan lebih awal. Acceleration diartikan sebagai perubahan dari velocity yang di ukur dalam satuan gravitasi. Pada posisi permukaan laut $1,0g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$ yang ekuivalen dengan $386,087 \text{ in/sec}$ atau $9806,65 \text{ mm/sec}$, harga yang digunakan untuk menyatakan akselerasi dari gravitasi (percepatan gravitasi) dalam satuan Inggris dan Metric (dimana in/sec/sec biasanya ditunjukkan sebagai in sec^2

2.5.2 Karakteristik Ground Vibration

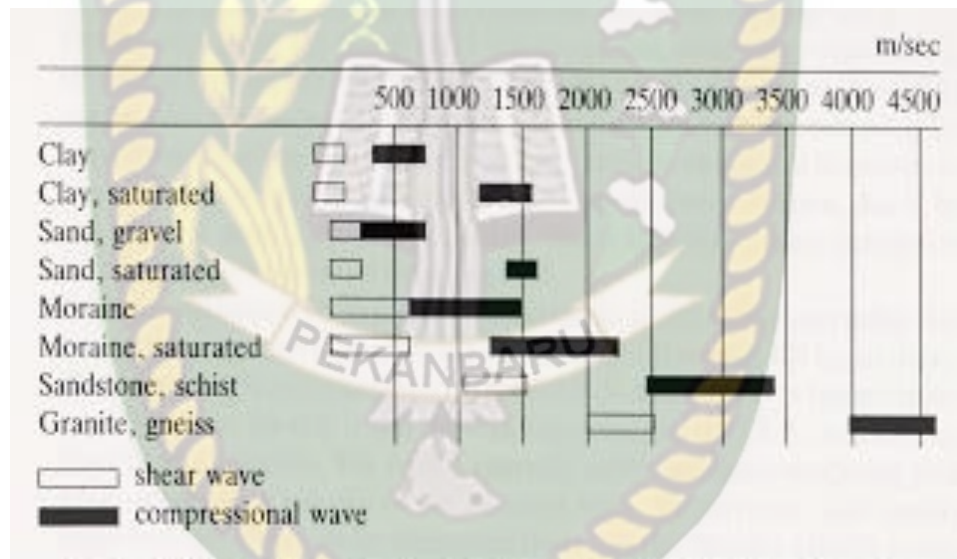
Getaran tanah (ground vibration) terjadi pada daerah elastis. Getaran tanah terjadi akibat tegangan (karena peledakan) yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volumenya akan kembali ke keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja. Getaran tanah akibat peledakan dapat diminimalisir dengan memperhatikan muatan bahan peledak yang diledakkan dalam satu delay dan jarak dari titik yang dilindungi. Cara yang praktis dan efektif untuk mengontrol getaran adalah dengan menggunakan scaled distance (SD), sehingga memungkinkan para pelaksana di lapangan dapat menentukan dengan cepat berapa muatan maksimum yang diijinkan dalam satu delay untuk jarak tertentu dari bangunan terdekat. $SD > 50$ kondisi getaran aman atau kerusakan yang terjadi akan kecil, sedangkan $SD = 50$ batas peledakan yang aman untuk getaran. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ground vibration sebagai berikut:

- Karakteristik massa batuan
- Struktur Geologi
- Design Peledakan
- Karakteristik dari bahan peledak
- Pola dan inisiasi lubang ledak

- Jarak dari lokasi peledakan

2.5.3 Pengaruh Ground Vibration Terhadap Faktor Geologi

Tanah dan batuan merupakan material berpori dengan massa dasar yang relatif rigid. Pori-pori terisi oleh air atau udara. Tanah merupakan massa yang terdiri atas butiran mineral yang memiliki friksi dan kohesif antar material. Dalam batuan sedimen butiran mineral tersementasi bersama-sama dan dalam batuan magma dan batuan metamorphous mineral telah mengkristal dalam massa batuan yang biasanya berisi celah air dan joint. Dalam prakteknya mungkin sulit untuk menilai propagation velocity yang akurat gelombang seismik dalam tanah dan batuan yang berbeda



Gambar 9. Propagation velocity gelombang compressional dan shear yang melalui tanah dan batuan yang berbeda.

Gambar 2.3 Propagation velocity gelombang compressional dan shear yang melalui tanah dan batuan.

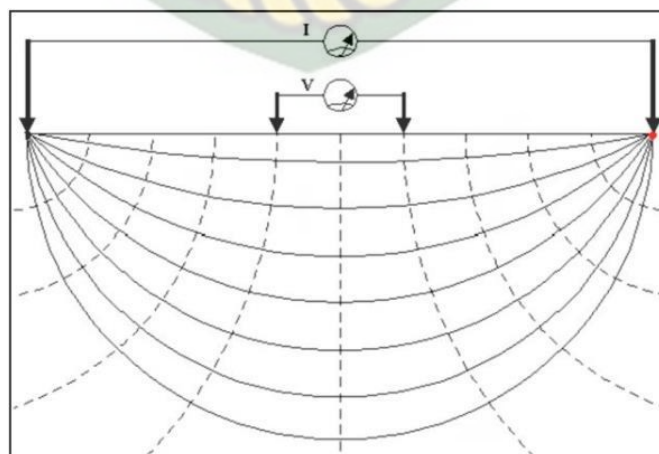
Propagation velocities gelombang Rayleigh tergantung pada frekuensi yang lebih rendah dibandingkan frekuensi untuk gelombang shear. Setiap lingkungan geologi memiliki karakteristik masing-masing ground vibration yang mempengaruhi perambatan gelombang vibration. Karakteristik ground vibration tergantung pada sifat berikut :

- Elastic constants tanah (elastic dan shearing moduli) yang menentukan kecepatan propagasi gelombang.

- Jenis dan kedalaman tanah yang menentukan rentang dominan frekuensi dan jenis gelombang.
- Kelembaban tanah dan water level air tanah
- Topografi dan morfologi, yang dapat mefokuskan gelombang seismik.
- Karakteristik peredaman dari tanah.

2.6 Geolistrik

Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC ('Direct Current') yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah 'Elektroda Arus' A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui 2 buah 'Elektroda Tegangan' M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar.



Gambar 2.4 Aliran Arus Listrik

Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang biasa disebut $AB/2$ (bila digunakan arus listrik DC murni), maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari $AB/2$.

2.6.1 Konfigurasi

Metoda geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke empat buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Setiap konfigurasi mempunyai metoda perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Metoda geolistrik konfigurasi Schlumberger merupakan metoda favorit yang banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan dengan biaya survei yang relatif murah.

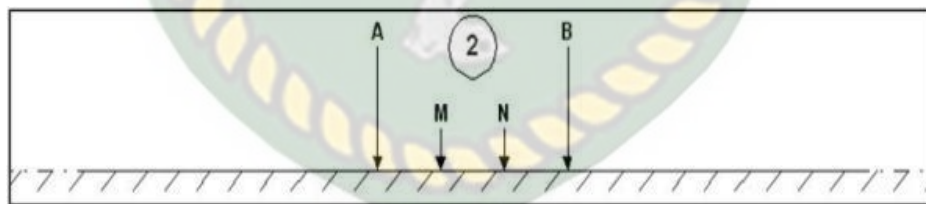
Umumnya lapisan batuan tidak mempunyai sifat homogen sempurna, seperti yang dipersyaratkan pada pengukuran geolistrik. Untuk posisi lapisan batuan yang terletak dekat dengan permukaan tanah akan sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran tegangan dan ini akan membuat data geolistrik menjadi menyimpang dari nilai sebenarnya. Yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan adalah fragmen batuan lain yang menyisip pada lapisan, faktor ketidakseragaman dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung pada jalan, genangan air setempat, perpipaan dari bahan logam yang bisa menghantar arus listrik, pagar kawat yang terhubung ke tanah dsbnya. 'Spontaneous Potential' yaitu tegangan listrik alami yang umumnya terdapat pada lapisan batuan disebabkan oleh adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan yang berbeda juga akan menyebabkan ketidak-homogenan lapisan batuan. Perbedaan tegangan listrik ini umumnya relatif kecil, tetapi bila digunakan konfigurasi Schlumberger dengan jarak elektroda AB yang panjang dan jarak MN yang relatif pendek, maka ada kemungkinan tegangan listrik alami tersebut ikut menyumbang pada hasil

pengukuran tegangan listrik pada elektroda MN, sehingga data yang terukur menjadi kurang benar.

Untuk mengatasi adanya tegangan listrik alami ini hendaknya sebelum dilakukan pengaliran arus listrik, multimeter diset pada tegangan listrik alami tersebut dan kedudukan awal dari multimeter dibuat menjadi nol. Dengan demikian alat ukur multimeter akan menunjukkan tegangan listrik yang benar-benar diakibatkan oleh pengiriman arus pada elektroda AB. Multimeter yang mempunyai fasilitas seperti ini hanya terdapat pada multimeter dengan akurasi tinggi.

a) Konfigurasi Wenner

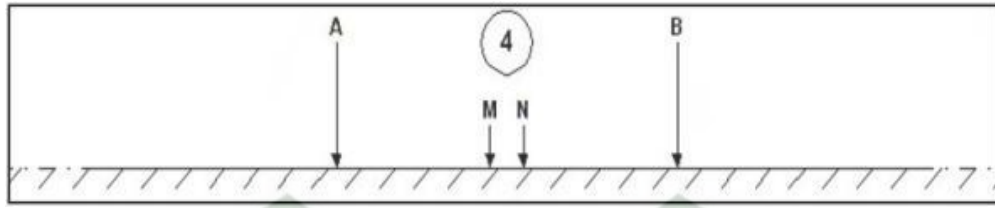
Keunggulan dari konfigurasi Wenner ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil. Sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara konfigurasi Wenner, sangat sulit untuk menghilangkan factor non homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.



Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner (Wilson, 2003)

b) Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi Schlumberger idealnya jarak MN dibuat sekecil-kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Tetapi karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari $1/5$ jarak AB.



Gambar 2.6 Konfigurasi Schlumberger (Wilson, 2003)

Kelemahan dari konfigurasi Schlumberger ini adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN adalah lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan alat ukur multimeter yang mempunyai karakteristik 'high impedance' dengan akurasi tinggi yaitu yang bisa mendisplay tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Atau dengan cara lain diperlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC yang sangat tinggi.

Sedangkan keunggulan konfigurasi Schlumberger ini adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2. Agar pembacaan tegangan pada elektroda MN bisa dipercaya, maka ketika jarak AB relatif besar hendaknya jarak elektroda MN juga diperbesar.

2.7 Survei Magnetik

Metode magnetik didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi (suseptibilitas). Variasi yang terukur (anomali) berada dalam latar belakang medan yang relatif besar. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan, yang kemudian dijadikan dasar bagi pendugaan keadaan geologi yang mungkin. Metode magnetik memiliki kesamaan latar belakang fisika dengan metode gravitasi, kedua metode sama-sama berdasarkan kepada teori potensial, sehingga keduanya sering disebut sebagai metoda potensial. Namun demikian, ditinjau dari segi besaran fisika yang terlibat, keduanya mempunyai perbedaan yang mendasar. Dalam magnetik harus mempertimbangkan variasi arah dan besar vektor magnetisasi. Sedangkan dalam gravitasi hanya ditinjau variasi besar vektor percepatan gravitasi. Data

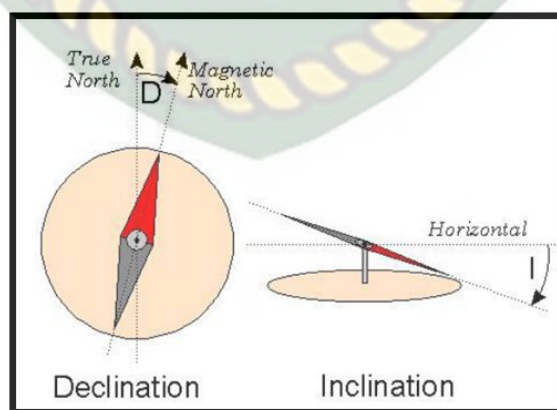
pengamatan magnetik lebih menunjukkan sifat residual yang kompleks. Dengan demikian, metode magnetik memiliki variasi terhadap waktu jauh lebih besar. Pengukuran intensitas medan magnetik bisa dilakukan melalui darat, laut dan udara. Metode magnetik sering digunakan dalam eksplorasi pendahuluan minyak bumi, panas bumi, dan batuan mineral serta bisa diterapkan pada pencarian prospeksi benda-benda arkeologi.

2.7.1 Kemagnetan bumi

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak di dalam inti bumi, namun tidak berimpit dengan garis utara-selatan geografis Bumi.

Sedangkan kuat medan magnet sebagian besar berasal dari dalam bumi sendiri (98%) atau medan magnet dalam (*internal field*), sedangkan sisanya (2%) ditimbulkan oleh induksi magnetik batuan di kerak bumi maupun dari luar angkasa. Medan magnet internal berasal dari inti bumi (*inner core*) dan kerak bumi (*crustal earth*). Beberapa alasan sehingga bumi memiliki medan magnetik, diantaranya;

1. Kecepatan rotasi Bumi yang tinggi
2. Proses konveksi mantel dengan inti luar bumi (bersifat kental)
3. Inti dalam (padat) yang konduktif, kandungan yang kaya besi.



Gambar 2.7 Deklinasi adalah besar sudut penyimpangan arah utara magnet terhadap arah utara geografis, inklinasi adalah besar sudut penyimpangan arah magnet terhadap arah horizontal

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak dalam inti bumi. Pada **Gambar 3.7** menjelaskan mengenai medan magnet dinyatakan sebagai besar dan arah (vektor), arahnya dinyatakan sebagai deklinasi (penyimpangan terhadap arah utara-selatan geografis) dan inklinasi (penyimpangan terhadap arah horisontal kutub utara magnet).

2.8 Program Plaxis

Plaxis adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah. Program plaxis dan model-model tanah didalamnya telah dikembangkan dengan seksama

Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program Plaxis ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan.

2.8.1 Versi Plaxis

Adapun beberapa versi dari plaxis ialah

1. PLAXIS 2D

Versi Profesional: Berbagai permasalahan geoteknik dapat dianalisis menggunakan versi dengan kemampuan yang tinggi ini. Penggunaan jaring elemen hingga 2D yang ekstensif juga dimungkinkan oleh versi ini. Versi Profesional merupakan suatu paket program yang meliputi deformasi

elastoplastis statis, pemodelan tanah tingkat lanjut, konsolidasi, jaring elemen hingga yang diperbaharui dan aliran statis air tanah.

2. Modul Dinamik 2D

Modul Dinamik PLAXIS merupakan modul program tambahan untuk PLAXIS 2D Versi Profesional. Modul program ini dapat digunakan untuk menganalisis getaran dalam tanah serta pengaruhnya terhadap struktur disekitarnya. Tekanan air pori berlebih juga dapat dianalisis. Walaupun demikian, likuifaksi tidak dapat dianalisis karena proses likuifaksi yang kompleks serta keterbatasan pemodelan PLAXIS untuk hal ini. Versi yang akan datang diharapkan telah dapat melakukan analisis likuifaksi.

3. PLAXIS 3D Terowongan

Program ini didesain khusus untuk melakukan analisis terhadap terowongan, tetapi program ini juga dapat digunakan untuk melakukan analisis geoteknik yang lebih luas lagi. Jaring elemen hingga 3D dapat dihasilkan dengan tingkat akurasi yang baik. Program PLAXIS 3D Terowongan merupakan suatu paket program yang meliputi deformasi elastoplastis dan pemodelan tanah tingkat lanjut

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Sebelum melakukan penelitian dilakukan studi pustaka berupa studi literatur daerah penelitian untuk mengetahui secara umum keadaan pada daerah tersebut. Setelah itu dilakukan analisis data—datadimana analisis data tersebut menggunakan metode berupa Inisial investigasi, magnetic survey, geolistrik survey Sondir / boring dan laboratorium test, Vibration test, Pengecekan / inspeksi pipa gas (korosi dan elevasi).

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Beberapa metode yang diajukan untuk site investigasi dan inspeksi pipa gas, yaitu :

3.2.1 Inisial Investigasi

Inisial investigasi dilakukan untuk melihat kembali permasalahan yang terjadi dilapangan berdasarkan informasi dari informan. Dari inisial investigasi ini didapatkan data-data berupa data-data perencanaan dari pemilik pekerjaan, data-data permasalahan dan kondisi terkini dengan visualisasi photo dan data-data pendukung lain.

3.2.2 Sondir Test

Metode sounding/sondir terdiri dari penekanan suatu tiang pancang untuk meneliti penetrasi atau tahanan gesernya. Alat pancang dapat berupa suatu tiang bulat atau pipa bulat tertutup dengan ujung yang berbentuk kerucut dan atau suatu tabung pengambil contoh tanah (**Gambar 3.1**), sehingga dapat diperkirakan (diestimasi) sifat-sifat fisis pada strata dan lokasi dengan variasi tahanan pada waktu pemancangan alat pancang itu. Metoda ini berfungsi untuk eksplorasi dan pengujian di lapangan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan “keras” (*Hard Layer*) dan homogenitas tanah dalam arah lateral.



Gambar 3.1 Alat Sondir

Pengalaman hasil pengukuran selama bertahun-tahun menunjukkan bahwa particle velocity dari ground vibration yang mempengaruhi pondasi bangunan merupakan parameter terbaik untuk kriteria risiko kerusakan. Ground vibration merupakan getaran berbentuk gelombang sinus, particle velocity dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$v = 2\pi f A$$

dimana v = particle velocity (mm/sec)

f = frekuensi (periods/sec)

A = displacement dalam mm

Dari rumus diatas, acceleration getaran dapat dihitung dengan rumus :

$$a = 4\pi^2 f^2 A$$

dimana a = acceleration dalam g (9.81 m/sec²)

A = displacement dalam mm

Pengendalian particle velocity penting dilakukan, seperti yang telah dibuktikan berbanding lurus dengan stres yang diterima bahan

bangunan. Hubungan antara particle velocity dan stres dalam kondisi yang ideal, ketika bidang gelombang kejut melewati media elastis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y = v/c$$

dimana y = shearing angle (mm/m)
 v = particle velocity (mm/sec)
 c = propagation velocity (m/sec)

Untuk merekomendasikan batasan realistis ground vibration terhadap bangunan, harus dikonsultasikan dengan ahli yang berpengalaman intensif bidang peledakan batuan dan evaluasi hasil pengukuran getaran. Pembatasan dalam hal pengurangan tingkat getaran akan meningkatkan biaya pengeboran dan peledakan yang disarankan.

Tabel 3.1 Nilai Potensi Ground vibration

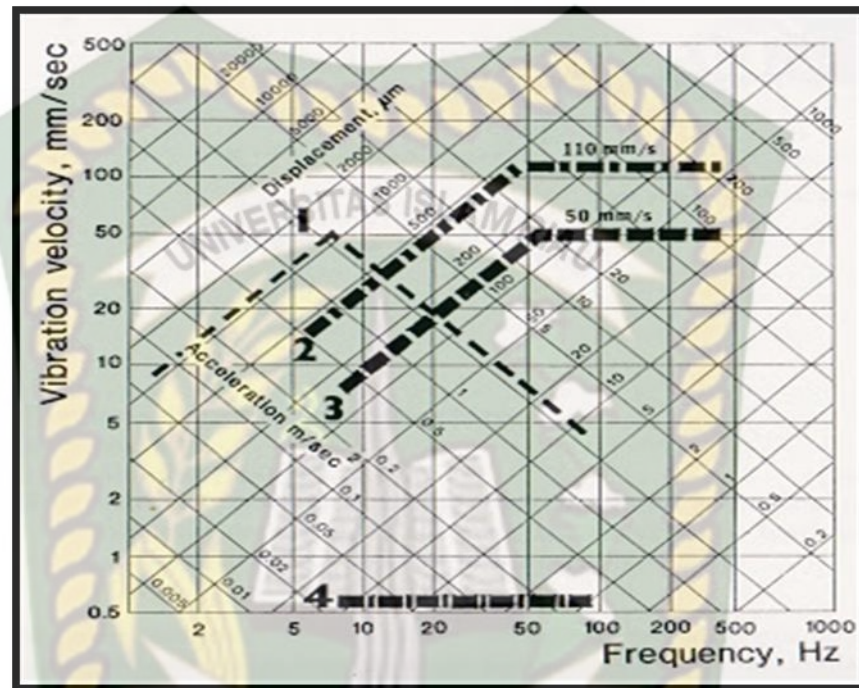
Vibration velocities normally recommended in appraising ground vibration damage risk to residential buildings with respect to the foundation of the building.					
Wave velocity c m/sec	1000–1500 Sand, gravel clay under ground water	2000–3000 Moraine slate, soft limestone	4500–6000 Granite, gneiss, hard limestone, diabase quartzite, sandstone	Result in typical housing structures	Level at $c=4500$ to 6000 m/sec.
Vibration velocity v mm/sec	9	18	35	No	0.008
	13	25	50	visible	0.015
	18	35	70	cracking	0.03
	30	55	100	Fine cracks, falling plaster	0.06
	40	80	150	Notice- able cracking	0.12
	60	115	225	Severe cracking	0.25

Untuk alasan tersebut diperlukan untuk memulai semua operasi peledakan di daerah yang berpenduduk dengan menginspeksi bangunan sekitarnya. Selanjutnya dianalisis risiko untuk menilai sensitivitas ground vibration terhadap bangunan dan pondasi.

Tabel 3.1 menunjukkan nilai yang biasanya diperbolehkan dan yang digunakan untuk mengevaluasi potensi risiko kerusakan melalui ground vibration untuk perumahan standar. Meskipun vibration velocity dinyatakan sebagai nilai yang diizinkan itu adalah sudut geser yang menentukan dimensi. Akurasi dari nilai-nilai dalam tabel tersebut telah dikonfirmasi dalam ratusan hingga ribuan pembacaan selama lebih dari 40 tahun.

- Dalam kondisi bangunan tua berkualitas rendah, biasanya menurunkan vibration velocity yang diizinkan dari 70 mm/detik menjadi 50 mm/detik, pada gedung-gedung beton ringan harus turun menjadi 35 mm/detik. Sebaliknya ada kemungkinan dengan nilai-nilai kecepatan lebih dari 100 mm/detik yang dicapai tanpa merusak bangunan. Dalam kasus operasi peledakan tersendiri, struktur beton kokoh dapat tahan dengan nilai melebihi 150 mm/detik.
- Jika nilai-nilai batas pada tabel di atas terkait "no visible cracking" dipindahkan ke grafik ketiga, kurva akan terlihat seperti pada kurva 3 di Gambar 4. Namun dalam kurva batas nilai untuk bangunan yang didirikan di atas batuan telah berkurang dari 70 mm/detik menjadi 50 mm/detik. Kurva 3 dapat dikatakan mewakili nilai-nilai batas yang direkomendasikan untuk daerah pemukiman normal. Untuk frekuensi melebihi 40 Hz kecepatan partikel (particle velocity) menjadi kriteria untuk kerusakan tetapi pada frekuensi yang lebih rendah displacement merupakan kriteria yang menentukan.
- Frekuensi dominan untuk getaran yang melalui jenis batuan lunak, moraine, pasir, kerikil, tanah liat dll lebih rendah daripada granit. Hal ini ditunjukkan pada tabel di atas dan kurva 3 yang mencerminkan frekuensi yang lebih rendah di mana displacement digunakan sebagai kriteria menentukan. Kurva 2 pada Gambar 4 merupakan nilai-nilai di mana bangunan menerima kerusakan langsung. (Langefors dan Kihlstrom, 1967.) Harus dipahami bahwa kurva 3

hanya menunjukkan nilai batas yang dianjurkan dan penilaian ahli diperlukan untuk menentukan lebih akurat atas nilai-nilai batas atas yang harus ditetapkan untuk struktur yang berdekatan dengan operasi peledakan.



Gambar 3.2 Batas Kerusakan Dan Rekomendasi

Kriteria untuk kerusakan dan rekomendasi:

- Kurva 1: Batas atas yang direkomendasikan untuk instalasi komputer dengan durasi getaran kurang dari 5 detik.
- Kurva 2: kerusakan langsung dari getaran bangunan selama peledakan.
- Kurva 3: Direkomendasikan batas atas untuk peledakan.
- Kurva 4: Getaran mengganggu manusia.

3.2.3 Magnetik

Dalam melakukan pengukuran magnetik, peralatan paling utama yang digunakan adalah magnetometer dan pipe locator (**Gambar 3.3a** dan **Gambar 3.3b**). Peralatan ini digunakan untuk mengukur kuat medan magnetik di lokasi survei. Peralatan lain yang bersifat pendukung di dalam survei magnetik adalah Global Positioning System (GPS) (**Gambar 3.3c**).



Gambar 3.3a Proton Magnometer



Gambar 3.3b Pipe Locator



Gambar 3.3c GPS

Peralatan ini digunakan untuk mengukur posisi titik pengukuran yang meliputi bujur, lintang, ketinggian, dan waktu. GPS ini dalam penentuan posisi suatu titik lokasi menggunakan bantuan satelit. Penggunaan sinyal satelit karena sinyal satelit menjangkau daerah yang sangat luas dan tidak terganggu oleh gunung, bukit, lembah dan jurang. Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik

total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran, yang mencakup koreksi harian, IGRF dan topografi.

1) Koreksi Harian

Koreksi harian (diurnal correction) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksi harian dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekan pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sebaliknya apabila variasi harian bernilai positif, maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangi nilai variasi harian yang terekan pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dapat dituliskan dalam persamaan

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian}$$

2) Koreksi IGRF

Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan anomali. Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai IGRF. Jika nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi IGRF. Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai. Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \pm H_0$$

Dimana H_0 = IGRF

3) Koreksi Topografi

Koreksi topografi dilakukan jika pengaruh topografi dalam survei magnetik sangat kuat. Koreksi topografi dalam survei magnetik tidak

mempunyai aturan yang jelas. Salah satu metode untuk menentukan nilai koreksinya adalah dengan membangun suatu model topografi menggunakan pemodelan beberapa prisma segiempat (Suryanto, 1988). Ketika melakukan pemodelan, nilai suseptibilitas magnetik (k) batuan topografi harus diketahui, sehingga model topografi yang dibuat, menghasilkan nilai anomali medan magnetik (ΔH_{top}) sesuai dengan fakta. Selanjutnya persamaan koreksinya (setelah dilakukan koreksi harian dan IGRF) dapat dituliskan sebagai

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} - H_0 - \Delta H_{top}$$

Setelah semua koreksi dikenakan pada data-data medan magnetik yang terukur dilapangan, maka diperoleh data anomali medan magnetik total di topografi. Untuk mengetahui pola anomali yang diperoleh, yang akan digunakan sebagai dasar dalam pendugaan model struktur geologi bawah permukaan yang mungkin,

3.2.4 Geolistrik

Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan mengukur tahanan jenis batuan. Penyelidikan yang digunakan adalah jenis mapping (secara horizontal). Umumnya metoda geolistrik yang sering digunakan adalah yang menggunakan 4 buah elektroda yang terletak dalam satu garis lurus serta simetris terhadap titik tengah, yaitu 2 buah elektroda arus (AB) di bagian luar dan 2 buah elektroda tegangan (MN) di bagian dalam. Kombinasi dari jarak AB/2, jarak MN/2, besarnya arus listrik yang dialirkan serta tegangan listrik yang terjadi akan didapat suatu harga tahanan jenis semu ('Apparent Resistivity'). Disebut tahanan jenis semu karena tahanan jenis yang terhitung tersebut merupakan gabungan dari banyak lapisan batuan di bawah permukaan yang dilalui arus listrik

Bila satu set hasil pengukuran tahanan jenis semu dari jarak AB terpendek sampai yang terpanjang tersebut digambarkan pada grafik logaritma ganda dengan jarak AB/2 sebagai sumbu-X dan tahanan jenis semu sebagai sumbu Y, maka akan didapat suatu bentuk kurva data geolistrik. Dari kurva data tersebut bisa

dihitung dan diduga sifat lapisan batuan di bawah permukaan. Adapun alat yang diperlukan dalam pengambilan data ialah laptop, baterai aki, elektroda dan Module



Gambar 3.4 Laptop



Gambar 3.5 Alat geolistrik

3.2.5 Vibration Test

Ground vibration adalah pergerakan seismik di tanah yang disebabkan oleh peledakan batuan, pemancangan tiang, lalu lintas, penggalian, getaran akibat pemadatan dan lain-lain, yang merupakan bentuk transportasi energi melalui tanah, dapat merusak struktur yang berdekatan ketika getaran mencapai tingkat tertentu yang di ukur dengan vibrasi meter (**Gambar 3.6**)



Gambar 3.6 Vibrasi meter

Terdapat tiga parameter dalam pengukuran vibrasi terhadap sebuah objek, yaitu displacement, velocity dan acceleration

1. Displacement (Jarak Vibrasi)

Adalah jarak yang ditempuh oleh gerakan bolak-balik (getaran) pada suatu periode waktu tertentu. Parameter ini didapatkan dengan melakukan pengukuran jarak pergeseran titik putar piringan yang disebabkan oleh gaya sentripetal melalui persamaan:

$$\text{Displacement } (\mu) = A \sin (2\pi ft)$$

Dimana,

A = Panjang jarak radius pergeseran. (μ)

f = Frekuensi gerakan bolak-balik. (Hertz)

t = Waktu. (second)

Dalam pengukuran vibrasi, parameter displacement hanya dapat mengukur *peak to peak displacement*, yaitu jarak dari positif maximum ke negatif maximum atau sama dengan $2 \times A$.

2. Velocity (Kecepatan Vibrasi).

Adalah kecepatan gerakan secara bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Parameter kecepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana pada posisi positif maximum dan negatif maximum kecepatan adalah nol, sedangkan pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah maximum. Kecepatan vibrasi dapat ditentukan melalui persamaan

$$\text{Velocity (mm/s)} = 2\pi f A \cos(2\pi f t)$$

Perlu diketahui bahwa dalam melakukan pengukuran, kecepatan vibrasi hanya dapat mengukur kecepatan maximum atau disebut *peak velocity*

3. Acceleration (Percepatan Vibrasi).

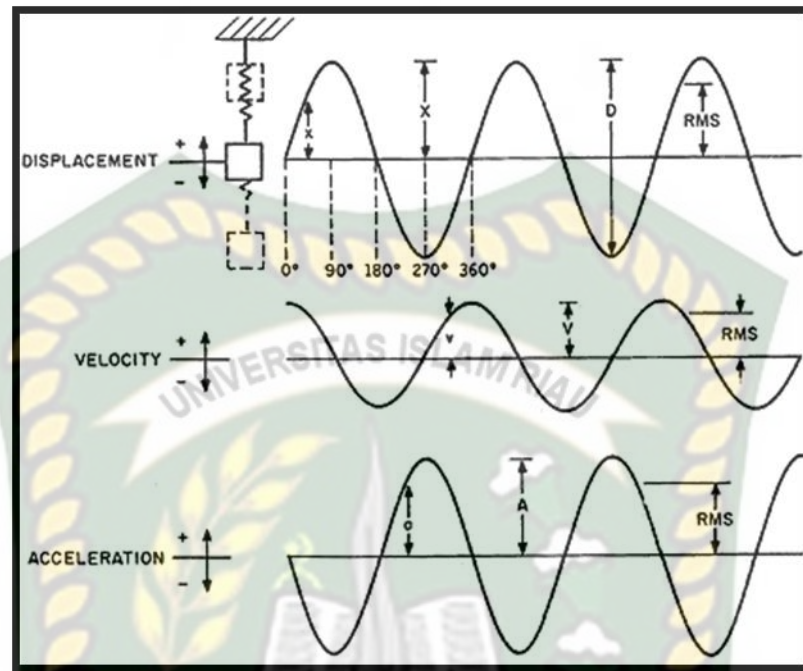
Adalah percepatan gerak secara bolak-balik pada suatu periode waktu tertentu. Percepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana maximum pada saat displacement mencapai positif maximum atau mendekati negatif maximum. Percepatan vibrasi dapat ditentukan melalui persamaan

$$\text{Acceleration (mm/s}^2\text{)} = - (2\pi f)^2 A \sin(2\pi f t)$$

Dalam melakukan pengukuran vibrasi, percepatan vibrasi hanya dapat mengukur percepatan vibrasi maximum atau disebut *peak acceleration*

4. Hubungan Antara Displacement, Velocity Dan Acceleration

Dalam kondisi suatu mesin yang sedang bervibrasi, ketiga parameter ini selalu ada dan tidak bisa berdiri sendiri-sendiri. Ketiganya mempunyai hubungan urutan diferensial mulai dari *displacement*, *velocity* dan *acceleration*. Ketiga rumusan itu telah diuraikan diatas, dan jika digambarkan masing-masing adalah merupakan kurva sinusoidal seperti pada berikut (**Gambar 3.7**)



Gambar 3.7 Hubungan antara Displacement, velocity dan acceleration

3.2.6 Penghitungan tekanan pada pipa

Penghitungan ini dilakukan untuk mengetahui beban yang diterima oleh pipa. Pada struktur pipa, hal ini penting untuk stabilitas dan kemampuannya menahan gaya lateral, baik disebabkan oleh gempa bumi, beban hidup dan tekanan internal load.

1. Tekanan akibat beban bumi

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala bagian tambahan, mesin-mesin serta perlengkapan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu.

$$S_{HE} = K_{HE} \cdot B_e \cdot E_e \cdot \gamma D$$

K_{HE} = Faktor kekakuan stres dari beban bumi

B_e = Faktor timbunan untuk stres dari beban bumi

E_e = Faktor penggalan untuk tegangan melingkar dari beban bumi

γ = Satuan berat tanah

D = Diameter pipa

2. Tekanan akibat internal load

Tekanan akibat internal load adalah beban yang bekerja secara terus-menerus selama kondisi operasi normal, misalnya: beban berat dan tekanan. Tegangan maksimum dan pembebanan pada *support* yang terjadi akibat dari beban berat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$S_{HI} = \frac{p(D - t_w)}{2t_w}$$

P = Tekanan Operasi

t_w = Ketebalan pipa

3. Tekanan akibat beban hidup

Beban hidup adalah beban yang sifatnya dapat berubah-ubah atau bergerak sesuai dengan penggunaan bangunan (ruangan) yang bukan bagian dari konstruksi bangunan. Beban hidup dapat menopang pada beban mati yang dapat berubah dalam jangka waktu pendek sesuai pergerakan atau pemindahan benda dan dapat juga berubah dalam jangka waktu panjang. Adapun jenis beban hidup yang ada pada bangunan meliputi: manusia, furniture, kendaraan, dan gerakan yang terjadi seperti ledakan.

$$S_{hh} = K_{hh} \cdot G_{hh} \cdot R \cdot L \cdot F \cdot w$$

K_{hh} = Faktor kekakuan untuk stres dari beban kendaraan jalan raya

G_{hh} = Faktor geometri untuk stres dari beban kendaraan jalan raya

R = Faktor Tipe Kekerasan Jalan raya

L = Faktor Konfigurasi Poros Jalan Raya

F = Faktor desain yang dipilih sesuai dengan praktik standar

w = Tekanan pada permukaan desain yang diterapkan

4. Tekanan akibat beban gempa

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa yaitu gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu

$$F = m \cdot a$$

m = Massa

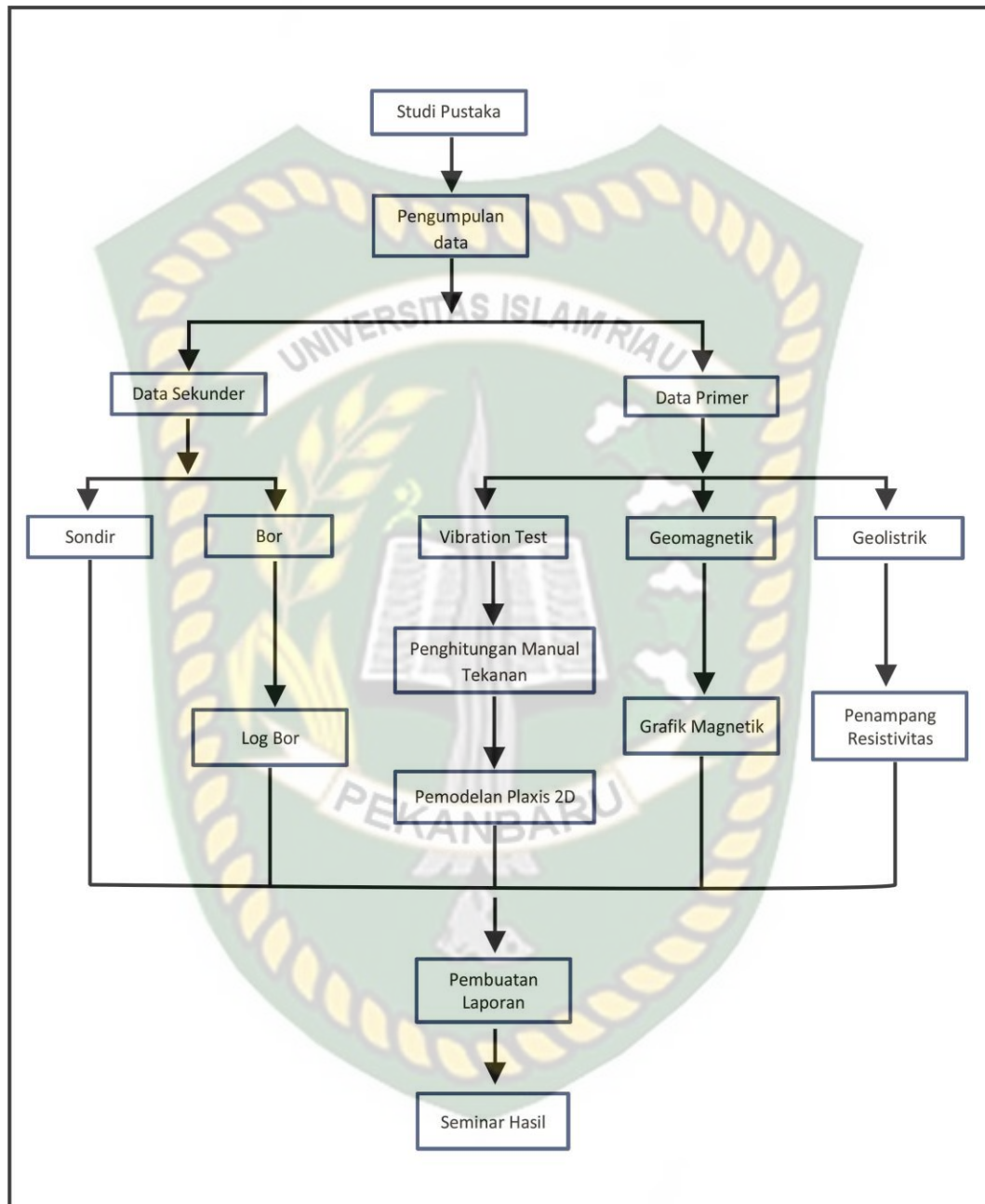
a = Percepatan gelombang

3.3 Pemodelan plaxis 2D

Pada tahap pemodelan menggunakan aplikasi plaxis 2D dan menggunakan data teknis yang sama, pemodelan yang dilakukan merupakan simulasi terhadap perilaku dari getaran terhadap tanah. Program PLAXIS dan model-model tanah didalamnya telah dikembangkan dengan seksama. walaupun pengujian dan validasi telah banyak dilakukan, tetap tidak dapat dijamin bahwa program PLAXIS adalah bebas dari kesalahan

3.4 Alur Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dengan beberapa metode Initial investigation Sondir/Bor, Magnetik Geolositrik Vibration Test dan Inpeksi Pipa Gas. Pada tahap selanjutnya dilakukan interpretasi dari setiap data yang didapatkan dan berdasarkan data yang sama dilakukan pemodelan menggunakan plaxis 2D. kemudian akan dibahas pada laporan yang akan di uji pada seminar hasil (Gambar 3.3)



Gambar 3.8 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pekerjaan struktur jalan tol ruas pekanbaru-dumai didesain bersilangan dengan posisi pipa gas PT TGI, pekerjaan jalan tol tersebut dibangun dengan pondasi tiang pancang. Getaran yang terjadi akibat pemancangan tersebut terasa cukup besar, sehingga dikhawatirkan akan terjadi dampak terhadap pipa gas yang ada dibawah permukaan. Pada bab ini akan membahas tentang hasil pengujian dari survey magnetic, geolistrik, sondir dan vibration test pada daerah kawasan sekitar pipa.

4.1 Lokasi penelitian

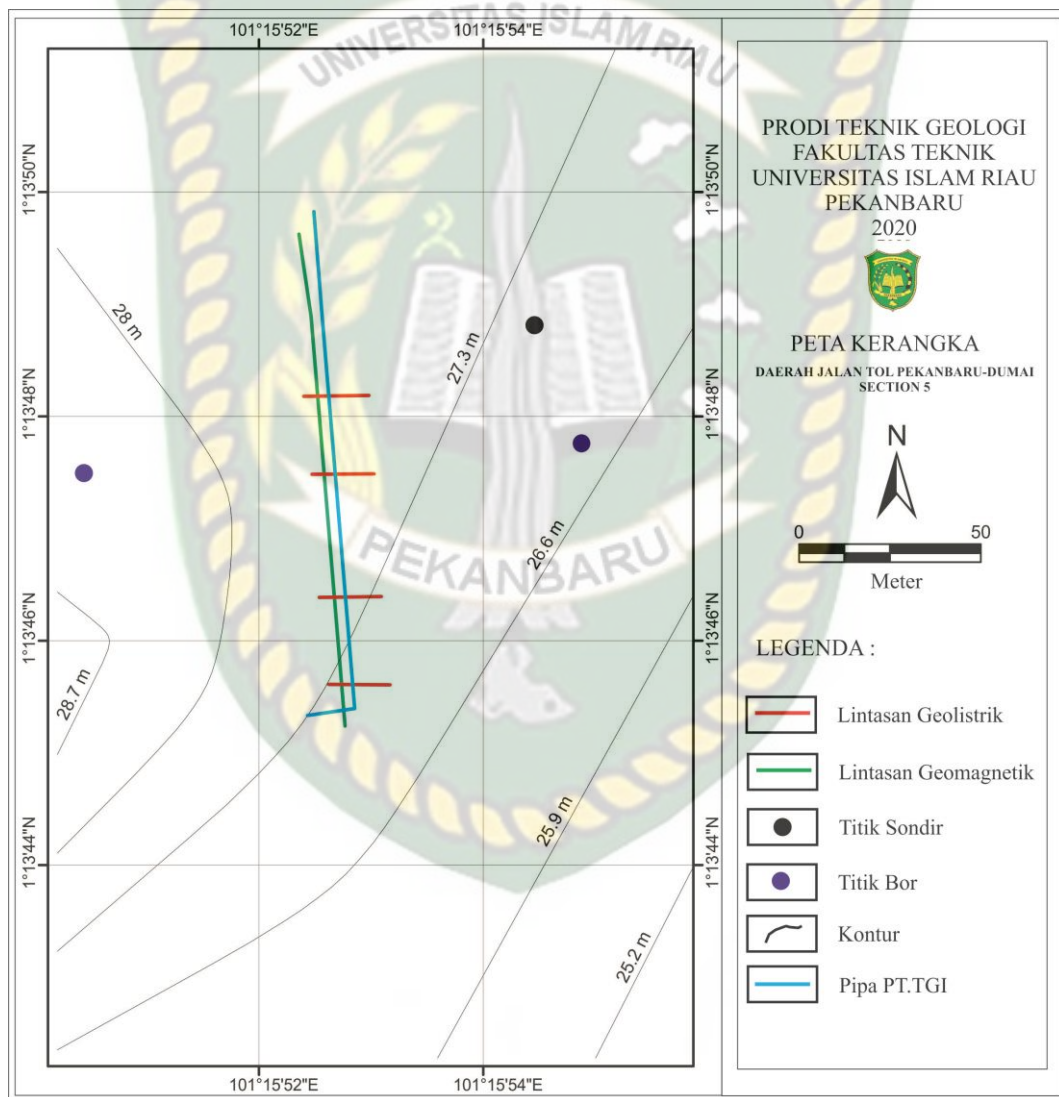
Lokasi penelitian berada di daerah duri pada ruas jalan tol pekanbaru-dumai section 5 dengan koordinat $101^{\circ}15'50.18''$ - $101^{\circ}15'56.01''$ BT dan $1^{\circ}13'51.49''$ - $1^{\circ}13'42.30''$ LU (**Gambar 4.1**)



Gambar 4.1 Citra Satelit Daerah Penelitian (Google Earth)

4.2 Ketersediaan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil pengukuran di lapangan yang terdiri dari data magnetik, data geolistrik, sondir, bor dan vibration test yang pengambilannya dilakukan di daerah sekitar pipa. (Gambar 4.1)



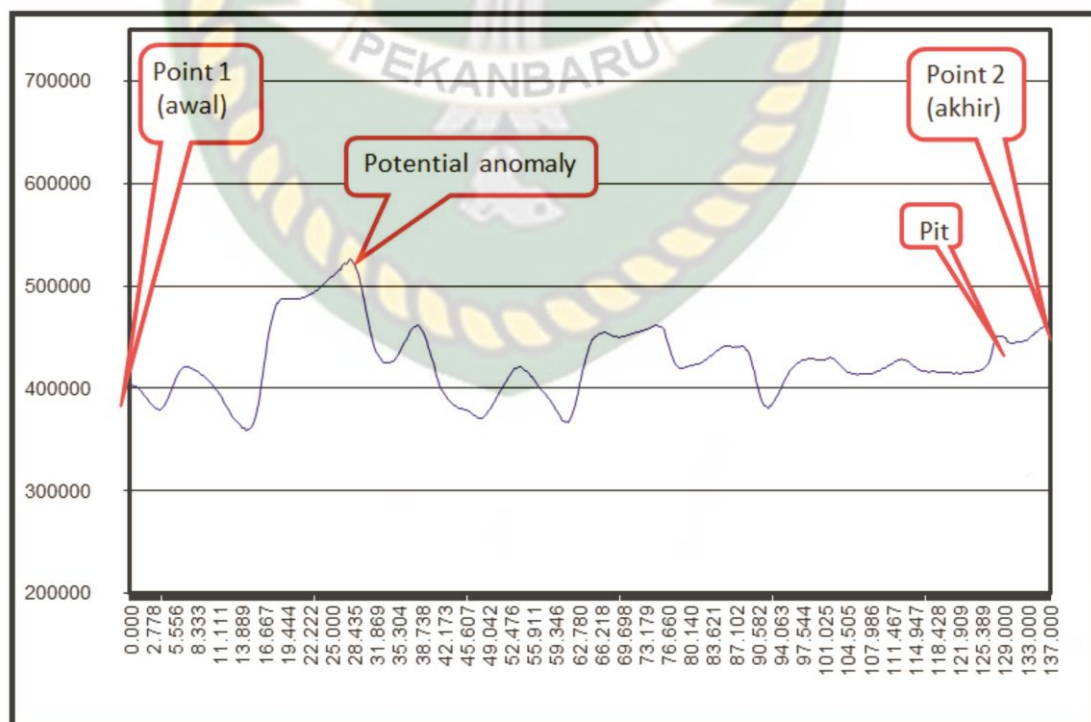
Gambar 4.2 Peta kerangka daerah penelitian

4.3 Magnetik

Pengukuran dilaksanakan ruas jalan tol Dumai-pekambaru dengan Kuat medan magnet IGRF 40927.8 nT dengan waktu pengukuran ± 30 menit dimulai

pada pukul 10.45 pagi. Lama durasi pengukuran diminimalisasi agar pengukuran tidak sampai pada kisaran waktu pukul 12.00 siang untuk menghindari adanya peningkatan elektromagnetik di waktu siang saat terjadi terik matahari. Cuaca lapangan cerah, dengan suhu udara berkisar antara 27-34derajat Celcius

Dengan metode survey medan magnetik yang digunakan merupakan survey magnetik tidak terhubung(*non-contacted magnetic survey*). Penentuan lintasan pengukuran didesain sedemikian rupa untuk mengamati bawah permukaan sekitar pipa yang diprediksi memiliki kedalaman hingga 2 meter dibawah permukaan tanah. Adapun penarikan lintasan magnetik sepanjang 135m. Pengukuran dimulai dari titik $1^{\circ}13'49.61''N$, $101^{\circ}15'52.34''E$ dengan nilai altitude 29.2 sampai ke titik $1^{\circ}13'45.16''N$, $101^{\circ}15'52.74''E$ dengan altitude 30.2 Sedangkan alat proton magnometer yang digunakan dalam pengukuran ialah RADIDTECTION RD 8000 sehingga untuk perhitungan nilai anomali magnetiknya alat sudah dengan sendirinya melakukan koreksi. Adapun grafik yang di hasilkan dari proton magnometer sebagai berikut (**Gambar 4.3**)



Gambar 4.3 Grafik Geomagnetik

Pemantauan dari grafik hasil survey magnetik (*Non Contacted Magneted Survey*) ditemukan bahwa nilai tertinggi ± 52151.23 nT dan yang terendah bernilai ± 36344.87 nT. Anomaly yang terjadi pada pipa memiliki nilai densitas ± 44287.6 yang berada pada jarak 127.13m dari point 1 yang merupakan potensi anomali menengah hal ini dapat terjadi disebabkan karena adanya korosi pada pipa. Namun setelah dilakukan pemantauan kembali anomaly tertinggi terjadi pada daerah sekitar pipa bukan pada pipanya. Anomaly gravitasi tertinggi terdapat pada jarak 26,9m dari point 1 dengan nilai intensitas 52151.23 nT, nilai intensitas medan magnet batuan yang bernilai positif dengan intensitas tinggi diinterpretasikan merupakan jenis batuan yang bersifat magnetisasi, sehingga pada line magnetik di jarak 26.9m dari point 1 diinterpretasikan terdapat bongkah batuan yang bersifat magnetis (Ferromagnetik)

4.4 Geolistrik

Pengambilan data dilakukan di sekitar ruas jalan tol Dumai-Pekanbaru dalam jangka waktu 1 hari dengan keadaan cuaca yang cerah menggunakan metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Wenner*. Data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan secara real di lapangan adalah berupa kuat arus listrik (I) dan beda potensial (V) dari setiap lintasan pengukuran yang kemudian dihitung menghasilkan nilai resistivitasnya dengan jumlah lintasan 4 lintasan. Besarnya nilai resistivitas dikelompokkan sesuai dengan kedalaman lapisan. Hasil penelitian diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*, *Res2dinv*. Dari data yang telah tersusun di *Microsoft Excel* kemudian diolah dengan menggunakan *Res2Dinv* untuk mendapatkan penampang secara melintang. Yang kemudian diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitasnya.

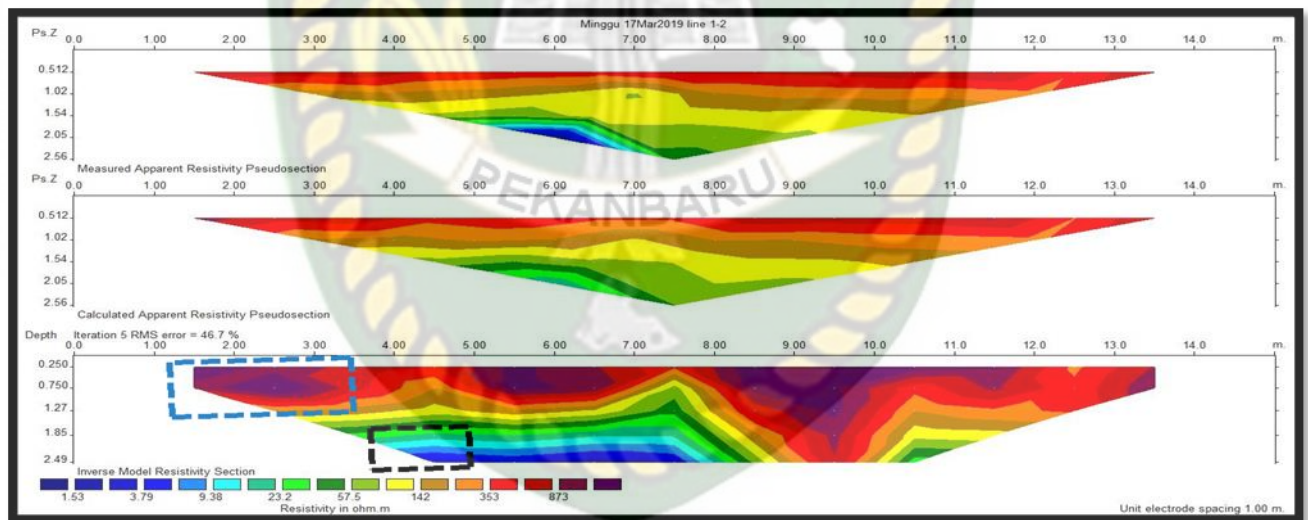
4.4.1 Lintasan

Penelitian lapangan dilakukan dengan jumlah lintasan ialah 4 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 15 meter dan spasi elektroda 1 meter. Penelitian dengan konfigurasi *Wenner*, Inversi dengan *Res2dinv* digunakan untuk melihat penampang melintang tahanan jenis (resistivitas)

Tampilan 2 dimensi yang dihasilkan dari *Res2dinv* adalah Kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh setelah melalui proses pemodelan inversi (*Inversi model resistivitas section*)

4.4.1.1 Lintasan 1

Akuisisi data resistivitas pada survey lintasan 1 dilakukan dengan mengambil panjang lintasan sepanjang 15 meter dengan titik awal $1^{\circ}13'48.17''N$ dan $101^{\circ}15'52.13''E$ yang membentang kearah barat pada ruas jalan tol Dumai-Pekanbaru. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitasnya berkisar antara $1.63-873 \Omega m$ dengan kedalaman yang diperoleh ialah 2.5m. Dibawah ini merupakan model inversi lintasan 1 hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang secara langsung. Berdasarkan pengukuran langsung dilapangan didapatkan hasil sebagai berikut (**Gambar 4.4**)



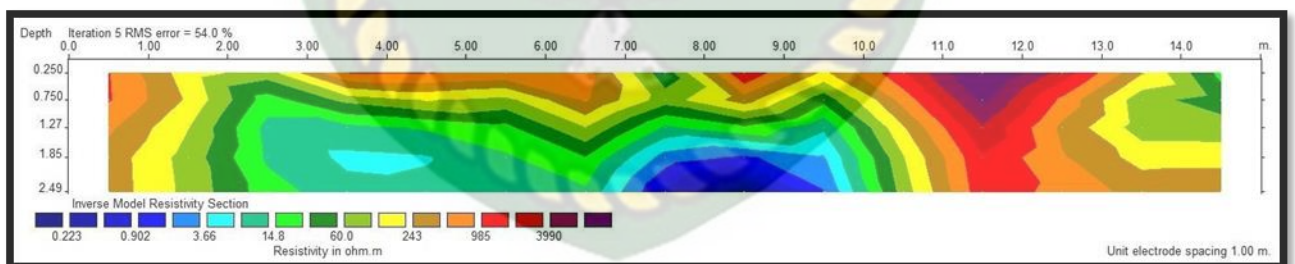
Gambar 4.4 Penampang Resistivitas Lintasan 1

Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi lintasan 1 terlihat adanya penyebaran lapisan resistivitas yang bervariasi. Lapisan resistivitas rendah dengan nilai berkisar $1.53-57.5 \Omega m$ (biru tua sampai warna hijau tua) dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi memiliki nilai berkisar $57.5-873 \Omega m$ (hijau tua sampai ungu). Dari gambar di atas dapat dilihat pada kedalaman 0-1.27 meter terdapat penyebaran lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi,

hal ini mungkin disebabkan batuan atau material tersebut merupakan batuan yang bersifat plastis, pada kondisi lapangan batuan atau material tersebut merupakan tanah timbunan yang dalam kondisi kering sehingga mengembang dan menjadi pecah-pecah yang terisi oleh udara menyebabkan resistivitasnya menjadi tinggi. dimana semakin ke bagian kanan penampang lapisan dengan nilai resistivitas tinggi tersebut semakin menebal hingga mencapai ketebalan 2.5 meter. Kemudian pada kedalaman 1.8-2.5 meter terdapat penyebaran batuan dengan nilai resistivitas rendah kemungkinan disebabkan oleh material yang bersifat konduktor

4.4.1.2 Lintasan 2

Akuisisi data resistivitas pada survey lintasan 2 dilakukan sejajar dibagian selatan dari lintasan 1 dengan mengambil panjang lintasan 15 meter dengan titik awal $1^{\circ}13'47.48''\text{N}$ dan $101^{\circ}15'52.20''\text{E}$ yang membentang ke arah barat pada ruas jalan tol Dumai-Pekanbaru. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitasnya berkisar antara $0.223\text{--}3990\ \Omega\text{m}$ dengan kedalaman yang diperoleh ialah 2.5m. Dibawah ini merupakan model inversi lintasan 2 hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang secara langsung. Berdasarkan



pengukuran langsung di lapangan didapatkan hasil sebagai berikut (**Gambar 4.5**)

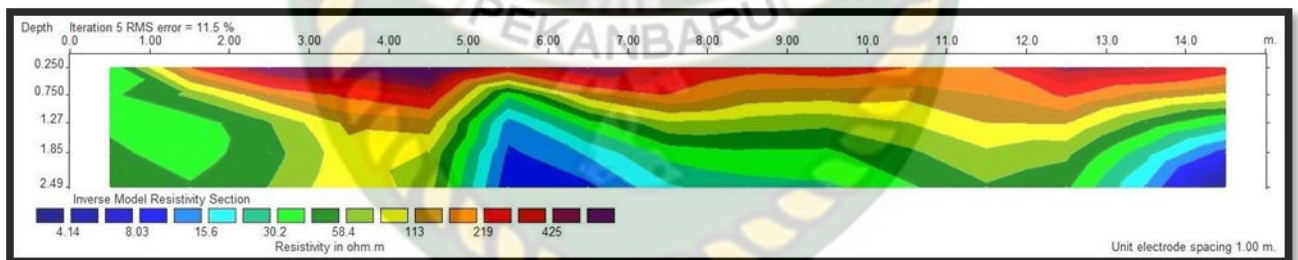
Gambar 4.5 Penampang Resistivitas Lintasan 2

Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi lintasan 2 terlihat adanya penyebaran resistivitas yang bervariasi. Lapisan resistivitas rendah dengan nilai berkisar $0.223\text{--}60\ \Omega\text{m}$ (biru tua sampai warna hijau tua) dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi memiliki nilai berkisar $60\text{--}3990\ \Omega\text{m}$ (hijau tua

sampai ungu). Dari gambar penampang di atas dapat dilihat semakin menipisnya penyebaran lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi jika dibandingkan pada lintasan 1, hal ini mungkin disebabkan semakin menipisnya tanah timbunan di lintasan 2. Kemudian lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah pada lintasan 2 penyebaran resistivitasnya semakin menurun ke bagian tengah.

4.4.1.2 Lintasan 3

Akuisisi data resistivitas pada survey lintasan 3 dilakukan sejajar dibagian selatan dari lintasan 2 dengan jarak lintasan ± 33 meter, panjang lintasan 15 meter dengan titik awal $1^{\circ}13'46.37''N$ dan $101^{\circ}15'52.28''E$ yang membentang ke arah barat pada ruas jalan tol Dumai-Pekanbaru. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitasnya berkisar antara 4.14-425 Ωm dengan kedalaman yang diperoleh ialah 2.5m. Dibawah ini merupakan model inversi lintasan 3 hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang secara langsung. Berdasarkan pengukuran langsung di lapangan didapatkan hasil sebagai berikut (**Gambar 4.6**)

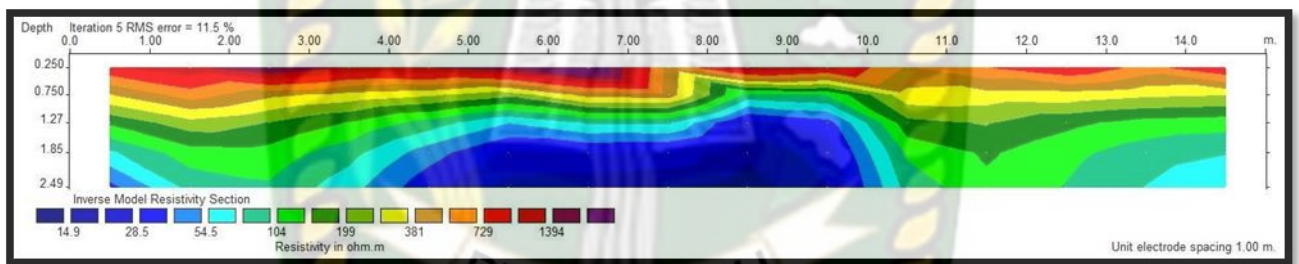


Gambar 4.6 Penampang Resistivitas Lintasan 3

Lapisan atas lintasan ini berdasarkan litologinya atau materialnya masih didominasi oleh material dengan nilai resistivitas yang tinggi berkisar 58.4-425 Ωm (hijau tua sampai ungu) dengan kedalamannya ada yang mencapai 2 meter pada bagian kiri penampang, jika dilihat pada kondisi di lapangan material ini berupa tanah timbunan. Kemudian pada kedalaman 1.27 meter pada bagian tengah penampang terdapat batuan dengan nilai resistivitas rendah yaitu 4.14-58.4 (biru tua sampai hijau muda)

4.4.1.2 Lintasan 4

Akuisisi data resistivitas pada survey lintasan 4 dilakukan sejajar dibagian selatan dari lintasan 3 dengan jarak lintasan ± 23 meter, panjang lintasan 15 meter dengan titik awal $1^{\circ}13'45.59''\text{N}$ dan $101^{\circ}15'52.37''\text{E}$ yang membentang kearah barat pada ruas jalan tol Dumai-Pekanbaru. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitasnya berkisar antara 14.9-1394 Ωm dengan kedalaman yang diperoleh ialah 2.5m. Dibawah ini merupakan model inversi lintasan 4 hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang secara langsung. Berdasarkan pengukuran langsung dilapangan didapatkan hasil sebagai berikut (**Gambar 4.7**)



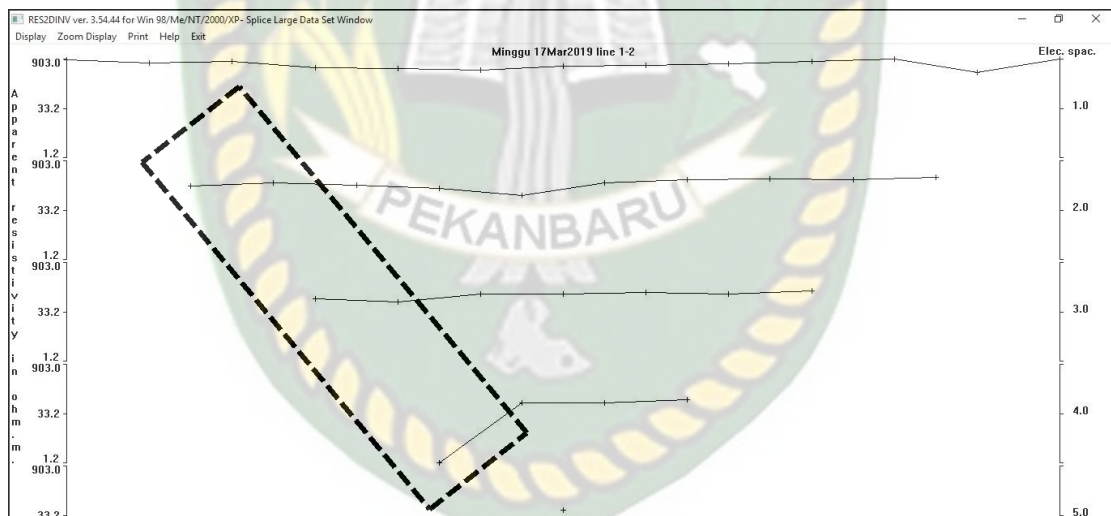
Gambar 4.7 Penampang Resistivitas Lintasan 4

Berdasarkan penampang resistivitas pada lintasan 4 penyebaran resistivitas terbagi menjadi 2 pola yaitu resistivitas tinggi dengan nilai 199-1394 Ωm (hijau tua sampai ungu) dan resistivitas rendah bernilai 14.9-199 Ωm (biru tua sampai hijau tua). Resistivitas tinggi dominan berada pada bagian atas sampai kedalaman 1.27 meter hal ini disebabkan material yang bersifat plastis pada kondisi lapangan pada permukaan merupakan tanah tumbunan sedangkan resistivitas rendah dominan berada pada bagian tengah penampang dengan kedalaman 1.27-2.5 meter

4.4.2 Interpretasi Lintasan

Berdasarkan hasil survey geolistrik yang telah dilaksanakan pada lintasan 1 menunjukkan adanya perubahan nilai resistivitas dimulai pada kedalaman 1.8m (kotak hitam). Nilai resistivitas yang rendah menunjukkan material yang lebih

menghantarkan arus listrik(konduktor).Hal tersebut didukung oleh grafik bad datum(**Gambar 4**), yang memperlihatkan grafik menurun secara mendadak dan memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dibanding datum yang lain.Sementara itu, dibagian atas kiri, terdapat struktur yang memiliki nilai resistivitas tinggi yang menandakan adanya lapisan non-konduktif. Sedangkan Nilai resistivitas material di line 2-4 (**Gambar 3-5**) memperlihatkan pola yang hampir seragam, dimana di bagian sebelah kiri nilai resistivitas cenderung menurun terhadap kedalaman dan dibagian tengah memperlihatkan bahan yang lebih konduktif dengan nilai resistivitas paling rendah dibanding keadaan sekitar ($\rho < 15\Omega m$). Nilai resistivitas rendah kemungkinan disebabkan oleh material pipa gas yang terdapat pada bawah permukaan sedangkan nilai resistivitas tinggi di lapisan bagian atas (yang juga ditemukan pada line 1) disebabkan oleh jenis tanah timbunan yang berupa pasir (ρ 200-1000 Ωm) (**Gambar 4.8**)



Gambar 4.8 Grafik datum Lintasan 1

4.5 Sondir dan Boring Test

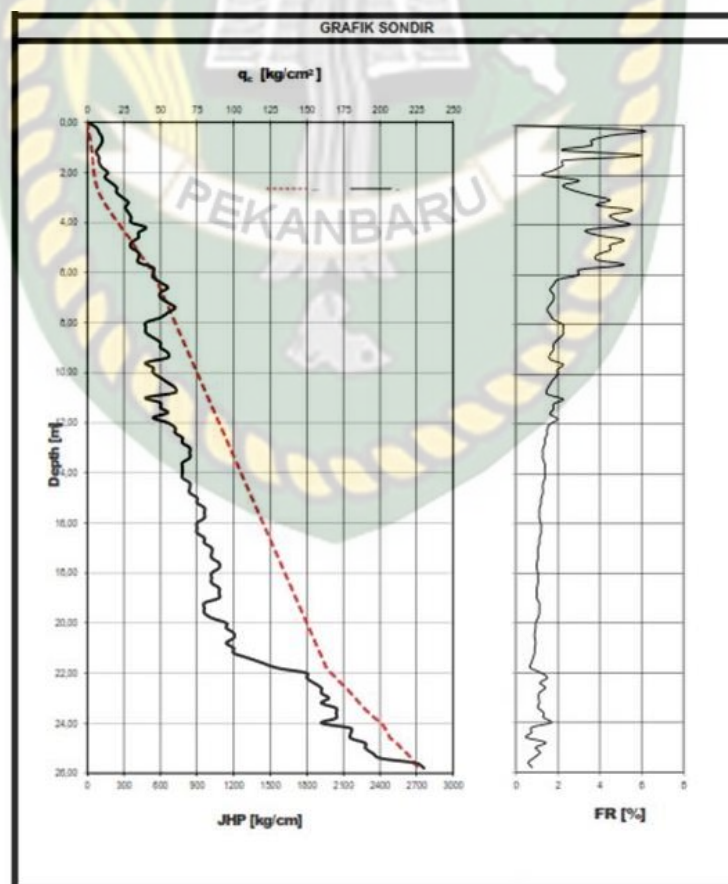
Penyelidikan tanah diperlukan untuk mengetahui kondisi tanah di sekitar pipa.Adapun metode yang digunakan dalam pelaksanaan adalah metode sondir dan bor

4.5.1 Sondir

Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan tanah keras (*Hard Layer*).Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap

kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan namun dalam penelitian ini nilai sondir digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan sekitar pipa. Hasil uji disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus dan friksi selubung. Penyondiran ini dilaksanakan hingga mencapai lapisan tanah keras dimana alat ini dilengkapi dengan *Adhesion Jacket Cone type Bagemann* yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local friction*) secara langsung dilapangan. Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 2 m, sampai mencapai kedalaman 26 meter. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram *sondir* yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman *sondir* dibawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (q_c) serta jumlah hambatan pelekat (t_f).

Adapun diagram yang di hasilkan dari sondir test dilapangan sebagai berikut (**Gambar 4.9**)



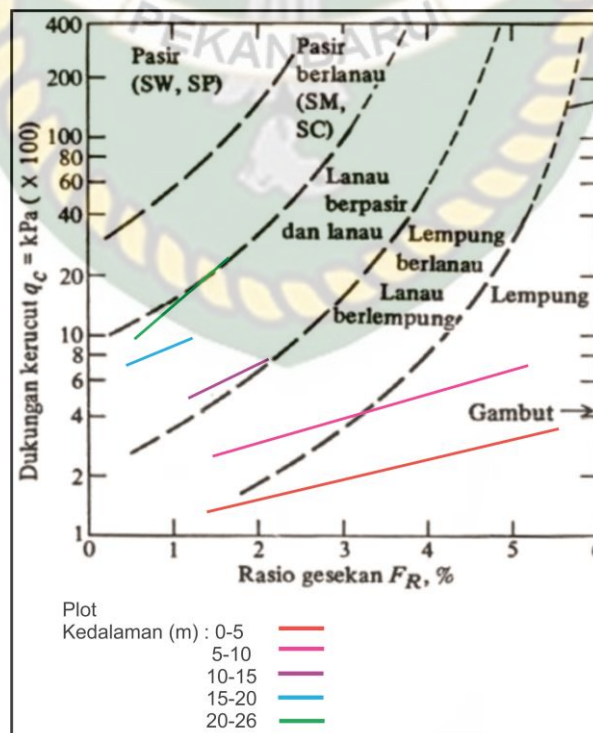
Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Sondir

Berdasarkan grafik Hasil uji dari sondir memperlihatkan karakteristik lapisan tanah yang relatif hampir seragam, Pada kedalaman 21 meter terlihat ada perubahan yang cukup signifikan yang mengindikasikan lapisan tanah keras dengan nilai daya dukung konus sondir $\geq 100 \text{ kg/cm}^2$, tanah/batuan dengan konus sondir $\geq 100 \text{ kg/cm}^2$ berada di kedalaman 21 meter sampai 26 meter akhir sondir

Adapun nilai daya konus (q_c) dan rasio fraction (FR) sondir lapisan tanah permukaan sampai di kedalaman 26 meter adalah sebagai berikut (**Tabel 4.1**)

Tabel 4.1 Nilai Konus (q_c) dan Rasio Fraction (FR)

Kedalaman (meter)	Nilai konus (q_c)	Rasio Fraction (FR)
0 - 5	0 - 40	0 - 6
5 - 10	30 - 60	1.64 - 5.14
10 - 15	45 - 75	1.20 - 2.25
15 - 20	75 - 95	0.95 - 1.20
20-26	95 - 230	0.60 - 1.69



Gambar 4.10 Grafik Klasifikasi Tanah (Robertson, 1986)

Nilai konus dan friction ratio hasil uji penetrasi sondir dapat dihubungkan secara empiris dengan jenis tanahnya. Pada tanah berbutir semakin halus (lanau-lempung) cenderung memiliki harga perlawanan konus yang kecil tetapi harga friction ratio-nya besar, pada tanah berbutir kasar (pasir – gravel) harga perlawanan konus besar tetapi sedangkan harga friction ratio-nya kecil (**Gambar 4.10**)

Untuk mengklasifikasikan tanah ada banyak jenis klasifikasi, salah satunya dari Robertson (1986). Pada klasifikasi ini (**gambar 4**) digunakan dengan cara memplotkan antara nilai qc dengan FR. Hasil pemplotannya itu menunjukkan jenis tanah pada daerah tersebut. Sebelum memplotkan, nilai qc harus diubah terlebih dahulu dari satuan kg/cm² ke dalam satuan MPa atau Mega pascal. Untuk nilai 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1986)

Berdasarkan pemplotan pada grafik (Robertson, 1986), maka diketahui jenis tanah pada setiap kedalaman (**Tabel 4.2**)

Tabel 4.2 Nilai Konus (qc) dan Rasio Fraction (FR)

Kedalaman (m)	Jenis tanah
0 - 5	Gambut-lempung
5 - 10	Lempung-Lempung berlanau
10 - 15	Lanau-lanau berpasir
15 - 20	Lanau-lanau berpasir
20-26	Lanau-lanau berpasir

4.5.2 Boring

Penyelidikan ini dilakukan untuk mengetahui deskripsi dari lapisan tanah secara visual di lapangan. Sejalan dengan kegiatan itu dilakukan penelitian SPT untuk mengetahui parameter kekuatan setiap lapisan secara langsung di lapangan, hasil dari pengujian ini adalah diskripsi susunan lapisan-lapisan tanah serta nilai SPT yang dinyatakan dalam N pukulan. Adapun jumlah titik bor dalam penilaian ini ialah 2 titik, atas dasar pengamatan litologi pemboran pada daerah penyelidikan pada ke 2 (dua) titik bor pada ruas jalan tol Pekanbaru-Dumai dari

kedalaman 0,00 meter sampai dengan kedalaman 30 meter dapat dijumpai bahwa pada ke 2 titik bor tersebut dijumpai beberapa litologi atau jenis tanah

4.5.2.1 Titik Bor 1

Titik bor 1 dilakukan pada ruas jalan tol Pekanbaru-Dumia pada koordinat dengan kedalaman 30 meter dan berdasarkan pemboran yang dilakukan ditemukan beberapa lapisan (**Gambar 4.11**) ialah sebagai berikut

Thickness	Litologi	Ukuran butir			Description
		Clay	silt	pasir	
0.50					Top soil
2.00 (m)					Lempung merah dengan bintik abu-abu cerah, plastisitas tinggi, mengandung bahan tufa, kaku
2.00 (m)					Lempung, abu-abu cerah, plastisitas tinggi, mengandung bahan tufa, kaku
25.5 (m)					Batulempung, abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, lapuk kuat, konsistensi kaku-keras,

Gambar 4.11 Bor Log Titik 1

- Tanah penutup berupa lempung pasir, berwarna coklat dan mengandung akar antara kedalaman (0,00– 0,50) meter. Pengujian SPT pada kedalaman antara (0,00–0,50) meter dengan jumlah pukulan <10 pukulan, jadi pada

kedalaman ini masih dikategorikan batuan sangat lunak hingga tidak padat.

- Lempung merah dijumpai pada kedalaman antara (0,50 – 2,50) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 15 pukulan. Batuan lempung merah mengandung bahan tufa, plastis dan tergolong kepadatan sedang, namun kepadatan dan kekerasan batuan tersebut kurang terkompaksi dengan baik.
- Lempung abu-abu cerah dijumpai pada kedalaman (2,50 – 4,50) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 11 pukulan. Lempung abu-abu cerah mengandung bahan tufa, plastis dan kaku. Kepadatan tergolong sedang.
- Batulempung abu-abu kehijauan di jumpai pada kedalaman (4,50 – 30,0) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 15-> 50 Pukulan. Batulempung abu-abu kehijauan mengandung bahan tufa, kaku-keras dan lapuk kuat-sedang. Kepadatan batulempung ini tergolong kepadatan sedang-sangat padat.

4.5.2.2 Titik Bor 2

Titik bor 2 dilakukan pada ruas jalan tol Pekanbaru-Dumia pada koordinat dengan kedalaman 30 meter dan berdasarkan pemboran yang dilakukan ditemukan beberapa lapisan (**Gambar 4.11**) ialah sebagai berikut:

- Tanah penutup berupa lempung pasir, berwarna coklat dan mengandung akar antara kedalaman (0,00– 0,50) meter. Pengujian SPT pada kedalaman antara (0,00 – 0,50) meter dengan jumlah pukulan <10 pukulan, jadi pada kedalaman ini masih dikategorikan batuan sangat lunak hingga tidak padat.
- Lempung pasir dijumpai pada kedalaman antara (0,50 – 2,30) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat <6 pukulan. Lempung pasir banyak mengandung bahan tufa, plastis dan tergolong kepadatan tidak padat

Thickness	Litologi	Ukuran butir			Description
		Clay	silt	pasir	
0.50					Top soil
1.80					Lempung pasir, kuning, plastisitas tinggi, mengandung bahan tufa, kaku
2.70					Lempung, abu-abu kehijauan, plastisitas tinggi, mengandung bahan tufa, kaku
18.00					Batulempung, abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, lapuk kuat, konsistensi kaku-keras, struktur masif-meyerpih
7.0					Batulempung, abu-abu gelap, mengandung bahan tufa, lapuk sedang, konsistensi keras-sangat keras, struktur masif-meyerpih

Gambar 4.12 Bor Log Titik 2

- Lempung abu-abu kehijauan dijumpai pada kedalaman (2,30 – 5,0) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 11 pukulan. Lempung abu-abu kehijauan mengandung bahan tufa, plastis dan kaku. Kepadatan tergolong sedang.
- Batulempung abu-abu kehijauan di jumpai pada kedalaman (5,0 – 23,0) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 14-31 Pukulan. Batulempung abu-abu kehijauan mengandung bahan tufa, kaku-keras dan lapuk kuat. Kepadatan batulempung ini tergolong kepadatan sedang-padat padat.
- Batulempung abu-abu gelap di jumpai pada kedalaman (23,0-30,0) meter. Pengujian SPT pada kedalaman tersebut didapat 14-44 pukulan.

Batulempung abu-abu gelap mengandung bahan tufa dan lapuk sedang. Kepadatan batulempung ini tergolong kepadatan sedang-padat

4.6 Vibration Test

Vibration test pada penelitian ini dilakukan untuk mengukur gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya kegiatan pemancangan jalan tol. Getaran tanah yang disebabkan pemancangan ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya pada pipa disekitar lokasi. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi pemancangan tidak bisa diabaikan sehingga perlu dilakukan pengukuran kuat gelombang yang terjadi pada pipa. Pengukuran getaran pemancangan dilapangan yang digunakan adalah vibration sensor. Sebelum pengukuran, vibration sensor disetting terlebih dahulu. Vibration sensor didesain untuk mengukur dan mencatat getaran tanah dengan tepat. Peralatan ini disebut dengan seismograf dan terdiri dari 2 bagian penting, yaitu *sensor* dan *recorder*.

Objek pengukuran difokuskan pada pipa gas PT.TGI diruas jalan tol Pekanbaru-Dumai sention 5. Hal ini dikarenakan lokasi pipa gas tersebut berdekatan langsung dengan aktivitas pemancangan jalan tol. Pengukuran getaran setiap pemancangan dilokasi berada pada batuan yang mayoritas merupakan batuan lempung yang didukung data geolistrik dan sondir kemudian dibuktikan oleh data bor. Jarak pipa terhadap pemancangan yang terdekat adalah 6 meter sedangkan yang terjauh adalah 12 meter.

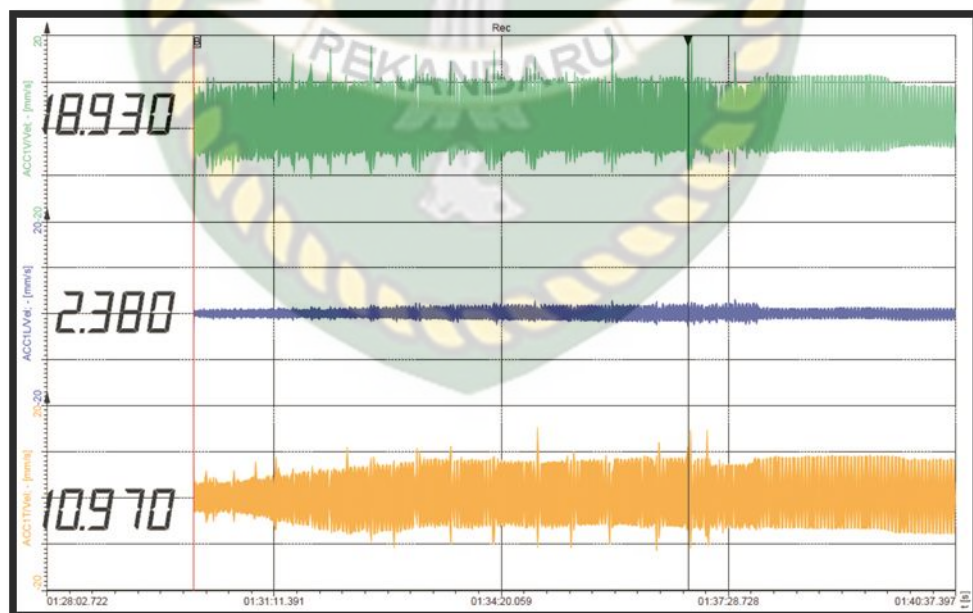
4.6.1 Vibration Test 1

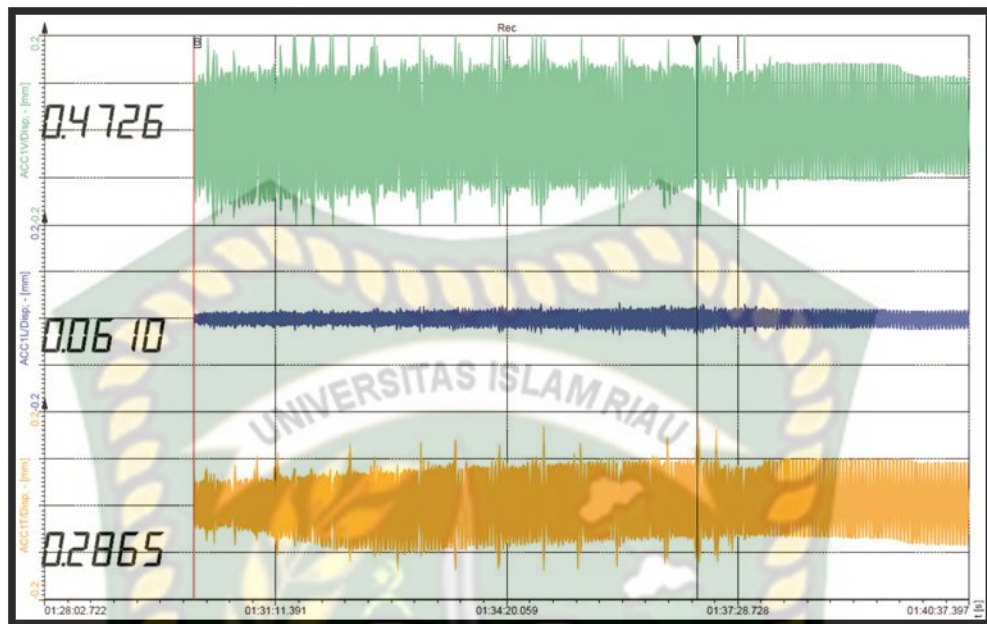
Pada pengukuran getaran di pipa gas PT.TGI diperoleh data getaran setiap pemancangan yang dimana terdapat 4 titik pemancangan. Hampir setiap kegiatan Pemancangan dilakukan pada siang sampe sore hari sekitar atau pada jam 10.00-2.40 PM. Alat ukur getaran yang digunakan adalah vibrasi sensor sedangkan untuk mengetahui jarak dari titik pemancangan ke alat ukur getaran digunakan alat ukur berupa meteran. Adapun kondisi cuaca saat pengukuran sedikit hujan sehingga didapat hasil pengukuran sebagai berikut (**Tabel 4.3**)

Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengukuran Gelombang

Lokasi pengujian	Acceleration (g) m/s ²			Velocity (mm/s)			Displacement/Amplitude (mm)		
	Vertical	Longitudinal	Tranversal	Vertical	Longitudinal	Tranversal	Vertical	Longitudinal	Tranversal
Titik 1	0,0118	0,0489	0,0348	1,1405	6,4789	3,1205	0,0072	0,0369	0,0216
	0,0116	0,0121	0,0479	0,5089	1,7991	1,2324	0,0171	0,0820	0,0444
Titik 2	0,1373	0,0599	0,1491	18,930	2,380	10,970	0,4726	0,0610	0,2865
Titik 3	0,0156	0,0145	0,1935	3,3597	0,1083	12,0138	0,1099	0,0020	0,1040
Titik 4	0,0042	0,0464	0,1909	1,7134	2,7026	17,4125	0,0568	0,0351	0,1901

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan dilapangan, untuk setiap titik pemancangan didapatkan bahwa nilai velocity terbesar adalah 18,930 mm/s (**Gambar 4.13**) dan amplitude/displacement terbesar adalah 0,4726 mm (**Gambar 4.14**) yang merupakan nilai dari titik pancang kedua dengan jarak 6 meter dari pipa gas, sedangkan nilai velocity terkecil adalah 0,05089mm/s dan amplitude/displacement terkecil adalah 0.0171 mm yang merupakan nilai dari titik pancang pertama dengan jarak 12 meter dari pipa gas PT.TGI

**Gambar 4.13** Grafik Pengukuran Velocity Titik Pancang



Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Amplitude/displacement Titik Pancang

Getaran pemancangan yang didapat selama proses pemancangan menurut standar API 618 untuk perencanaan bangunan sekitar pipa gas tidak boleh kecepatan (velocity) melebihi 32 mm/s dan amplitude melebihi 0.0152 mm. Dari hasil pemancangan yang didapat bahwa untuk kecepatan (velocity) akibat pemancangan masih masuk didalam standar PT.TGI dengan nilai 18,930 mm/s, akan tetapi amplitudonya tidak masuk kedalam standar PT. TGI dengan nilai 0,4726 mm (melebihi batas standar API 618 0.0152 mm), Dengan hasil ini maka getaran yang diakibatkan pemancangan kemungkinan dapat menimbulkan kerusakan karena masih nilai amplitude masih diatas batas aman yang dikeluarkan oleh PT.TGI

4.6.2 Vibration Test 2

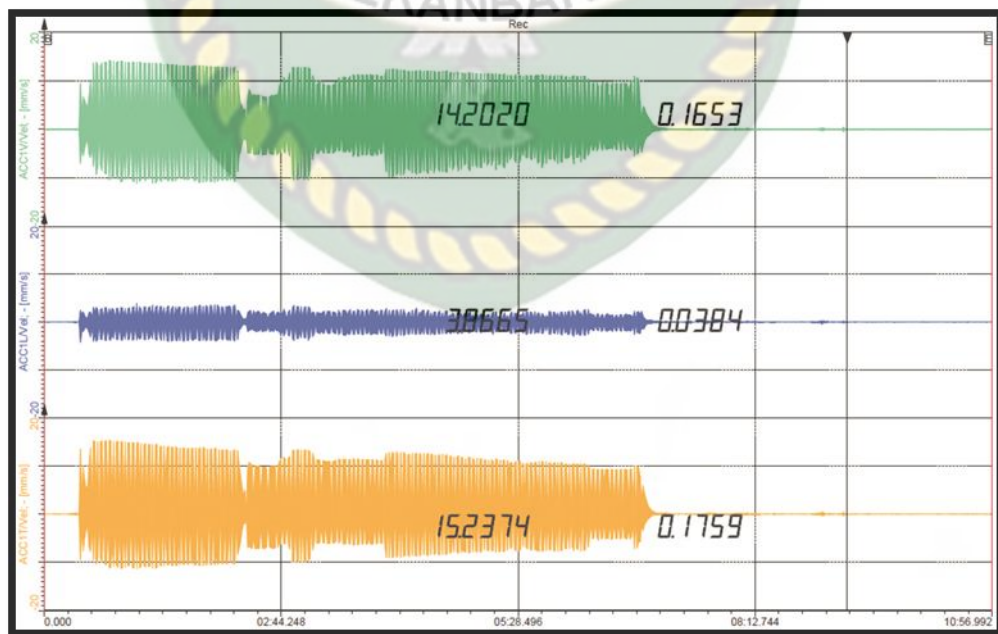
Terkait hasil pengujian yang telah dilakukan pada test 1 ada beberapa nilai velocity dan amplitude yang melewati batas aman berdasarkan standart PT.TGI maka dilakukan pengujian kembali untuk menghindari human error pada pengujian pertama Hampir setiap kegiatan Pemancangan dilakukan pada siang sampai sore hari sekitar atau pada jam 2.00-5.00 PM. Alat ukur getaran yang digunakan adalah vibrasi sensor sedangkan untuk mengetahui jarak dari titik

pemancangan ke alat ukur getaran digunakan alat ukur berupa meteran. Adapun kondisi cuaca pada saat uji kedua panas sehingga hasil pengukuran sebagai berikut (**Tabel.4.5**)

Lokasi pengujian	Velocity (mm/s)			Displacement/Amplitude (mm)		
	Vertical	Longitudinal	Tranversal	Vertical	Longitudinal	Tranversal
test 1	4.9017	0.9328	2.6744	0.0869	0.0135	0.0422
	6.1625	1.467	3.6291	0.0839	0.0222	0.0513
test 2	14.202	3.8665	15.2374	0.1653	0.0384	0.1759
test 3	12.7969	3.6527	12.5259	0.1535	0.02	0.1518
test 4	2.7704	1.3061	1.6897	0.0374	0.018,	0.0229

Tabel 4.5 Nilai Hasil Pengukuran Gelombang

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan dilapangan, untuk setiap titik pemancangan didapatkan bahwa nilai velocity terbesar adalah 15.2374 mm/s dan amplitude/displacement terbesar adalah 0,1759 mm (**Gambar 4.15**)



Gambar 4.15 Grafik Pengukuran Velocity dan amplitude Titik Pancang

yang merupakan nilai dari titik pancang kedua dengan jarak 6 meter dari pipa gas, sedangkan nilai velocity terkecil adalah 0,9328 mm/s dan amplitude/displacement terkecil adalah 0.0138 mm yang merupakan nilai dari titik pancang pertama dengan jarak 12 meter dari pipa gas PT.TGI

Dari hasil pengujian vibrasi test yang kedua didapatkan bahwa nilai velocity masih tetap berada dibawah standart API 618 sedangkan nilai amplitude/displacement yang terjadi juga memenuhi standart yang ditetapkan API 618 hal ini terjadi mungkin dikarenakan factor kondisi tanah yang mengandung banyak air pada saat test yang pertama sehingga pada saat dibebankan tanah akan turun atau displacementnya besar karena air tertekan dan keluar melalui tanah

4.7 Perhitungan Tekanan Pada Pipa

Pada sub-bab ini, akan dilakukan perhitungan tekanan yang diterima oleh pipa PT.TGI dengan mengaplikasikan metode perhitungan tekanan Sesuai Standar API 1102 1993. Adapun informasi data yang didapatkan dilapangan ialah

a) Data Teknis Lapangan

1. Karakteristik pipa

- Diameter = 28 inch
- Operating Pressure = 750 psi
- Steel Grade = X65
- Specified minimum yield strength (SMYS) = 65000 psi

2. Karakteristik Site

- Depth = 2 m
- Bored diameter = 60 cm
- Soil type = clay
- Modulus reaction of soil = 0,2
- Modulus resilient of soil = 5
- Unit weight = 16 kn/m³
- Pavement type = flexible

Berdasarkan data teknis lapangan maka dilakukan penghitungan tekanan pada pipa yaitu berupa tekanan akibat beban bumi, tekanan akibat internal load dan tekanan akibat beban hidup dan gempa

b) penghitung tekanan-tekanan yang terjadi pada pipa yaitu

1. Tekanan Akibat Beban Bumi

$$S_{HE} = K_{HE} \cdot B_e \cdot E_e \cdot \gamma D$$

$$\Rightarrow K_{HE} = 1900$$

$$\Rightarrow B_e = 0,78$$

$$\Rightarrow E_e = 1,1$$

$$\Rightarrow \gamma = 16$$

$$\Rightarrow D = 0,23$$

$$S_{HE} = 1900 \cdot 0,78 \cdot 1,1 \cdot 16 \cdot 0,23$$

$$S_{HE} = 6260 \text{ Psi}$$

Dari hasil perhitungan tekanan akibat beban bumi dengan nilai 6269 dan masih berada Dibawah batas nilai Specified Minimum Yield Strength (SMYS) Yaitu: 65000 Psi

2. Tekanan Akibat Internal Load

$$S_{HI} = \frac{p(D - t_w)}{2t_w}$$

$$\Rightarrow P = 750 \text{ psi}$$

$$\Rightarrow D = 28 \text{ inch}$$

$$\Rightarrow t_w = 3,42 \text{ inch}$$

$$S_{HI} = \frac{750(28 - 3,42)}{2(3,42)}$$

$$S_{HI} = 2695,27 \text{ Psi}$$

Dari hasil perhitungan tekanan akibat beban bumi dengan nilai 2695,27 Psi dan masih berada Dibawah batas nilai Specified Minimum Yield Strength (SMYS) Yaitu: 65000 Psi

3. Tekanan Akibat Beban Hidup dan Gempa

- Tekanan Akibat Beban Hidup

$$S_{hh} = K_{hh} \cdot G_{hh} \cdot R \cdot L \cdot F \cdot w$$

$$\Rightarrow K_{hh} = 2$$

$$\Rightarrow G_{hh} = 0,9$$

$$\Rightarrow R = 1$$

$$\Rightarrow L = 1$$

$$\Rightarrow F = 1,5$$

$$\Rightarrow w = 83,3$$

$$S_{hh} = 2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 83,3$$

$$S_{hh} = 224,91 \text{ Psi}$$

Dari perhitungan tekanan akibat beban hidup didapatkan nilai tekanan 224,91 yang masih berada di bawah nilai SMYS namun masih perlu dilakukan penghitungan tekanan akibat beban gempa yang nantinya akan dijumlahkan dengan nilai tekanan beban hidup yang akan dibandingkan dengan nilai SMYS. Adapun Pendekatan percepatan gempa akibat pemancangan tiang diketahui dari uji vibrasi yang sebelumnya dengan nilai percepatan terbesar ialah $a = 0,137 \text{ m/s}^2$ Sehingga gaya akibat gempa adalah :

$$F = m \cdot a$$

$$M = 16 \times 2 \times 1 \times 1 = 3,2 \text{ Kg}$$

$$F = 3,2 \text{ Kg} \cdot 0,137 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0,4384 \text{ N}$$

$$P_a = 438,5 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 63584 \text{ psi}$$

Dari perhitungan tekanan akibat gempa didapatkan nilai tekanan 63584 psi yang kemudian dijumlahkan dengan nilai dari tekanan beban hidup maka didapatkan hasil sebagai berikut

$$\begin{aligned} S_{hh} &\rightarrow 224,91 \text{ psi} + 63584 \text{ psi} \\ &= 63808,91 \text{ Psi} \end{aligned}$$

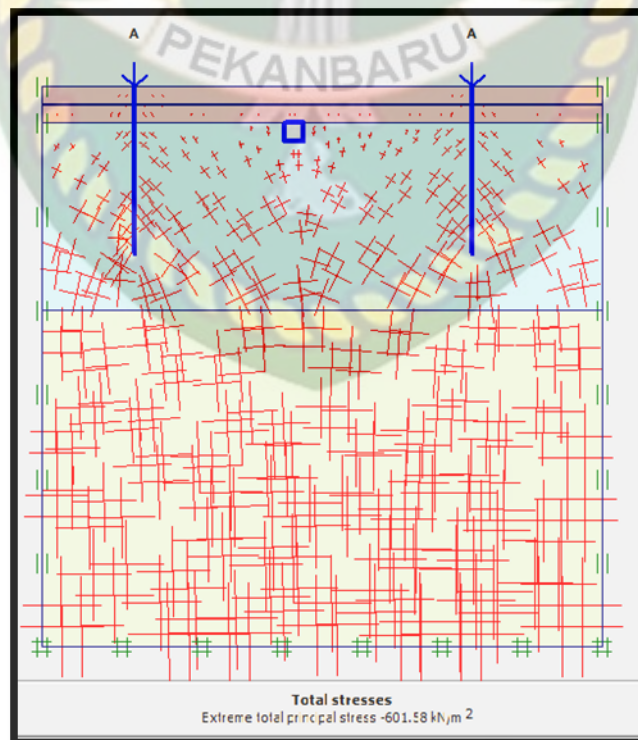
Berdasarkan hasil perhitungan dari semua tekanan dapat disimpulkan Bahwa tekanan masih dibawah nilai Dibawah Specified Minimum Yield Strength (SMYS) Yaitu: 65000 Psi

4.8 Pemodelan Dengan Program Plaxis 2D

Berikut akan memodelkan konstruksi pemancangan untuk perencanaan jalan tol. Pada analisis kali ini akan dicoba pemodelan terhadap tekanan yang terjadi akibat adanya pemancangan serta nilai faktor keamanan pada pipa gas PT.TGI

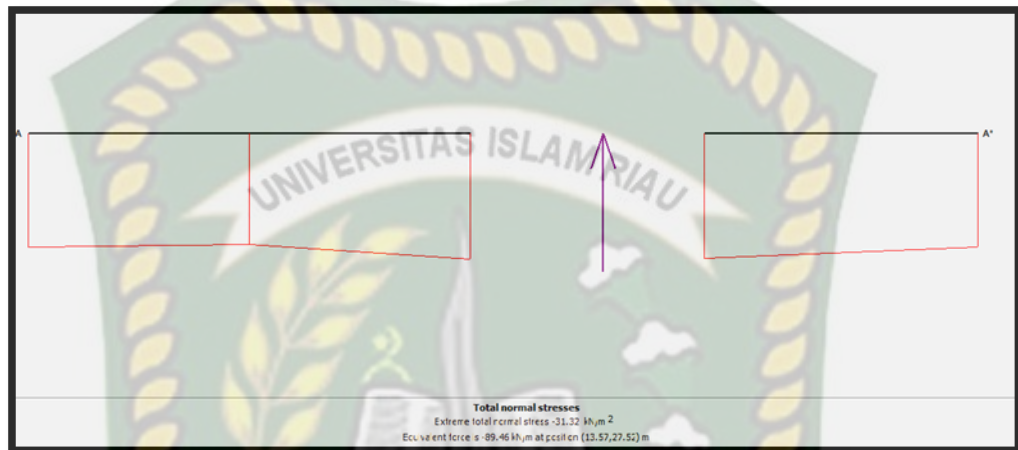
4.8.1 Analisa Tekanan Yang Diterima Pipa Menggunakan Plaxis 2D

Dalam pemodelan analisis tekanan yang diterima oleh pipa pada Plaxis 2D kita hanya membuat pemodelan tanah seperti kondisi di lapangan, kemudian masukkan parameter-parameter tanah untuk setiap jenis tanah yang ada di lapangan dengan gaya yang didefinisikan pada tahap tekanan. Sehingga hasil pemodelan dari plaxis sebagai berikut (**Gambar 4.16**)



Gambar 4.16 Pemodelan Tekanan Pada Plaxis 2D

Dari hasil pemodelan dapat kita tinjau bahwa Total stress yang terjadi adalah $601,158 \text{ kN/m}^2$ atau $0,602 \text{ MPa}$ dan Sedangkan total stress yang mengenai pipa sebesar $31,32 \text{ kN/m}^2$ atau $0,031 \text{ MPa}$. Seperti terlihat yang terlihat sebagai berikut (**Gambar 4.17**)



Gambar 4.17 Model Total Stress

Hasil ini menggambarkan bahwa tekanan yang diterima pipa lebih kecil dari tekanan minimum yang bisa ditahan oleh pipa yaitu sebesar 65 MPa , begitu juga dari perhitungan menggunakan standar API 1102 tahun 2003 didapatkan bahwa tekanan yang terjadi atau yang akan diterima pipa masih dalam kondisi aman yaitu masih dibawah batas minimum tekanan pipa sebesar 65 MPa atau 65000 psi . Sehingga dalam batas ini pipa aman terhadap beban akibat pemancangan.

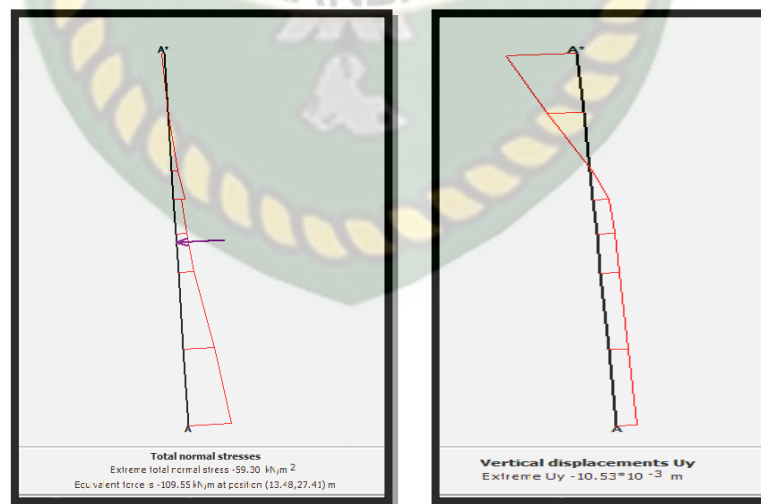
4.8.2 Analisa Tekanan Menggunakan Plaxis Dengan Parit

Dalam pemodelan analisis tekanan yang diterima oleh pipa pada Plaxis kita hanya membuat pemodelan tanah seperti kondisi di lapangan, kemudian mengurangi dampak getaran akibat pemancangan terhadap amplitud yang terjadi pada pipa gas maka dilakukan analisa dengan membuat parit disisi kanan kiri pemancangan yang lebih dalam dari pipa gas dan posisi parit yang lebih dekat dengan pipa gas. Dari analisa menggunakan Plaxis 2D didapatkan hasil sebagai berikut (**Gambar 4.18**)



Gambar 4.18 Pemodelan Tekanan Pada Plaxis 2D Dengan Parit

Dari hasil analisa PLAXIS 2D Terlihat bahwa displacement/amplitude yang terjadi akibat pemancangan mengarah keparitnya dibandingkan ke pipa gas, dampak getaran berpindah kesisi terlemah dari system yaitu adanya parit yang diisi air. Adapun amplitude/displacement pada pipanya adalah sebagai berikut (Gambar 4.19)



Gambar 4.19 Model Total Stress

Dari hasil analisa PLAXIS 2D dengan membuat parit lebih dalam dan lebih dekat dari pipa gas akan menghasilkan amplitude/displacement yang kecil yaitu 0,01053 mm/s² dan tekanan 0,00593 Mpa.

BAB V PENUTUP

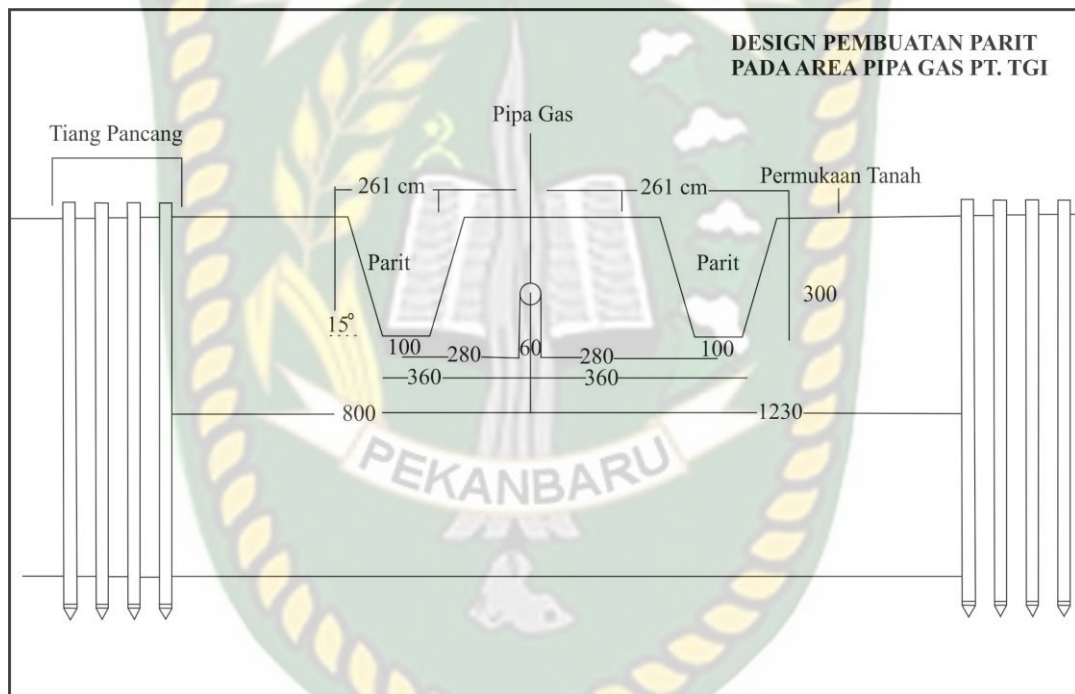
5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada daerah duri pada ruas jalan tol pekanbaru-dumai section 5 dengan koordinat $101^{\circ}15'50.18''$ - $101^{\circ}15'56.01''$ BT dan $1^{\circ}13'51.49''$ - $1^{\circ}13'42.30''$ LU dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada daerah penelitian memiliki nilai anomaly magnetic tertinggi ialah ± 52151.23 nT dan yang terendah bernilai ± 36344.87 nT, sedangkan anomaly yang terjadi pada pipa memiliki nilai densitas ± 44287.6 nT
2. Berdasarkan pemantau survey geolistrik pada 4 lintasan ditemukan pada lintasan 1 menunjukkan adanya perubahan nilai resistivitas dimulai pada kedalaman 1.8m, yang menunjukkan material yang lebih menghantarkan arus listrik(konduktor), dengan nilai resistivitas lintasan 1 berkisar antara 1.63-873 Ω m
3. Berdasarkan data bor pada bor 1 ditemukan 4 lapisan(top soil berupa lempung pasir, lempung merah, lempung abu-abu cerah dan Batulempung abu-abu kehijauan) sedangkan pada bor 2 ditemukan 5 lapisan(top soil berupa lempung pasir, lempung pasir, lempung abu-abu kehijauan, batulempung abu-abu kehijauan dan batulempung abu-abu gelap) dengan nilai konus mencapai ≥ 100 kg/cm² pada kedalaman 21m
4. Berdasarkan hasil vibration test nilai velocity tertinggi yang dihasilkan dari getaran pemancangan adalah 18,930 mm/s dan amplitude 0,4726 mm
5. Tekanan keseluruhan yang diterima oleh pipa ialah 63808.91 Psi dan masih berada dibatas Specified Minimum Yield Strength (SMYS) Yaitu: 65000 Psi
6. Setelah dianalisa ulang dengan software PLAXIS 2D dengan membuat parit yang lebih dalam dan lebih dekat dari pipa gas hasil amplitude yang diinginkan tercapai yaitu kecil dari 0,0152 mm (amplitudonya 0,01053)

5.2 Saran

Adapun saran untuk yang ingin melanjutkan penelitian ini lebih lanjut disarankan agar pengambilan titik pengukuran magnetic dan geolistrik lebih banyak lagi disekitar pipa gas agar gambaran bawah permukaan didapatkan hasil yang lebih akurat lagi, sedangkan untuk dilanjutkannya proses pemancangan jalan tol disarankan Membuat parit yang lebih dalam dan lebih dekat dengan pipa, dengan untuk mengurangi getaran yang di akibatkan pemancangan mencapai pipa dengan ketentuan sebagai berikut(**Gambar 5.1**)



Gambar 5.1 Ilustrasi pemancangan dengan pembuatan Parit

DAFTAR PUSTAKA

API 1002 2013 “Steel Pipeline Crossing Railroad and Highway

RSNI2 Tahun 2012-1726 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung

Kurniawan, Alva.(2013), Analisis Stratigrafi Berdasarkan Data Log.Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Birlina, Serli H,(2013), Interpretasi Data Geolistrik untuk Memetakan Potensi Air Tanah dalam Menunjang Pengembangan Data Hidrogeologi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur volume 9, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA-Universitas Sebelas Maret

Hurriyah, Raudatul Jannah, Analisis Struktur Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik (Studi Kasus Pada Kampus Lain Imam Bonjol Padang Di Sungai Bangek Kecamatan Koto Tangah) Program Studi Pendidikan Geografi STKIP PGRI-Sumatera Barat

Muhammad, HS. Et al.(2014), Studi Pengaruh Diameter Dan Panjang Tiang Pancang Terhadap Amplitudo Getaran Pada Perencanaan Pondasi Alternatif Turbin Gas, Jurnal Teknik POMITS, 2014

Saifullah HA. (2013), Kajian Analitik Pengaruh Rambatan Energi Gempa Terhadap Perilaku Benturan Gedung, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7(KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS)-Surakarta, 24-26 Oktober 2013

Siregar, Muhammad Fahmi(2018). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile dengan Menggunakan Metode Analisis dan Program Software Plaxis (Studi Kasus Jalan Layang Kereta Api Medan- Bandar Khalipah KM 0+600), Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

Sudrajat, Arif(2017). Analisis Litologi Lapisan Sedimen Berdasarkan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (Hsvr) Dan Data Bor Dikawasan Jalur Sesar Opak, Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negri Yogyakarta

Syofyan, Fandi Aulia (2017), Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Di Daerah Pandawa, Jorong Tarok, Kecamatan 2X 11 Kayu Tanam, Fakultas Teknik Universitas Negri Padang

Tuti, Susilas (2016), Survey Anomali Magnetic Bijih Besi Di Pesisir Pantai Marina Kabupaten Banteng Berdasarkan Metode Geomagnetik, Universitas Islam Negri (UIN) Alauddin Makassar



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 1664/KPTS/FT-UIR/2019
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Membaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Geologi Nomor : 031 / TA/TG/FT/2019 tentang persetujuan dan usulan pengangkatan Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi mahasiswa Fakultas Teknik perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003
2. UU Nomor 14 Tahun 2005 Tentang Guru Besar
3. UU Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
4. PP Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi
5. Permenristek Dikti Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
6. Permenristek Dikti Nomor 32 Tahun 2016 Tentang Akreditasi Prodi dan Perguruan Tinggi.
7. SK.Ban PT.Nomor : 2777/SK/BAN – PT/Ared /S/X/2018
8. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2013
9. SK.Rektor Universitas Islam Riau Nomor : 112 /UIR/Kpts/2016

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Mengangkat saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian & penyusunan Skripsi Mahasiswa Fak . Teknik Program Studi Teknik Geologi.

No	N a m a	Pangkat	Jabatan
1.	Husnul Kausarian.,PhD	Lektor Kepala	Pembimbing

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

N a m a : Hafiz Rahmat
NPM : 153610183
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan Untuk Pondasi Jalan Tol Pekanbaru – Dumai Terhadap Pipa Gas PT.TGI .

3. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal : 20 Rabiul Akhir 1441 H
17 Desember 2019 M

Dekan

Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT, MS, Tr. IPM
NPK : 88 03 02 98

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Geologi FT-UIR
3. Yang Bersangkutan .
4. Arsip



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيَوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp: +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME

Nomor: 032 /A-UIR/5-T/2020

Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

NAMA	HAFIZ RAHMAT
NPM	15 361 0183
PROGRAM STUDI	TEKNIK GEOLOGI

Judul Skripsi / Tugas Akhir:

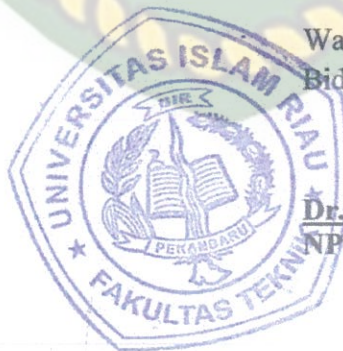
ANALISA PENGARUH GETARAN PEMANCANGAN UNTUK PONDASI
JALAN TOL PEKANBARU-DUMAI TERHADAP PIPA GAS PT.TGI.

Dinyatakan Bebas Plagiat karena hasil pengecekan Turnitin menunjukkan angka *Similarity Index* $\leq 30\%$ pada setiap subbab naskah skripsi yang disusun. Demikian surat keterangan ini di buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 14 Februari 2020 M
19 Jumadil Akhir 1441 H

Wakil Dekan,
Bidang Akademik,

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT
NPK. 99 05 02 281





UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيَوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN SKRIPSI

Pada Hari Kamis Tanggal Dua Puluh Tujuh Bulan Februari Tahun 2020 Pukul 13.30 WIB – Selesai
Bertempat di Ruang Sidang Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dilaksanakan Seminar Hasil Penelitian Skripsi Mahasiswa sebagai berikut :

Nama : Hafiz Rahmat
Nomor Pokok Mahasiswa : 153610183
Jurusan / Konsentrasi : Teknik Geologi /
Judul TA Mahasiswa : Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan untuk Pondasi Jalan Tol
Pekanbaru-Dumai Terhadap Pipa Gas PT. TGI

Berdasarkan rapat Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji, bersama ini kami sampaikan hasil seminar
Penelitian Skripsi atas nama mahasiswa tersebut.

- ☐ Menyetujui Seminar Hasil Penelitian, dilanjutkan dengan ujian Komprehensif.
- ☒ Memperbaiki Hasil Penelitian dan dapat dilanjutkan ujian Komprehensif.
- ☐ Memperbaiki Hasil Penelitian dan pengulangan Seminar pada Hari/tanggal :
- ☐ Seminar hasil ditolak, menggantikan topic Penelitian dan pengulangan Seminar

Berita acara ini ditandatangani oleh tim penguji dan disahkan oleh ketua program untuk dipergunakan
sebagaimana mestinya.

No	Dosen	Jabatan Dalam Seminar	Tanda Tangan
1	Husnul Kausarian, Ph.D	Ketua	1.
2	Adi Suryadi, B.Sc (Hons)., M.Sc	Anggota Penguji	2.
3	Fitri Mairizki, S.Si., M.Si	Anggota Penguji	3.

Pembimbing

Husnul Kausarian, Ph.D

Dengan Harapan Dosen Pembimbing dapat memberikan keputusan seminar.

Pekanbaru, 27 Februari 2020
Diketahui Wakil Dekan I

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 0437.C/KPTS/FT-UIR/2020
TENTANG PENETAPAN DOSEN PENGUJI SKRIPSI MAHASISWA FAK. TEKNIK UNIV. ISLAM RIAU

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Menimbang** : 1. Bahwa untuk menyelesaikan studi S.1 bagi mahasiswa Fakultas Teknik Univ. Islam Riau dilaksanakan Ujian Skripsi/Komprehensif sebagai tugas akhir. Untuk itu perlu ditetapkan mahasiswa yang telah memenuhi syarat untuk ujian dimaksud serta dosen penguji.
2. Bahwa penetapan mahasiswa yang memenuhi syarat dan dosen penguji yang bersangkutan perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor : 20 tahun 2003 tentang Pendidikan Nasional
2. UU No. 14 Tahun 2005 Tentang Guru Besar
3. UU Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
4. PP Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi
5. Permenristek Dikti Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
6. Permenristek Dikti Nomor 32 Tahun 2016 Tentang Akreditasi Prodi dan Perguruan Tinggi
7. SK. BAN-PT Nomor : 2777/SK/BAN-PT/Ared/S/X/2018
8. Statuta Universitas Islam Riau Nomor : 112/UIR/kpts/2016

MEMUTUSKAN

- Menetapkan:** 1. Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tersebut namanya dibawah ini :
- Nama : Hafiz Rahmat
- NPM : 153610183
- Program Studi : Teknik Geologi
- Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
- Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan Untuk Pondasi Jalan Tol Pekanbaru – Dumai Terhadap Pipa Gas PT. TGI
2. Penguji Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut terdiri dari :
1. Husnul Kausarian, Ph.D Sebagai Ketua Merangkap Penguji
2. Budi Prayitno, ST., MT Sebagai Anggota Merangkap Penguji
3. Fitri Mairizki, S.Si., M.Si Sebagai Anggota Merangkap Penguji
3. Laporan hasil ujian serta berita acara telah sampai kepada Pimpinan Fakultas selambat-lambatnya 1(satu) bulan setelah ujian dilaksanakan.
4. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.
- KUTIPAN** : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal : 27 Sya'ban 1441 H
21 April 2020 M

Dekan

Dr. Eng. Muslim, ST., MT
NPK. 09 11 02 374

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Rektor UIR.
2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Geologi FT UIR.
3. Yth. Pembimbing dan Penguji Skripsi.
4. Mahasiswa yang bersangkutan.
5. Arsip.



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284
Telp. +62 761 674674 Website: www.eng.uir.ac.id Email: fakultas_teknik@uir.ac.id

BERITA ACARA SIDANG KOMPREHENSIF

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 21 April 2020, Nomor: 0437.C/KPTS/FT-UIR/2020, maka pada hari Senin tanggal 27 April 2020, telah dilaksanakan Sidang Komprehensif Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2019/2020 berikut ini.

1. Nama : Hafiz Rahmat
2. NPM : 153610183
3. Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Getaran Pemancangan Untuk Pondasi Jalan Tol Pekanbaru – Dumai Terhadap Pipa Gas PT. TGI
4. Waktu Ujian : 10.30 – 12.00 WIB
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Ruang Sidang Fakultas Teknik UIR

Dengan keputusan Hasil Sidang Komprehensif :

Lulus*/ Lulus dengan Perbaikan*/ Tidak Lulus*

** Coret yang tidak perlu.*

Nilai Ujian:

Nilai Ujian Angka = ... A Nilai Huruf = ... 86-25

Tim Penguji Komprehensif.

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Husnul Kausarian, Ph.D	Ketua	1.
2	Budi Prayitno, ST., MT	Anggota	2.
3	Fitri Mairizki, S.Si., M.Si	Anggota	3.

Panitia Ujian

Ketua

Husnul Kausarian, Ph.D
NIDN. 1014028602

Pekanbaru, 27 April 2020
Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. M. Muslim, ST., MT
NIDN. 1016047901