

## PERENCANAAN TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN APRON DENGAN MEMPERHITUNGKAN ADANYA PENURUNAN TANAH DI BANDAR UDARA SILAMPARI LUBUKLINGGAU

Khofivah Diyah Permatasari

Jurusan Teknik Bangunan dan Landasan, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: khofivahdp@gmail.com

### Abstrak

Bandar Udara Silampari merupakan salah satu bandar udara yang dikelola Kementerian Perhubungan yang berada 10 km di sebelah barat Kota Lubuklinggau Sumatera Selatan. Bandar Udara Silampari memiliki apron dengan dimensi 130 m x 100 m dengan perkerasan lentur (*flexible*) yang memiliki nilai PCN 49 F/C/X/T. Sesuai dengan rencana induk akan dilaksanakan pelebaran apron hingga 278 m x 100 m. Sedangkan kondisi area pelebaran merupakan rawa dengan perbedaan elevasi dengan apron eksisting  $\pm 9$  meter dari tanah dasar. Adanya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa timbunan yang dibutuhkan dan penurunan akibat konsolidasi yang terjadi. Metode timbunan bertahap yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode untuk melakukan timbunan pada tanah yang dangkal dengan tujuan untuk mempercepat proses konsolidasi tanah. Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan tinggi timbunan yang dibutuhkan yaitu sebesar 11,461 meter dengan memperhitungkan timbunan dan beban yang bekerja. Penimbunan perlu dilakukan dengan metode timbunan bertahap, penimbunan dilakukan dalam 2 tahapan dengan besar konsolidasi 0,331 meter dari hasil perhitungan manual dan 0,147 dari analisis menggunakan *software* PLAXIS. Kemudian masa tunggu konsolidasi selama 2,488 tahun dari hasil perhitungan manual 2,263 tahun dari analisis menggunakan *software* PLAXIS 8.2. Hasil analisa didapat bahwa konsolidasi dan waktu tunggu memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan. Artinya permodelan sudah benar, perbedaan angka pada waktu tunggu konsolidasi disebabkan perbedaan parameter yang digunakan dalam PLAXIS yaitu koefisien permeabilitas sedangkan pada manual menggunakan nilai Cv.

**Kata kunci:** Timbunan bertahap, konsolidasi, PLAXIS

### Abstract

*Silampari Airport is one of the airports that is managed by The Ministry of Transportation, which is located 10 kms west of Lubuklinggau City, South Sumatera. Silampari Airport owns an apron with the dimension of 130 m x 100 m with a flexible pavement that has a PCN of 49 F/C/X/T. In accordance with the masterplan, a widening of the apron to become 278 m x 100 m will be carried out. Meanwhile, the condition of the widening area is a swamp with an elevation difference from the existing apron approximately 9 meter from the subgrade. The purpose of this research is to find out how much embankment is needed and how much of soil is degraded caused by the consolidation. The staged construction method used in this research is a method of filling shallow soil with the aim of accelerating the process of soil consolidation. Based on the result of the planning that has been done, the required embankment height will be 11,461 meters by calculating both the embankment and the working load. Embankment needs to be carried out with a staged construction method, it needs to be done within 2 stages with*

*a consolidation size of 0,331 meters from the results of manual calculations and 0,147 from the analysis using PLAXIS software. Then the waiting period for consolidation is 2,488 years according to the results of manual calculations and 2,263 years from the analysis using PLAXIS 8.2 software. The results of the analysis, it was found that consolidation and waiting time have an insignificant differences in values. This means that the modeling has been done correctly, the difference of the numbers on the waiting time for consolidation was caused by the differences in the parameters used in PLAXIS, namely the permeability coefficient, while in the manual calculation the Cv value is used.*  
**Keywords:** Staged construction, consolidation, PLAXIS

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Perpindahan manusia dan barang dari suatu tempat ke tempat lain yang semakin meningkat menyebabkan semakin tingginya jumlah moda transportasi di Indonesia. Salah satu moda transportasi yang sedang tren adalah transportasi udara, yaitu transportasi alternatif tercepat daripada transportasi lainnya. Menurut KP 326 Tahun 2019, bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

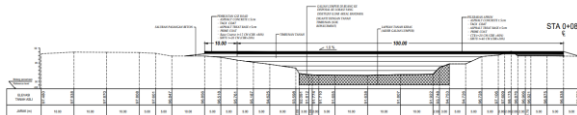
Bandar Udara Silampari merupakan bandar udara kelas III yang dikelola oleh UPBU Direktorat Jenderal Perhubungan Udara terletak di Kota Lubuklinggau Provinsi Sumatera Selatan. Jarak dari pusat kota berkisar 3 km. Letak geografis Bandar Udara Silampari berada di posisi 03° 17' 08,55" LS dan 102° 01' 72" BT. Terletak pada ketinggian 410 di atas permukaan rata-rata laut (*mean sea level*). Bandar udara Silampari mulai dioperasikan pada 7 Mei 1994, diresmikan oleh Gubernur Sumatera Selatan, Ramli Hasan Basri dan Menteri Perhubungan, Haryanto Danutirto.

Bandar Udara Silampari memiliki satu *runway* dengan dimensi 2.220 m x 45 m dengan perkerasan lentur (*flexible*). Nilai *Pavement Classification Number* (PCN) *runway* Bandar Udara Silampari yaitu 43 F/C/X/T. Memiliki 1 *taxiway* dengan dimensi 155 m x 23 m dengan perkerasan lentur (*flexible*). *Pavement Classification Number* (PCN) *taxiway* Bandar Udara Silampari yaitu 48 F/C/X/T. Dan memiliki 1 *apron* dengan dimensi 130 m x 100 m dengan perkerasan lentur (*flexible*). *Pavement Classification Number* (PCN) *apron* Bandar Udara Silampari yaitu 49 F/C/X/T. Jenis pesawat yang beroperasi saat ini di Bandar Udara Silampari antara lain Airbus 320 dan ATR 72.

Salah satu upaya dalam mendukung mobilitas dan meningkatkan kualitas dan kapasitas apron yang dimiliki, sesuai dengan gambar rencana induk akan dilakukan penyesuaian yaitu area apron yang akan diperluas yang terbagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap I dengan dimensi 228 m x 100 m, dan tahap II 278 m x 100 m dengan PCN 56 F/C/X/T. Perluasan apron ini didesain dengan menambah parking stand sebanyak 3 parking stand dan sesuai dengan master plan akan ada pesawat tipe baru yg beroperasi yaitu Boeing 737 900er guna meningkatkan pelayanan di bandara. Pada dasarnya pembangunan *apron* yang

memiliki properti tanah yang baik dapat bertahan lama dan terhindar dari kerusakan. Konstruksi yang dibangun pada tanah dengan daya dukung rendah dapat mengakibatkan longsor, roboh, dan bencana lainnya.

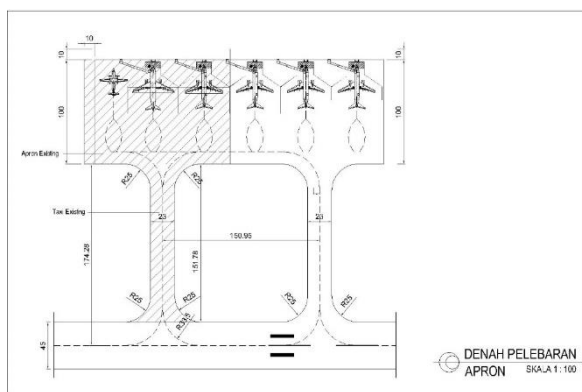
Kondisi area perluasan saat ini terjadi perbedaan elevasi. Dari beberapa titik gambar potongan didapat titik terdangkal yaitu ± 9 meter pada STA ± 80 yang mengharuskan dilakukan penimbunan.



Gambar 1 Gambar potongan area yang harus dilakukan timbunan



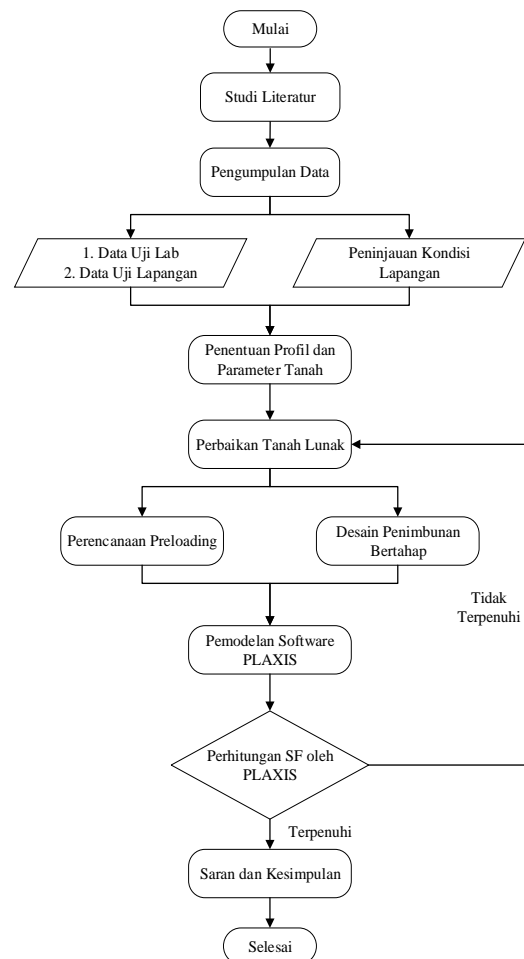
Gambar 2 Area pengembangan rencana induk



Gambar 3 Konfigurasi apron rencana

## METODE

Proses serta tahapan-tahapan dari penyusunan tugas akhir ini dibuat dalam sebuah bagan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4 Bagan Alur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Waktu Konsolidasi

Dalam perhitungan waktu agar konsolidasi mencapai 90% maka nilai  $T_v$  yaitu 0.848. Kemudian dihitung dengan rumus berikut.

$$t = \frac{T_v \times H_{dr}^2}{c_v}$$

$$= \frac{0,848 \times 48,86}{0,00528}$$

$$= 7,8 \times 10^7 s \approx 2,488 \text{ year}$$

### Perhitungan Tinggi Timbunan Rencana

Tinggi timbunan pada proyek ini harus direncanakan berdasarkan beban yang akan bekerja pada lapisan tanah. Beban yang bekerja pada masa operasional harus diperhitungkan sehingga tidak terjadi penurunan pada saat masa operasional.

Untuk mendapatkan tinggi timbunan pada masa konstruksi maka harus dilakukan konversi beban ke tinggi timbunan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Tinggi timbunan ekuivalen beban struktur} = \frac{13,042 \text{ kPa}}{18,14 \text{ kPa}}$$

$$= 0,72 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi timbunan ekuivalen beban pesawat} = \frac{50 \text{ kPa}}{18,14 \text{ kPa}}$$

$$= 2,76 \text{ m}$$

**Tabel 1 Perhitungan Tinggi Timbunan Operasional**

El. Bottom Perkerasan	+ 97,48
El. Eksisting Permukaan Tanah	+ 91,92
El. Stripping	+ 89,909
Tinggi Timbunan di bawah Perkerasan (H1)	= 7,57 m
Ekivalen Beban Pesawat	= 2,76 m
Ekivalen Beban Perkerasan	= 0,72 m
Tinggi Timbunan Operasional	= 11,07 m

Berdasarkan tinggi puncak timbunan rencana setinggi 11,07 meter, diperoleh hasil perhitungan konsolidasi dengan teori konsolidasi 1 dimensi untuk tanah *normally consolidated* dengan rumus:

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \left( \frac{\sigma'_{10} + \Delta\sigma'}{\sigma'_{10}} \right)$$

Disini besar nilai konsolidasi hanya dicari pada lapisan tanah yang mempunyai nilai  $C_c$ . Sesuai dengan data korelasi pada lapisan

tanah yang mempunyai nilai  $C_c$  yaitu lapisan pertama. Besar konsolidasi akibat beban operasional adalah sebagai berikut.

**Tabel 2 Perhitungan konsolidasi**

H lapisan tanah	Yunsat	$\sigma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	$C_c$	$e_0$	Se(m)	Hfinal
6,99	18,14	28,62405	200,4	0,115	1,225	0,326	11,461

Akibat beban operasional, didapat penurunan yang terjadi yaitu sebesar 0.326 meter. Untuk mengantisipasi terjadinya penurunan konsolidasi yang lebih besar dari yang diperhitungkan dan adanya konsolidasi sekunder maka tinggi timbunan akibat penurunan konsolidasi ditambahkan sebesar 20% sehingga menjadi  $120\% \times 0.326 \text{ m} = 0.391 \text{ m}$ . Total tinggi timbunan setelah diberikan tambahan beban preloading menjadi **11.07 + (1.2 × 0.326) = 11.461 meter**. Resume tinggi total timbunan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

**Tabel 4 Perhitungan tinggi timbunan total**

Perhitungan Konsolidasi Beban Operasional dan Surchage	
El. Bottom Perkerasan	+ 97,48
El. Eksisting Permukaan Tanah	+ 91,92
El. Stripping	+ 89,909
Tinggi Timbunan di bawah Perkerasan (H1)	= 7,57 m
Ekivalen Beban Pesawat	= 2,76 m
Ekivalen Beban Perkerasan	= 0,72 m
Tinggi Timbunan Operasional	= 11,05 m
Penurunan	= 0,326 m
Tinggi Surchage	= 0,391 m
Tinggi Total Timbunan	= 11,461 m

Hasil perhitungan untuk analisis konsolidasi adalah sebagai berikut

**Tabel 5 Perhitungan konsolidasi setelah ditambah dengan timbunan ekuivalen**

H lapisan tanah	Yunsat	$\sigma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	$C_c$	$e_0$	Se(m)	Hfinal
6,99	18,14	28,62405	207,543	0,115	1,225	0,33111	11,110

### Perhitungan Staged Construction

Penimbunan bertahap dilakukan menyesuaikan dengan kapasitas daya dukung tanah dasar. Kapasitas daya dukung tanah dasar dihitung dengan menggunakan

persamaan teori daya dukung Terzaghi sebagai berikut.

$$C_u = \frac{qc}{20}$$

$$= \frac{8}{20}$$

$$= 0,4 \text{ kg/m}^2 = 39,23 \text{ kN/m}^2$$

perhitungan tinggi kritis timbunan dengan persamaan berikut.

$$H_{cr} = \frac{5,14 \times C_u}{SF \times \gamma_{timbunan}}$$

$$= \frac{5,14 \times 39,23}{1,3 \times 18,14}$$

$$= 8,55 \approx 8 \text{ meter}$$

$\Delta\sigma'$  merupakan tegangan total efektif sebagai berikut

$$\Delta\sigma' = H_{cr} \times \gamma_{timbunan}$$

$$= 8 \times 18,14$$

$$= 145,12$$

Perhitungan kuat geser pada analisis ini menggunakan persamaan Mesri (1988) sebagai berikut

$$\Delta S_u = 0,22 \times \Delta\sigma' \times U$$

$$= 0,22 \times 145,12 \times 0,9$$

$$= 28,73$$

Perhitungan tinggi kritis selanjutnya yaitu dengan rumus yang sama tetapi dengan nilai  $C_u$  yang didapat dari

$$C_{u_{baru}} = C_{u_{lama}} + \Delta S_u$$

$$= 39,23 + 28,73$$

$$= 67,96$$

Kemudian dihitung tinggi kritis selanjutnya

$$H_{cr_2} = \frac{5,14 \times C_u}{SF \times \gamma_{timbunan}}$$

$$= \frac{5,14 \times 67,96}{1,3 \times 18,14}$$

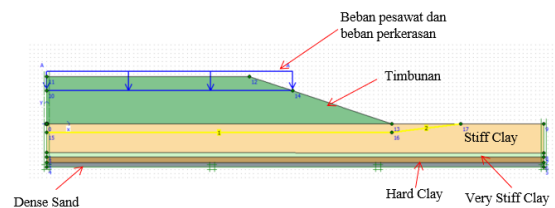
$$= 14,81 \text{ meter}$$

Dari perhitungan tinggi kritis diatas maka timbunan tahap 2 yaitu sebesar 3,46 meter.

Tinggi timbunan tahap pertama 8 meter dan tahap kedua 3,46 meter maka metode pelaksanaan penimbunan yaitu pada timbunan pertama dilakukan pemadatan di tiap 4 meter timbunan menggunakan *Rapid Impact Compaction* agar pemadatan efektif sampai lapisan dasar.

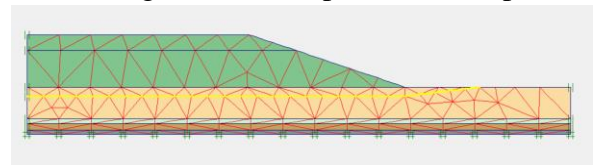
### Pemodelan Timbunan pada Plaxis 8.2

Model timbunan pada perangkat lunak Plaxis 8.2 adalah sebagai berikut:



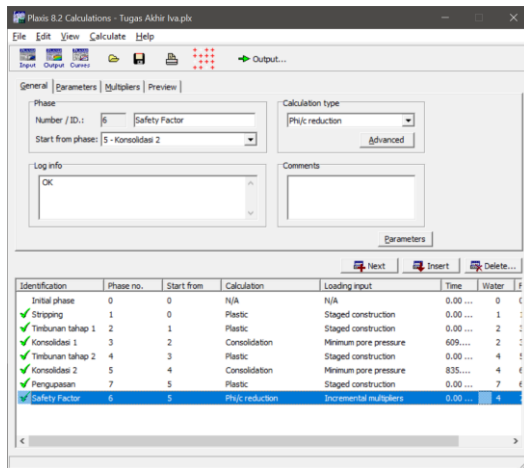
**Gambar 5** Model plane strain timbunan pada Plaxis 8.2

Pada model ini beban pesawat diasumsikan berada diatas lapisan pavement dengan asumsi spasi 3,5 meter dan panjang daerah yang terbebani adalah 49 meter yang merupakan nilai setengah lebar dari perencanaan apron.



**Gambar 6** Mesh pada model

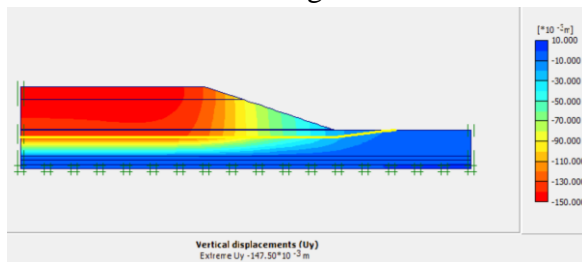
Tahapan lengkap dari analisis yang dilakukan adalah



Gambar 4.1 Tahapan analisis pada Plaxis 8.2

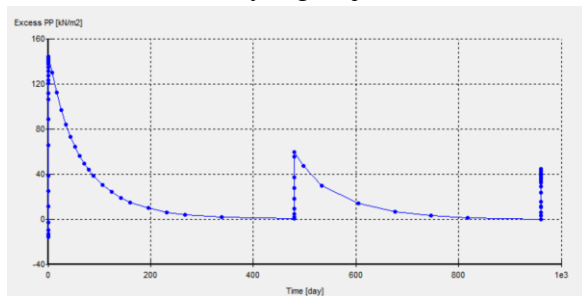
### Hasil Analisis Menggunakan Plaxis 8.2

Besar penurunan yang terjadi akibat konsolidasi adalah sebagai berikut:



Gambar 7 Penurunan konsolidasi akibat timbunan

Kurva konsolidasi yang terjadi



Gambar 8 Kurva eksek tekanan air pori terhadap waktu akibat timbunan

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa besar penurunan ultimit akibat konsolidasi adalah 0,1475 meter. Proses konsolidasi tiap tahapan berlangsung selama 480,19 hari atau 1,315 tahun, sehingga permodelan yang dilakukan sudah sesuai dengan perhitungan manual. Komparasi Hasil Perhitungan Manual dengan Hasil Software Plaxis.

Hasil analisis konsolidasi dari perhitungan manual dan plaxis menunjukkan kecepatan dan besar penurunan yang sedikit berbeda.

	Manual	Plaxis
Penurunan Konsolidasi (m)	0,331	0,147
Waktu Konsolidasi (tahun)	2,488	1,315

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan Analisa dan perencanaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Tinggi timbunan yang dibutuhkan adalah 11,461 meter (timbunan dan beban tambahan).
2. Total penurunan yang terjadi akibat konsolidasi adalah 0,331 meter berdasarkan perhitungan manual dan 0,147 meter berdasarkan analisis software Plaxis.
3. Pada perencanaan ini perlu dilakukan metode timbunan bertahap karena nilai  $H_{cr}$  masih kurang dari timbunan yang dibutuhkan. Timbunan bertahap dilakukan dengan 2 tahapan. Tinggi timbunan tahap 1 adalah 8 meter dan tahap 2 adalah 3,46 meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, Bimo Wibi. 2017. *Alternatif Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Timbunan Pada Proyek Jalan Tol Pemalang – Batang Seksi IV STA 362+550 – STA. 362+625*. Surabaya
- [2] Begeman, Myron L. 1965. *Teknologi Mekanika*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta
- [4] Carter, M. & Bentley, Stephen P. 1991. *Correlations of Soil Properties*. London: Pentech.
- [5] Carter, Micheal and Bentley, Stephen P. 1991. *Correlations of Soil Properties*. Amerika Serikat: Pentech Press.

- [6] Dabigi, Arif Salman. *Laporan Design Geoteknik Konstruksi Timbunan Bertahap dengan PVD*. Bandung.
- [7] Das, Braja M. 1994. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta. Erlangga.
- [8] Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta. Erlangga.
- [9] Das, Braja M. 2002. *Principle of geotechnical engineering edisi 5*. Australia. Australia Brooks/Cole.
- [10] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005, SKEP/77/VI/2005 Tentang “*Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*”
- [11] *Federal Aviation Administration*. 2016, Advisory Circular AC 150/5320-6F Airport Pavement Design and Evaluation.
- [12] Han, Jie. 2015. *Principles and Practice of Ground Improvement*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [13] Haq, Muhammad Faisal. 2017. *Perencanaan Timbunan dan Konstruksi Penahan Tanah untuk Terminal Penumpang di Pelabuhan Bima, Nusa Tenggara Barat*. Surabaya
- [14] ICAO. 2009, *Annex 14, Volume 1 for Aerodrome Design and Operations*. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- [15] Meilawati E.P, Karina. 2016. *Studi Desain Reklamasi Pulau di Jakarta Utara dengan Metode Staged Construction , PVD dan Vibro Compaction*. Bandung.
- [16] Meyerhof, G.G. 1956. “*Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil.*” *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. American Society of Civil Engineers. Vol. 82. No. SM-1. pp. 1-19.
- [17] Terzaghi, K.1925. *Theoretical Soil Mechanics for Civil and Mining Engineers.*, Granada. London.
- [18] Terzaghi, B. Ralph, & Peck, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. New York: John Willey & Sons.
- [19] Terzaghi, Karl and Peck, B Ralph. 1987. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: Willey.
- [20] Terzaghi., Karl and Peck, B Ralph. 1997. *Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*. New York: John Willey & Sons.
- [21] Unit Penyelenggara Bandar Udara Silampari Lubuklinggau. (2019).
- [22] *Soil Investigation*. Lubuklinggau: Unit Penyelenggara Bandar Udara Silampari Lubuklinggau