

**PERGERAKAN HORIZONTAL TANAH YANG TERJADI AKIBAT
PROSES PERCEPATAN KONSOLIDASI METODE *VACUUM* + PVD +
PHD + *PRELOADING* PADA PEKERJAAN PERPANJANGAN *RUNWAY*
BANDAR UDARA INTERNASIONAL SUPADIO**

**Lalu Muhamad Junaidi ¹⁾, Dr. Ing Ir. Eka Priyadi, M.T ²⁾, Dr. Ing Ir. Slamet
Widodo, M.T., IPM ³⁾**

- ¹⁾ Mahasiswa Program Studi Magister Teknik, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124, Telepon 08113361956 email : lmjunaidi@gmail.com
- ²⁾ Dosen Pembimbing I, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124, Telp. 0561-740186, email : ft@untan.ac.id
- ³⁾ Dosen Pembimbing II, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124, Telp. 0561-740186, email : ft@untan.ac.id

ABSTRAK

Kondisi tanah yang sangat lunak area Bandara Supadio, pekerjaan perbaikan tanah yang berbatasan langsung dengan *runway existing* serta metode perbaikan tanah lunak yang menggunakan kombinasi *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)* + *Pre-fabricated Horizontal Drain (PHD)* + *vacuum* + *preloading* merupakan metode yang belum pernah diaplikasikan pada pekerjaan-pekerjaan diarea Bandara Supadio, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap dampak pergerakan horizontal yang mungkin terjadi sebagai akibat adanya proses percepatan konsolidasi tersebut. Penelitian dilakukan terhadap dua modul yang berdekatan dengan kedalaman pemancangan PVD yang berbeda, yaitu modul-2 dari sta. 2+520 s/d 2+600 dengan kedalaman PVD 13 m dan modul-1A sta 2+520 s/d 2+460 dengan kedalaman PVD 10 m. Berdasarkan hasil penelitian dengan alat inclinometer diperoleh hasil bahwa proses percepatan konsolidasi dengan *vacuum* menyebabkan adanya pergerakan arah *horizontal* pada area sekitar dengan hasil yang berbeda antara kedua modul.

Kata kunci : *tanah lunak, metode perbaikan tanah dasar, vacuum, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Prefabricated Horizontal Drain (PHD), preloading, kedalaman pemancangan PVD, pergerakan horizontal, inclinometer.*

ABSTRACT

Soil conditions are very soft in the Supadio Airport area, soil improvement work that are directly adjacent to the existing runway and soft soil improvement methods that use a combination of *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)* + *Pre-fabricated Horizontal Drain (PHD)* + *vacuum* + *preloading* are methods that it has never been applied to works in the area of Supadio Airport, so the authors are interested in conducting research on the impact of horizontal movements that occur as a result of the accelerated consolidation process. The research was conducted on two adjacent modules with different pilling depth of PVD, namely modules-2 from sta. 2 + 520 to 2 + 600 with depht pilling og PVD is 13 m and modul-1A from sta 2 + 520 to 2 + 460 with depth pilling of PVD depth is 10 m. Based on the results of research with an inclinometer, it was found that the consolidation acceleration process with a vacuum caused a horizontal movement in the surrounding area with different results between the two modules.

Keywords: soft soil, subgrade improvement method, vacuum, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Prefabricated Horizontal Drain (PHD), preloading, depth pilling of PVD, horizontal movement, inclinometer

PENDAHULUAN

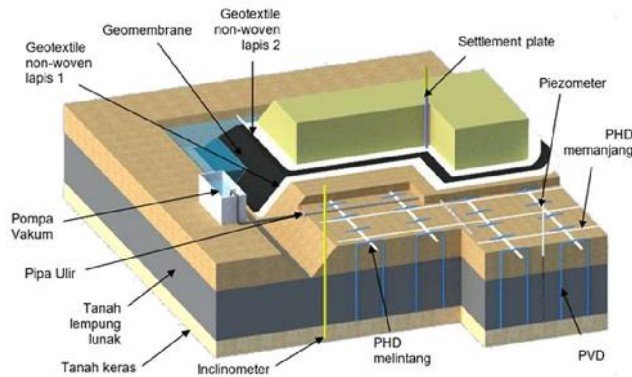
Metode perbaikan tanah lunak yang digunakan pada percepatan konsolidasi pada pekerjaan perpanjangan *runway* Bandar Udara Internasional Supadio dari sta. 2+250 s/d 2+600 pada arah 33 adalah dengan *Vacuum* + *Prefabrecated Vertical Drain* (PVD) + *Prefabricated Horizonl Drain* (PHD) + *Preloading*. Pemilihan metode ini selain karena factor jenis tanah, biaya, teknis, kemudahan pelaksanaan adalah karena adanya factor *obstacle* pada ujung dan area sekitar *runway existing* yang sedang operasional. Sebagai gambaran kondisi tanah lunak pada area Bandara Supadio seperti yang disajikan pada gambar 1.



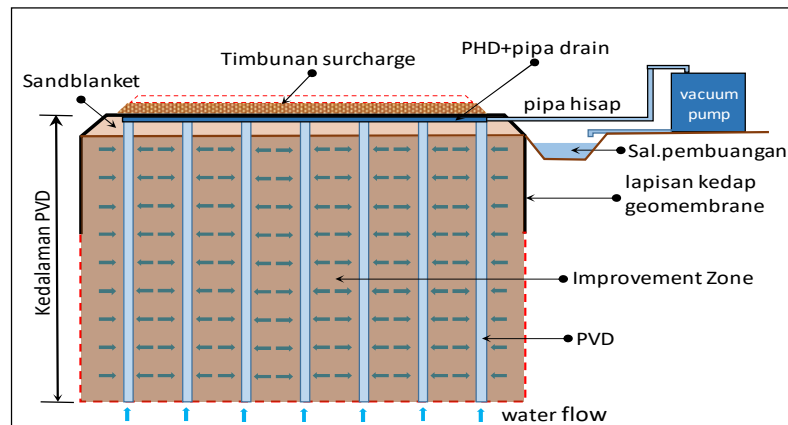
Gambar 1. Gambaran kondisi tanah dasar pada area Bandara Supadio

Secara garis besar prinsip dari metode perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*+PVD+PHD+*Preloading* dilapangan yang dilakukan oleh kontraktor spesialis PT. Teknindo Geosistem Unggul adalah berdasarkan metode yang diperkenalkan oleh Kjellman (1952) (Chai et al, 2005), yaitu dengan cara menyelimuti area tanah lunak dengan lembaran kedap air dan menyedot air dan udara yang berada dalam lembaran kedap air tersebut menggunakan pompa *vacuum*, metode ini dikenal juga dengan nama *vacuum consolidation* atau *vacuum preloading* (Indratna, et al, 2003). PT. Teknindo Geosistem Unggul sebagai kontraktor spesialis mengaplikasikan metode perbaikan tersebut berdasarkan perencanaan dengan menggunakan tekanan *vacuum* sebesar -80 kPa, kedalaman

pemancangan PVD pada modul-2 adalah 13 m dan pada modul-1A sedalam 10 m. Pola pemancangan PVD untuk keseluruhan sama, yaitu segi empat dengan jarak pemancangan 1 m. Gambaran metode *vacuum preloading* yang dilaksanakan dilapangan seperti digambarkan pada gambar 2. dan gambar 3. sebagai berikut :



Gambar 2. : 3D metode *vacuum preloading*

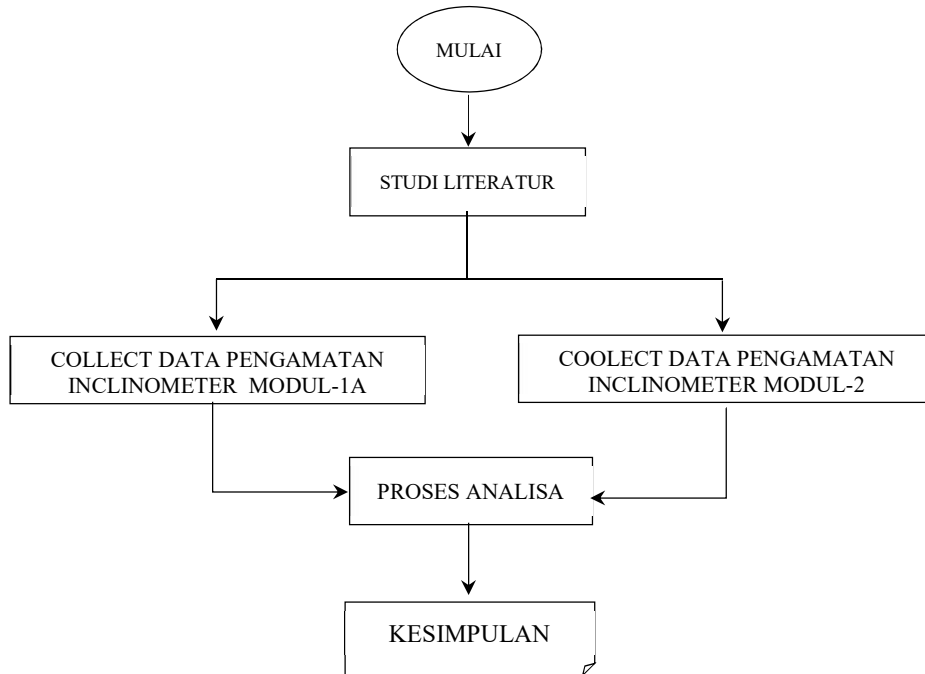


Gambar 3. : Potongan melintang metode *vacuum preloading*

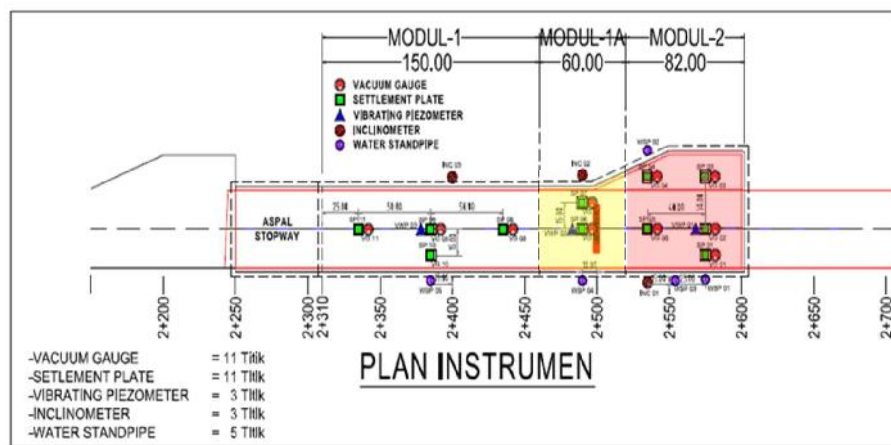
Selain permasalahan tanah yang sangat lunak, area perbaikan yang berbatasan dengan *runway existing* dan metode *vacuum preloading* yang menggunakan tekanan sebesar -80 kPa, terdapat pula perbedaan kedalaman pemancangan PVD pada modul-2 dan modul-1A dengan kondisi tanah dasar dari hasil penyelidikan dilapangan yang relative sama. Hal tersebut menyebabkan penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap dampak pergerakan horizontal yang akan terjadi, apakah terdapat perbedaan besar dan pola pergerakan horizontal yang terjadi.

METODE PENELITIAN

Pengamatan masing-masing *inclinometer* pada modul-2 dan modul-1A dilakukan sejak proses *vacuum* dimulai sampai proses *vacuum* dihentikan. Kerangka acuan penelitian seperti tergambar pada gambar 4, sedangkan *layout* lokasi penelitian dan penempatan instrument geoteknik seperti disajikan pada gambar 5.



Gambar 4. : Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. : Layout lokasi area perbaikan tanah dan instrument geoteknik
Sumber : Dokumentasi pelaksanaan PT. Teknindo Geositem Unggul

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data tanah dasar

Lokasi titik borlog yang dilakukan oleh laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak, yaitu titik borlog BM-02 pada sta. 2+450 (area modul-1A) dan titik borlog BM-03 pada sta. 2+550 (area modul-2). Konsistensi dan nilai N-SPT dari hasil penyelidikan tanah seperti pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 : Konsistensi dan nilai N-SPT pada titik borlog BM-02
Sumber : Hasil penyelidikan laborotorium Politeknik Negeri Pontianak

Kedalaman (m)	Jenis	Warna	Konsistensi	N-SPT
± 0 s/d - 0,40	urugan pasir dan kerikil/batu			
- 0,40 s/d - 3,00	lanau kelepungan (<i>clayey silt</i>)	abu-abu muda	sangat lunak (<i>very soft</i>)	-
- 3,00 s/d - 6,00	lanau kelepungan (<i>clayey silt</i>)	abu-abu muda	lunak (<i>soft</i>)	0
- 6,00 s/d - 9,00	lempung (<i>clay</i>)	abu-abu kemerahan	lunak (<i>soft</i>)	0 s/d 2
- 9,00 s/d - 15,00	lempung kepasiran (<i>sandy clay</i>)	abu-abu kehitaman	lunak (<i>soft</i>)	2 s/d 7
- 15,00 s/d - 24,00	lempung berpasir halus (<i>sandy clay</i>)	putih keabu-abuan	agak padat (<i>medium dense</i>)	6 s/d 8
- 24,00 s/d - 25,00	pasir halus kelepungan (<i>clayey sand</i>)	abu-abu muda	agak keras dan padat (<i>medium hard-dense</i>)	47
- 25,00 s/d - 27,00	pasir halus (<i>fine sand</i>)	abu-abu muda	keras dan padat (<i>hard-dense</i>)	50
- 27,00 s/d - 30,00	pasir kasar (<i>rough sand</i>)	abu-abu muda	keras dan padat (<i>hard-dense</i>)	60

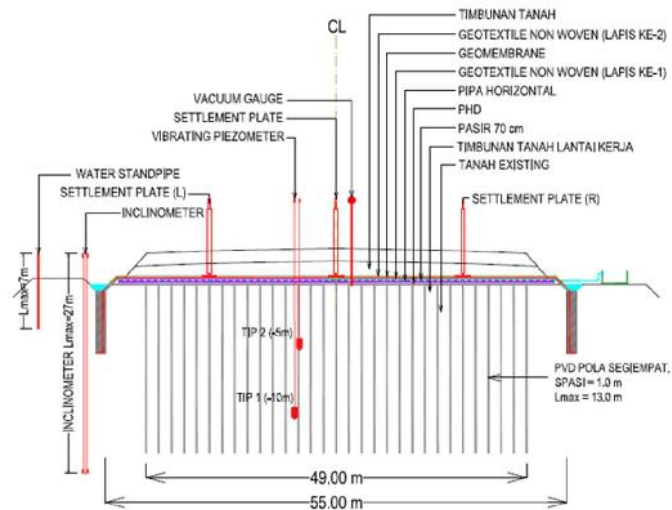
Tabel 2 : Konsistensi dan nilai N-SPT pada titik borlog BM-03
Sumber : Hasil penyelidikan laborotorium Politeknik Negeri Pontianak

Kedalaman (m)	Jenis	Warna	Konsistensi	N-SPT
± 0 s/d - 0,80	lanau kelepungan (<i>clayey silt</i>)	abu-abu muda kekuningan	lunak (<i>soft</i>)	-
- 0,80 s/d - 8,00	lanau kelepungan (<i>clayey silt</i>)	abu-abu muda	sangat lunak (<i>very soft</i>)	0
- 8,00 s/d - 10,00	lempung kepasiran (<i>sandy clay</i>)	abu-abu muda	lunak (<i>soft</i>)	3
- 10,00 s/d - 12,00	lempung kelanauan (<i>silty clay</i>)	abu-abu muda	lunak (<i>soft</i>)	3
- 12,00 s/d - 15,00	lempung (<i>clay</i>)	abu-abu kemerahan	lunak (<i>soft</i>)	3
- 15,00 s/d - 18,00	lempung berpasir halus (<i>sandy clay</i>)	putih keabu-abuan	agak padat (<i>medium dense</i>)	9
- 18,00 s/d - 24,00	lempung berpasir halus (<i>sandy clay</i>)	abu-abu kehitaman	agak padat (<i>medium dense</i>)	11
- 24,00 s/d - 26,00	pasir halus kelepungan (<i>clayey sand</i>)	abu-abu muda	agak keras dan padat (<i>medium hard-dense</i>)	38
- 26,00 s/d - 29,00	pasir halus (<i>fine sand</i>)	abu-abu muda	keras dan padat (<i>hard-dense</i>)	49
- 29,00 s/d - 31,00	pasir kasar (<i>rough sand</i>)	abu-abu muda	keras dan padat (<i>hard-dense</i>)	94

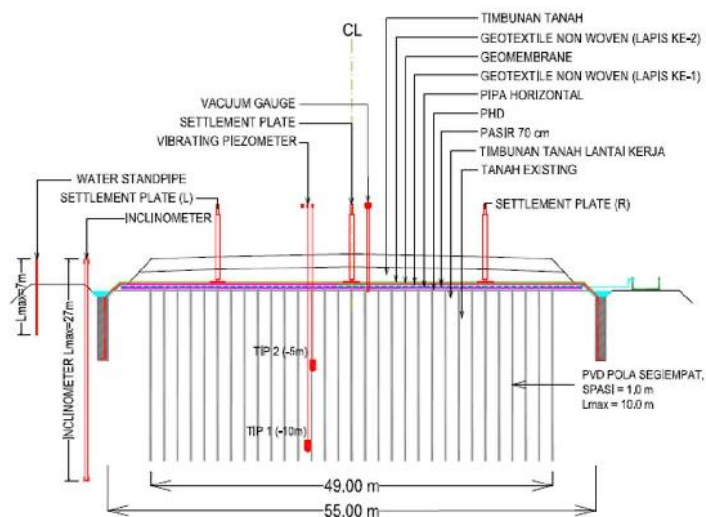
Hasil penyelidikan tanah menunjukkan karakteristik tanah pada area *vacuum* modul-1A dan modul-2 adalah relatif sama.

2. Desain *Vacuum+PVD+PHD+Preloading*

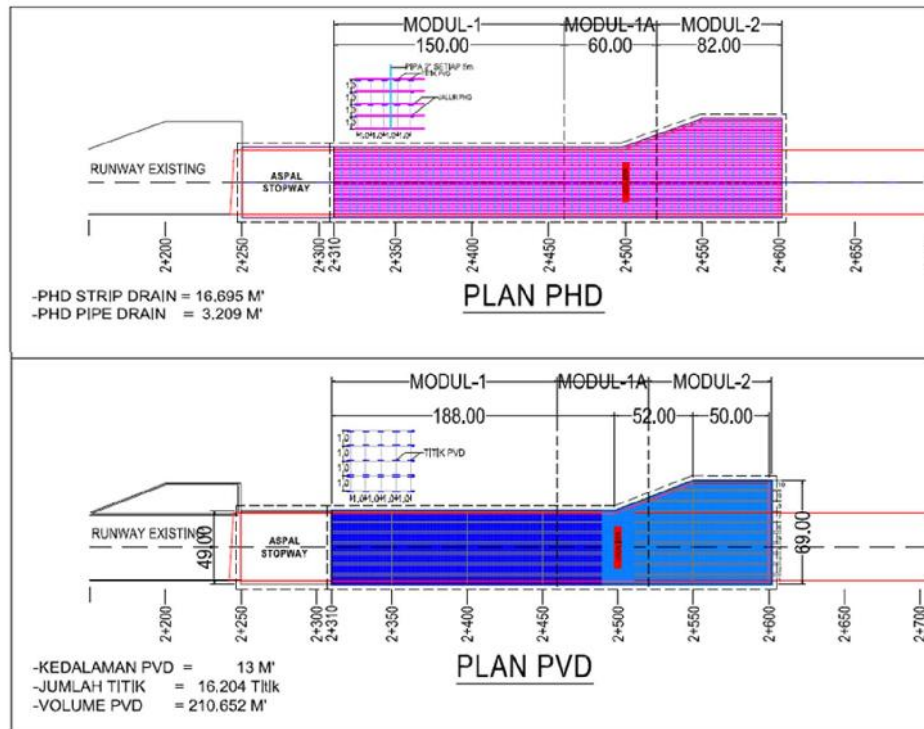
Desain *vacuum+PVD+PHD+Preloading* yang dilakukan dilapangan sama antara area modul-2 dan modul-1A, kecuali kedalaman pemancangan PVD. Pada modul-2 kedalaman PVD 13 m dan pada modul-1A kedalaman PVD 10 m seperti digambarkan pada gambar 6 dan gambar 7.



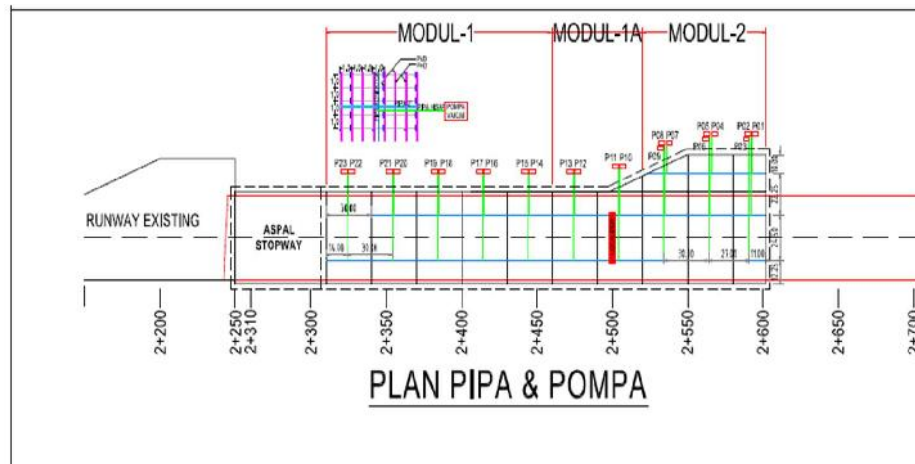
Gambar 6. : Potongan area *vacuum* modul-2 sta. 2+520 s/d 2+600
Sumber : Dokumentasi pelaksanaan PT. Teknindo Geositem Unggul



Gambar 7. : Potongan area *vacuum* modul-1A sta. 2+460 s/d 2+520
Sumber : Dokumentasi pelaksanaan PT. Teknindo Geositem Unggul



Gambar 8. : Rencana penempatan PVD dan PHD modul-2 dan modul-1A
Sumber : Dokumentasi pelaksanaan PT. Teknindo Geositem Unggul



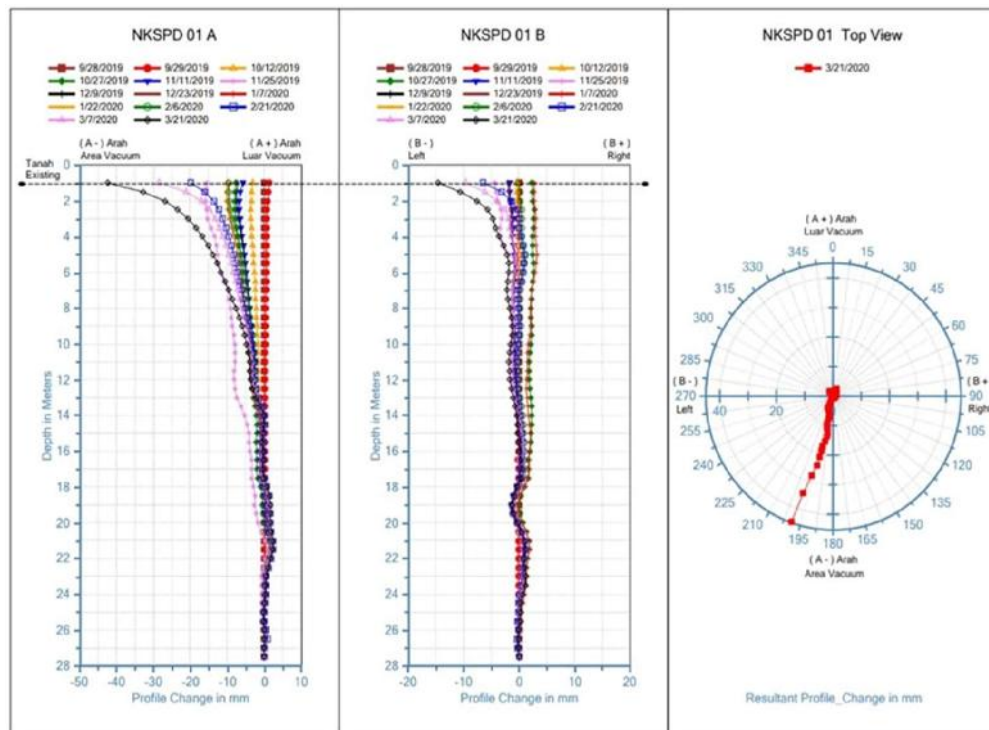
Gambar 9. : Rencana penempatan Pipa dan Pompa pada modul-2 dan modul-1A
Sumber : Dokumentasi pelaksanaan PT. Teknindo Geositem Unggul

3. Hasil Pengamatan Inclinometer area *vacuum* modul-2 :

Data data teknis :

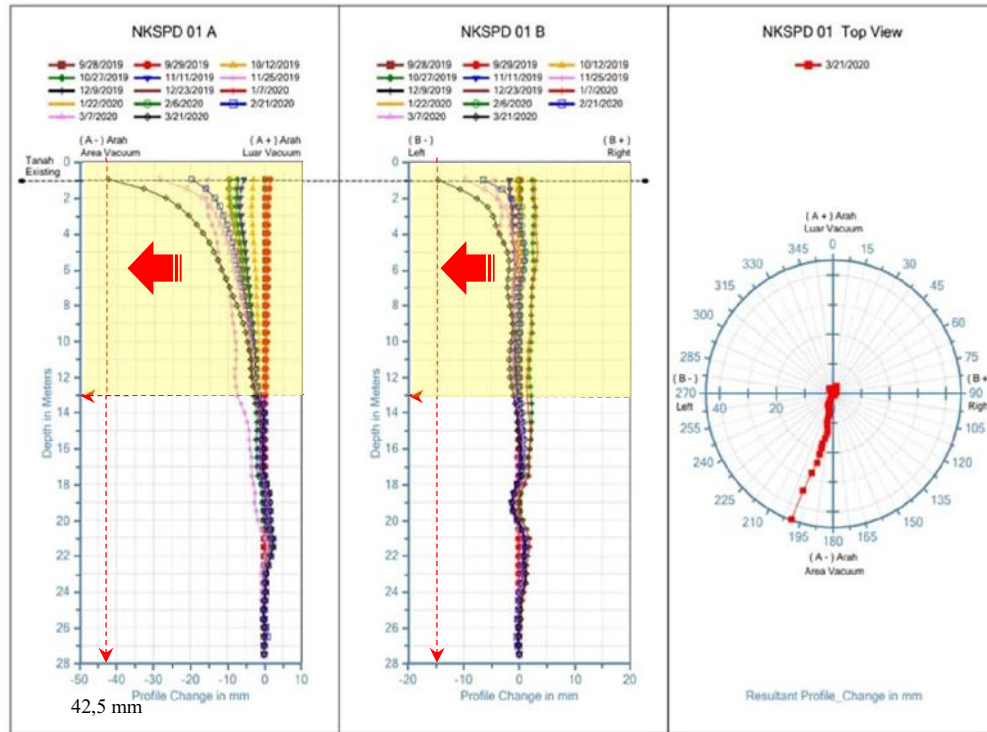
- Tekanan *vacuum* : -80 kPa
- *Start of vacuum* : 29 September 2019
- *End of vacuum* : 21 Maret 2020
- *Duration of vacuum* : 174 hari
- Timbunan diatas lapisan kedap : rata-rata 1,194 m
- Kedalaman PVD : 13 m
- Jarak titik *inclinometer* : 5 m

Hasil pengamatan pada inclinometer yang dipasang pada jarak 5 m dari tepi area *vacuum* pada modul-2 memberikan gambaran model pergerakan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 10.



Gambar 10. : Grafik pergerakan horizontal akibat *vacuum preloading* pada modul-2
Sumber : Dokumentasi hasil pelaksanaan dilapangan

Analisis grafis hasil pergerakan horizontal pada titik NKSPD-01A :



Gambar 11. : Analisis grafis pergerakan horizontal pada titik NKSPD

Dari hasil grafik yang ada, menunjukkan bahwa akibat proses percepatan konsolidasi yang dilakukan pada modul-2 terjadi pergerakan horizontal pada titik pengamatan NKSPD-01 sebagai berikut :

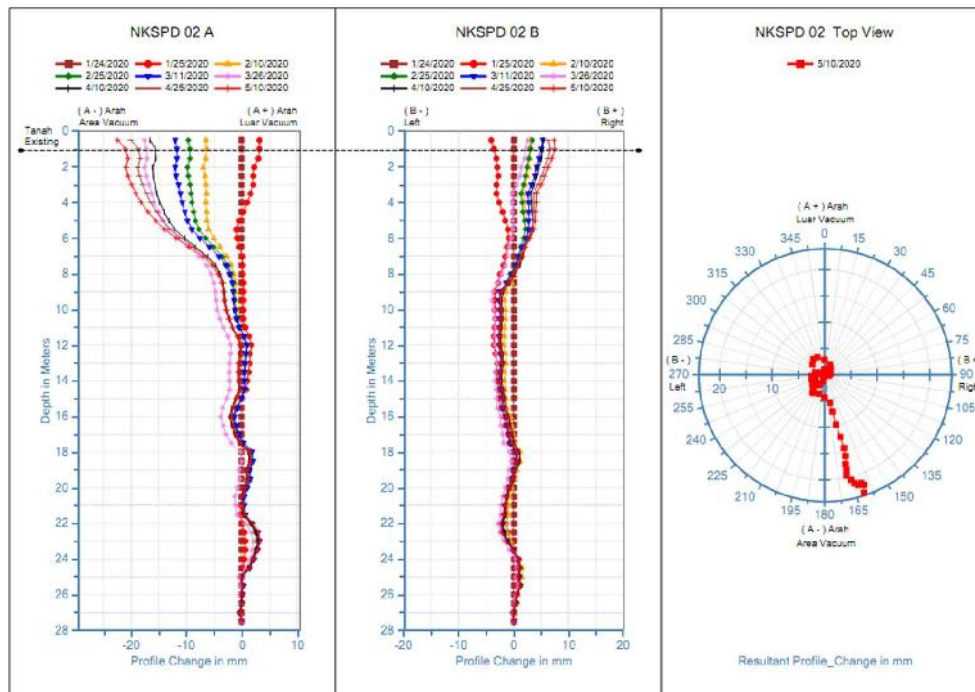
- Pergerakan arah horizontal terjadi sampai kedalaman 27 m ;
- Pergerakan horizontal terjadi pada 2 arah, yaitu arah tegak lurus dan sejajar area *vacuum* atau *runway* ;
- Pergerakan horizontal arah tegak lurus (masuk kearah area *vacuum*) lebih besar dan dominan daripada arah sejajar area *vacuum* atau *runway* ;
- Pengaruh pergerakan horizontal yang terjadi akibat *vacuum preloading* pada modul-2 lebih besar diarea kedalaman 0-13 m sesuai kedalaman pemancangan PVD (13 m) ;
- Pergerakan horizontal terbesar pada kedalaman 1 m sebesar 42,45 mm arah tegak lurus *runway* masuk kearea *vacuum* dan sebesar 14,63 mm arah sejajar area *vacuum* ;

4. Hasil Pengamatan Inclinometer area *vacuum* module-1A :

Data data teknis :

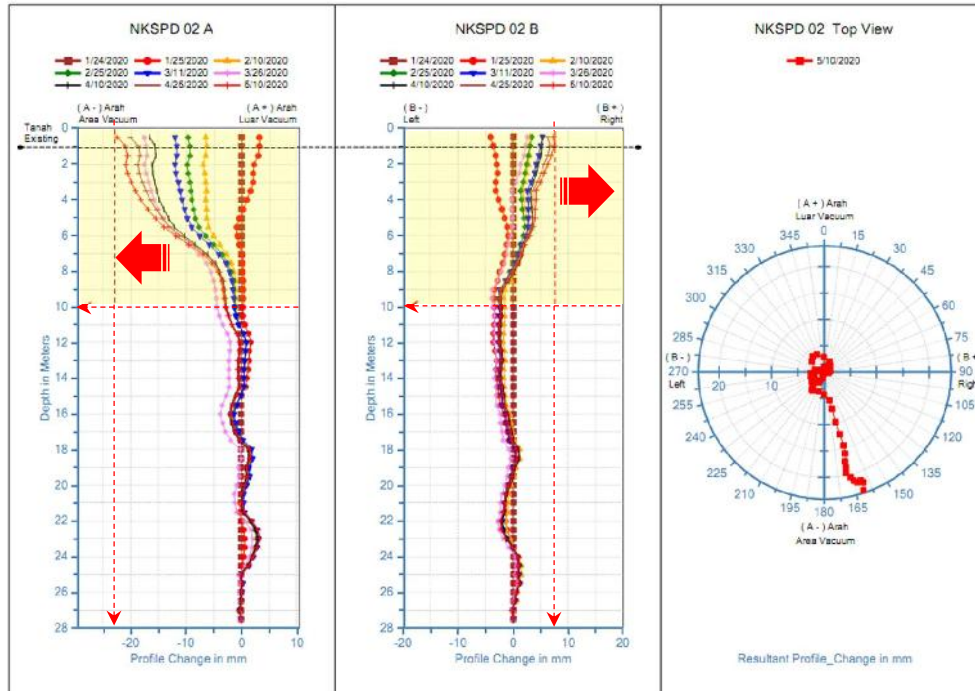
- Tekanan *vacuum* : -80 kPa
- *Start of vacuum* : 25 Januari 2020
- *End of vacuum* : 10 Mei 2020 hari
- *Duration of vacuum* : 106 hari
- Timbunan diatas lapisan kedap : rata-rata 0,458 m
- Kedalaman PVD : 10 m
- Jarak titik *inclinometer* : 5 m

Hasil pengamatan pada inclinometer yang dipasang pada jarak 5 m dari tepi area *vacuum* pada modul-1A memberikan gambaran model pergerakan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 12.



Gambar 12. : Grafik pergerakan horizontal akibat *vacuum preloading* modul-1A
Sumber : Dokumentasi hasil pelaksanaan dilapangan

Analisis grafis hasil pergerakan horizontal pada titik NKSPD-02A :



Gambar 13. : Analisis grafis pergerakan horizontal pada titik NKSPD 02A

Dari hasil grafik yang ada, menunjukkan bahwa akibat proses percepatan konsolidasi yang dilakukan pada modul-2 terjadi pergerakan horizontal pada titik pengamatan NKSPD-02A sebagai berikut :

- Pergerakan arah horizontal terjadi sampai kedalaman 27 m ;
- Pergerakan horizontal terjadi pada 2 arah, yaitu arah tegak lurus dan sejajar area *vacuum* atau *runway* ;
- Pergerakan horizontal arah tegak lurus (masuk kearah area *vacuum*) lebih besar dan dominan daripada arah sejajar area *vacuum* atau *runway* ;
- Pengaruh pergerakan horizontal yang terjadi akibat *vacuum preloading* pada modul-1A lebih besar diarea kedalaman 0-10 m sesuai kedalaman pemancangan PVD (10 m) ;
- Pergerakan horizontal terbesar pada kedalaman 1 m sebesar 23 mm arah tegak lurus *runway* masuk kearea *vacuum* dan sebesar 8 mm arah sejajar area *vacuum* ;

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

- Proses percepatan konsolidasi dengan metode *Vacuum* + PVD + PHD + *Preloading* pada pekerjaan perpanjangan runway Bandar Udara Internasional Supadio menyebabkan adanya pergerakan tanah arah horizontal diluar area *vacuum preloading* ;
- Pergerakan horizontal arah tegak lurus (masuk kearah area *vacuum*) lebih besar dan dominan daripada arah sejajar area *vacuum* atau runway ;
- Pergerakan horizontal terbesar terjadi pada permukaan tanah dan mengecil kebawah ;
- Kedalaman pemancangan PVD mempengaruhi besarnya pergerakan horizontal yang terjadi, makin dalam makin dalam kedalaman pemancangan PVD maka makin besar ;
- Pengaruh pergerakan horizontal yang terjadi dominan pada area kedalaman sesuai dengan kedalaman pemancangan PVD yang dilaksanakan.

Saran :

- Disarankan agar percepatan konsolidasi untuk area yang berbatasan langsung dengan *runway existing* seperti pada area *stopway* saat ini yaitu dari sta. 2+250 s/d 2+310 menggunakan metode lain yang lebih aman, karena adanya resiko pergerakan horizontal yang dapat menyebabkan perkerasan *runway existing* retak ;
- Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik dan akurat, disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut dan lebih detail, seperti dengan memperbanyak titik pengamatan dampak, posisi dan jarak titik pengamatan dampak bervariasi serta mengetahui kondisi dan jenis tanah pada titik pengamatan dampak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aerodrome Design Manual, Part 1, Runway, Third Edition , 2006
- Amaretunga, Jay, Sivagukan, Nagaratman dan Das, BrajaM. 2016, *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*.
- Das, Braja M. 1995. Mekanika Tanah : Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid 1. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004, Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd T-13-2004-A, Desain dan Konstruksi pita drain vertical prefabrikasi (PVPD)
- Direktorat Jendral Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017, Persetujuan dan Penyampaian Spesifikasi Khusus Interim Pekerjaan Percepatan Konsolidasi Tanah dengan Metode Penyalir Vertikal dengan Vakum dan PVD untuk Jalan Non Tol dan Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2017, Metode Vacuum preloading sebagai salah satu alternative solusi pembangunan timbunan diatas tanah lunak, Journal Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Vol. 1, No.1.
- Nawir, Hasbullah., et al., 2012, Prediksi Penurunan Tanah Menggunakan Prosedur Observasi Asaoka Studi Kasus : Timbunan di Bontang, Kalimantan Timur, Journal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Vol. 19. No. 2.
- Nur Strait Engineering, 2017, Laporan Perancangan Review DED Perencanaan Sisi Udara dan Perencanaan Overlay Runway Bandara Supadio, Pontianak.
- Nur Strait Engineering, 2017, Laporan Soil Investigasi dan Laboratorium Review DED Perencanaan Sisi Udara dan Perencanaan Overlay Runway Bandara Supadio, Pontianak.
- Rustamaji RM, 2018, Sifat-sifat Teknis Tanah Gambut, Modul Ajar, Pontianak : Program Magister Teknik Sipil Universitas Tanjung Pura
- Rustamaji RM, 2018, Ground Improvement On Soft Soil, Modul Ajar, Pontianak : Program Magister Teknik Sipil Universitas Tanjung Pura
- Standard Nasional Indonesia, SNI 8460 : 2017, Persyaratan perancangan geoteknik

Standard Nasional Indonesia, SNI 8462 : 2017, Tata cara pemantauan tekanan air pori pada tanah dengan menggunakan alat piezometer pneumatic

Standard Nasional Indonesia, SNI 3404 : 2008, Tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horizontal tanah.

Teknindo Geosistem Unggul, 2019, Materi Paparan Perbaikan Tanah Lunak Metode Vacuum Preloading Pada Pekerjaan Perpanjangan Runway Bandara Supadio.