

# Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode *Prefabricated Vertical Drain* Berbahan Alami

Benny Arianto

Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Kalimantan Timur, Direktorat Jenderal Bina Marga,  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Indonesia

[jurnalteknik@unjani.ac.id](mailto:jurnalteknik@unjani.ac.id), [bennyarianto@hotmail.com](mailto:bennyarianto@hotmail.com)

## Abstrak

Pemindahan ibu kota pemerintahan ke sebagian Kabupaten Penajam Paser Utara dan sebagian di Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur, akan segera dimulai. Namun berdasarkan penelitian dan kasus terdahulu, terdapat potensi lahan dengan sifat tanah lunak di wilayah sekitar Ibu Kota Negara (IKN). Investigasi lapangan dan laboratorium mengungkapkan bahwa pada wilayah sekitar IKN terdapat tanah lunak yang ditunjukkan oleh hasil uji sondir dengan nilai tahanan konus kurang dari 10 kg/cm<sup>2</sup>. Tidak hanya tanah lunak, penyelidikan juga menunjukkan keberadaan potensi gerakan tanah, tanah mengembang, likuifaksi, dan tanah bersifat illitik dengan aktifitas sedang sampai sedang-tinggi. Penelitian ini merupakan studi literatur menggunakan data sekunder untuk mencoba memberi ajuan teknik untuk mengatasi potensi tanah lunak di IKN. Metode *Preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) adalah metode yang telah digunakan dalam mengatasi tanah lunak di beberapa pembangunan infrastruktur di Kalimantan. Namun, hasil uji laboratorium dan uji lapangan beberapa peneliti terdahulu menghasilkan bahwa material PVD konvensional berupa polimer dapat digantikan dengan bahan serat alami dari *jute* dan serabut kelapa. Tidak hanya lebih ramah lingkungan, namun hasil capaian efektifitas penurunan dan kapasitas penyaluran alir PVD bahan alami lebih baik dibanding PVD konvensional. Penggunaan teknik ini mendukung visi pembangunan IKN: *Smart, Green, Beautiful, dan Sustainable*.

Kata kunci: Tanah lunak, *Prefabricated Vertical Drain* Alami, Ibu Kota Negara, Kalimantan Timur

## Abstract

The Capital City of Indonesia will be moving to East Kalimantan Province soon. However, based on previous research and cases, the area around the National Capital (IKN) has potentially soft soil problem. Field and laboratory investigations revealed that in the area around IKN there was soft soil as indicated by the results of the cone penetrometer tests which generally, have resistance values of less than 10 kg/cm<sup>2</sup>. Moreover, the investigation also shows the existence of swelling soil, land movement, liquefaction, and illitic soil with medium to medium activity. This research is a literature study using secondary data to propose techniques to overcome the potential of soft soils in IKN. Preloading method with Prefabricated Vertical Drain (PVD) is a method that has been used in overcoming soft soils in several infrastructure developments in Kalimantan. However, the results of laboratory tests and field tests of several previous researchers have produced that conventional PVD material in the form of polymers can be replaced with natural fiber materials from jute and coconut fibers. It is more environmentally friendly and effective than conventional PVD. The use of this technique supports the vision of IKN development: *Smart, Green, Beautiful, and Sustainable*.

Keywords: Soft soil, Natural Prefabricated Vertical Drain, Capital City of Indonesia, East Kalimantan

## 1. Pendahuluan

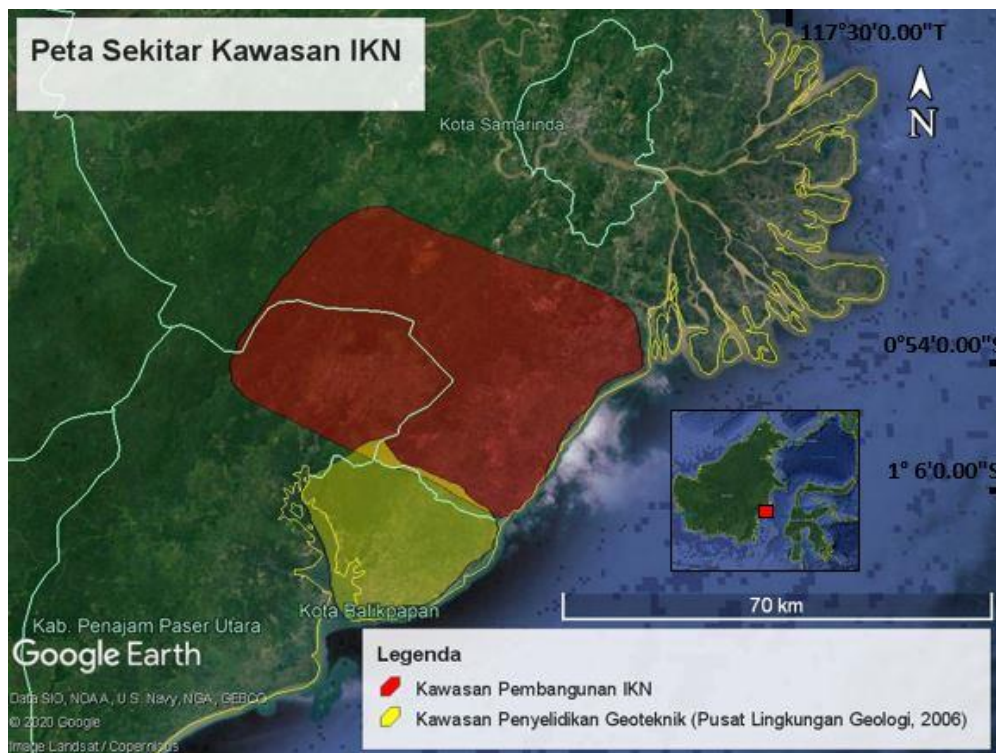
Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) Indonesia dari DKI Jakarta ke Kalimantan Timur bukan sekedar wacana. Desain detail IKN beserta landasan hukumnya sedang dipersiapkan sebelum dimulainya pembangunan. Lahan seluas 256.142,74 Ha sudah disediakan untuk kawasan IKN. Lahan ini terletak di sebagian Kabupaten Penajam Paser Utara, dan sebagian Kutai Kartanegara (Gambar 1). Resiko bencana yang minim, lokasi di pusat Indonesia, ketersediaan akses dengan perkotaan yang berkembang (Balikpapan dan Samarinda), infrastruktur relatif lengkap, dan ketersediaan lahan milik pemerintah adalah beberapa alasan utama terpilihnya lokasi pemindahan ibu kota baru. Rencana pemindahan ibu kota sudah masuk dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2025. Pembangunan IKN akan menerapkan beberapa konsep utama yaitu *Smart, Green, Beautiful, dan Sustainable*.

### Info Makalah:

Dikirim : 04-19-20;  
Revisi 1 : 06-15-20;  
Revisi 2 : 07-07-20;  
Diterima : 07-07-20.

### Penulis Korespondensi:

Telp : +62-857-2057-5493  
e-mail : [bennyarianto@hotmail.com](mailto:bennyarianto@hotmail.com)



Gambar 1. Peta Kawasan Pembangunan IKN.

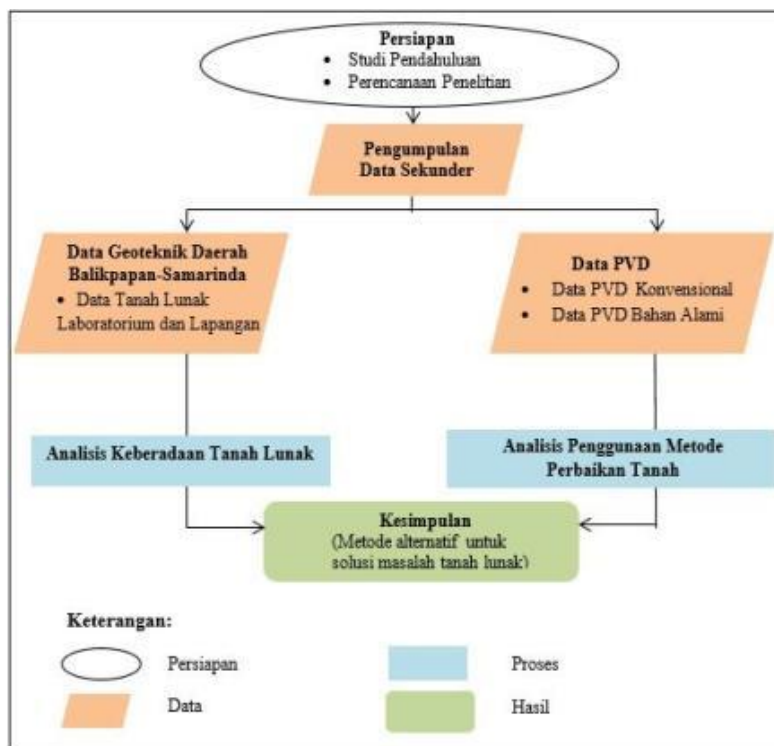
Penyelidikan geoteknik yang dilakukan Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006 pada lokasi sekitar IKN menyatakan bahwa ada beberapa potensi yang dapat menghambat pembangunan infrastruktur yaitu: tanah lunak, *clayshale*, material mudah tererosi, dan lapisan batubara. Namun tulisan ini hanya akan membahas potensi masalah tanah lunak. Contoh kasus yang berkaitan dengan tanah lunak disekitar IKN adalah pembangunan Jalan Tol Balikpapan–Samarinda (Balsam). Kuswanda (2016) menjelaskan bahwa masalah tanah lunak sudah muncul pada pembangunan Jalan Tol Balsam Paket 4 Samarinda tahun 2014. Jalan Tol Balsam yang awalnya direncanakan untuk diresmikan akhir tahun 2018 mengalami hambatan sehingga sampai pertengahan tahun 2019 masih belum diresmikan. Terdapat dua hambatan utama yaitu masalah pengadaan lahan dan keberadaan tanah lunak sebagai polemik utama dalam pembangunan jalan tol ini. Bila masalah ini tidak diperhatikan dengan seksama maka bukan tidak mungkin pembangunan IKN nanti mengalami hal serupa.

Identifikasi akan lokasi dengan potensi tanah lunak dan metode penanganan yang tepat untuk daerah Balikpapan-Samarinda perlu dikaji dan diteliti lebih lanjut. Terlebih lagi karena di daerah ini akan dibangun banyak infrastruktur baru penunjang Ibu Kota Negara baru. Metode yang akan diterapkan untuk menangani masalah ini sebaiknya sesuai dengan konsep utama pembangunan IKN.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keberadaan lokasi dengan potensi tanah lunak dan cara mengatasinya untuk daerah sekitar IKN. Penulis ingin mengajukan sebuah metode non-konvensional untuk mengatasi masalah yang sebaiknya dipelajari lebih lanjut sebelum diaplikasikan.

## 2. Metode

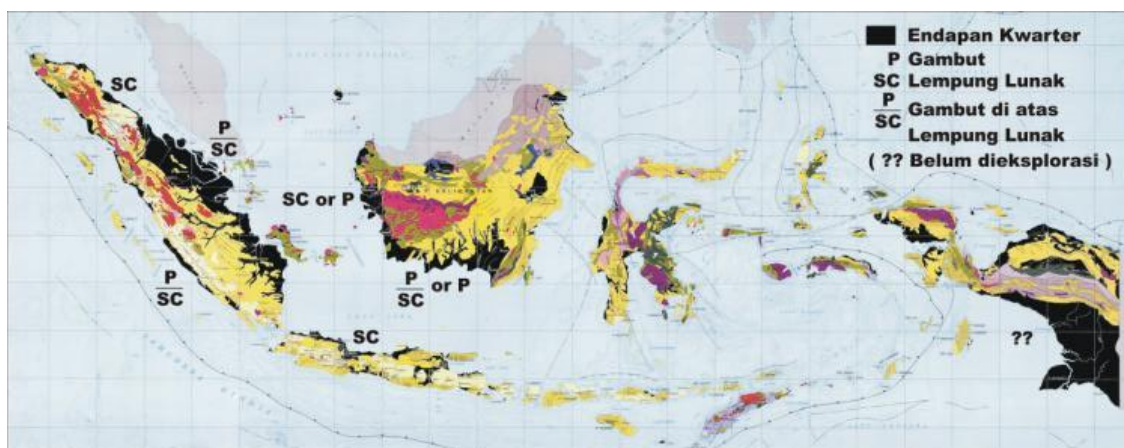
Penelitian ini merupakan studi literatur yang dilaksanakan melalui beberapa tahapan (Gambar 2), yaitu tahapan persiapan berupa studi literatur mengenai pendahuluan dan perencanaan penelitian. Kemudian tahapan pengumpulan data dari penelitian terdahulu, melakukan analisis, dan membuat kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian.

Studi literatur dimulai dengan membahas karakteristik tanah lunak dan tanah lunak di daerah Ibu Kota Negara di Kalimantan Timur.

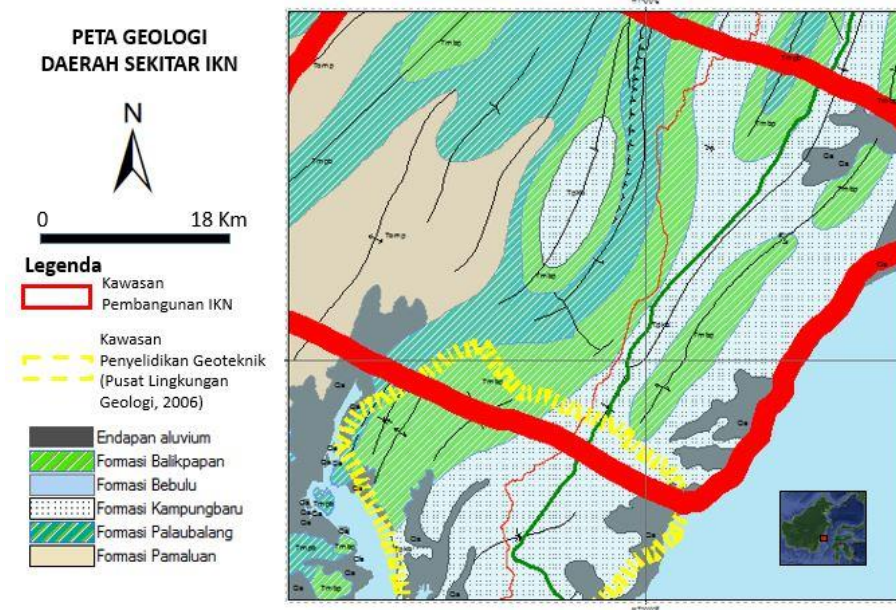
Tanah lunak mempunyai karakteristik daya dukung yang relatif rendah dan pemampatannya yang relatif besar serta berlangsung relatif lama. Apabila tanpa dilakukan perbaikan terlebih dahulu maka bangunan infrastruktur yang dibangun di atasnya berpotensi mengalami kerusakan sebelum mencapai umur konstruksi yang direncanakan (Kuswanda, 2016). Tahun 2002, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi memetakan penyebaran tanah lunak di Indonesia mencapai lebih kurang 10 juta hektar atau sekitar 10% dari luas daratan Indonesia (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Penyebaran Tanah Lunak (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2002).

Tanah lunak dibagi dalam dua tipe: lempung lunak, dan gambut. Tanah lempung lunak memiliki nilai kuat geser kurang dari  $25 \text{ kN/m}^2$  dan Gambut mengandung  $>75\%$  kadar organik (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2002).

Tahun 2006, Pusat Lingkungan Geologi melakukan penyelidikan geologi teknik di Kawasan Pengembangan Ekonomi Terpadu (KAPET) Sasamba (Samarinda, Sanga-Sanga, Muara Jawa, dan Balikpapan) (Gambar 1). Lokasi penyelidikan ini berada di sekitar IKN dengan formasi batuan yang identik dan menerus (dapat diamati dari peta geologi wilayah sekitar pada gambar 4) sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk memahami karakteristik keteknikan tanah/batuan dan potensi bahaya geologi yang terdapat di daerah IKN.



Gambar 4. Peta Geologi Daerah Sekitar IKN (dimodifikasi dari Hidayat & Umar (1994) dan Supriatna dkk. (1995)).

Penyelidikan Geologi Teknik menyatakan bahwa terdapat lima satuan geologi teknik di daerah sekitar IKN (Badan Geologi, 2006), yaitu:

a. Satuan Pasir-Pasir Lanauan A (s-m) [A]

Satuan ini merupakan endapan pantai dan sungai. Satuan Pasir-Pasir Lanauan A didominasi oleh pasir di bagian atas dan berubah menjadi lanauan di bagian bawah dengan ketebalan antara 1 sampai lebih dari 10 meter. Butiran sangat lepas-agak padat dan berukuran lanau sampai pasir sedang (setempat terdapat butiran kerikil). Kelulusan butir tinggi sampai sangat tinggi.

b. Satuan Lempung-Lanau Lempungan A (c-mc) [B]

Satuan geologi teknik ini merupakan endapan sungai dan pantai, tebal antara 1 sampai lebih dari 15 meter, bagian atas didominasi oleh lempung dan lanau lempungan, secara berangsur ke arah bawah berubah menjadi lanau pasiran. Lempung berwarna abu-abu sampai abu-abu gelap kehijauan lempung bersifat permeabilitas rendah sampai sedang, lunak sampai agak teguh, dan nilai plastisitas rendah sampai sedang.

c. Satuan Lempung Lanauan-Lanau Pasiran R (cm-ms) [C]

Tersusun dari perlapisan lempung lanauan sampai lanau pasiran dengan ketebalan 1,25 meter sampai 2 meter. Satuan ini merupakan hasil pelapukan Formasi Palaubalang (Tmptb) dan Formasi Balikpapan (Tmbp). Satuan ini memiliki konsistensi agak teguh sampai teguh, plastisitas sedang sampai tinggi, permeabilitas rendah sampai sedang, dengan kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam, dan penggalian mudah hingga agak sukar dilakukan dengan peralatan non-mekanis.

d. Satuan Lempung-Lanau Lempungan R (c-mc) [D]

Dengan ketebalan 1,5 sampai 2,5 meter satuan ini berupa lempung lanauan sampai lanau lempungan yang merupakan hasil pelapukan Formasi Kampungbaru (Tpkb) dengan beberapa sifat yaitu: plastisitas sedang sampai tinggi, permeabilitas sedang sampai rendah, konsistensi agak teguh sampai teguh, kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam, dan pada satuan ini penggalian mudah hingga agak sukar dilakukan dengan peralatan non mekanis.

e. Satuan Batupasir-Batulempung Lanauan (SS-CM) [E]

Satuan ini didominasi oleh batupasir kuarsa dan batulempung lanauan, sebagian terdapat sisipan serpih dengan daya dukung bersifat tinggi sampai sangat tinggi, agak sukar digali dengan peralatan non-mekanis. Kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam. Setempat pada lereng terjal berpotensi terjadi gerakan tanah. Hasil penyelidikan lapangan dan analisis laboratorium mekanika tanah dapat diamati pada Tabel 1 sampai Tabel 5.

Tabel 1. Hasil Uji Penetrometer dan Uji Sondir KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Lapisan	Uji Penetrometer Saku (kg/cm <sup>2</sup> )	Tekanan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )
1	A	Pasir	<1-2	3-10
		Pasir lanauan	1-2	3-10
2	B	Lempung	<1-1,6	2-5
		Lanau lempungan	<1-2	3-11
3	C	Lempung lanauan dan lanau pasiran	2-3	3-12
4	D	Lempung	2-3	3-11

Tabel 2. Hasil Pengukuran Daya Dukung Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No	Satuan	Daya dukung tanah pondasi dangkal (ton/m <sup>2</sup> )		Daya dukung tanah pondasi dalam (ton/m <sup>2</sup> )	Penurunan tanah akibat beban pondasi (cm)
		kedalaman 1 meter	kedalaman 2 meter	kedalaman 5 meter	
1	A	3,3-6,05	7,2-14,4	20,975-27,733	0,35-1,21
2	B	1,65-4,4	3,2-14,4	6,957-28,772	1,44-10,35
3	C	3,85-7,15	8,8-11,2	23,221-35,044	1,28-2,42
4	D	3,3-11	8,8-16,8	11,349-42,405	0,79-1,57

Tabel 3. Persentase Kandungan Ukuran Butir pada Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Rentang persentase kandungan (%)					
		Lempung	Lanau	Pasir halus	Pasir sedang	Pasir kasar	Kerikil halus
1	A	-	0-13	78-96	0-20	-	-
2	B	51-65	20-33,58	10-15	0-18	-	-
3	C	17-29	18-33	14-19	9-40	0-9	0-18
4	D	33-58	26-48	8-17	0-23	0-4	0-6

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sifat Fisik Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Berat jenis (Gs)	Berat isi asli (γ <sub>n</sub> )(gr/cm <sup>3</sup> )	Berat isi kering (γ <sub>d</sub> ) (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas (n) (%)	Derajat kejenuhan (S <sub>r</sub> ) (%)	Kohesi (c) (kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut geser dalam (φ) (°)
1	A	2,616-2,692	1,537-1,716	1,412-1,49	44,56-46,49	10,6-63,66	0-0,07	0-29,4
2	B	2,648-2,655	1,666-1,896	1,071-1,441	45,58-59,62	99,76-99,81	0,117-0,135	20,39-23,94
3	C	2,651-2,75	1,648-1,963	1,379-1,697	35,99-48,18	55,74-76,2	0,149-0,187	22,61-23,79
4	D	2,574-2,674	1,708-1,969	1,379-1,616	38,87-48,23	83,72-99,34	0,119-0,65	19,16-24,72

Tak hanya indikasi tanah lunak, namun dari hasil penelitian Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006 ini, diketahui akan adanya potensi bencana di wilayah penelitian (berupa potensi gerakan tanah, lempung mengembang dan likuifaksi) yang perlu diperhatikan dalam pembangunan IKN.

Tabel 5. Potensi Bencana di Wilayah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No	Satuan	Potensi bencana		
		Gerakan tanah (sudut lereng kritis (°))	Lempung mengembang	Likuifaksi
1	A	10-12,5	Tidak ada	Berpotensi
2	B	15-20	Sangat tinggi	Berpotensi
3	C	25-32,5	Rendah-sedang	Tidak ada
4	D	17,5-50	Sedang- sangat tinggi	Tidak ada

Dari penelitian lainnya, Zakaria dkk. (2007), menyatakan: umumnya jenis tanah lempung Samboja (daerah sekitar IKN) dapat diperkirakan sebagai lempung jenis Illitik, mempunyai sifat seperti Ilit dengan angka aktifitas 0,55-0,91 yang menunjukkan sedang sampai sedang-tinggi. Plastisitas pada umumnya tinggi.

Studi Literatur dilanjutkan dengan membahas metode PVD konvensional berbahan polimer dan penerapan metode PVD alami.

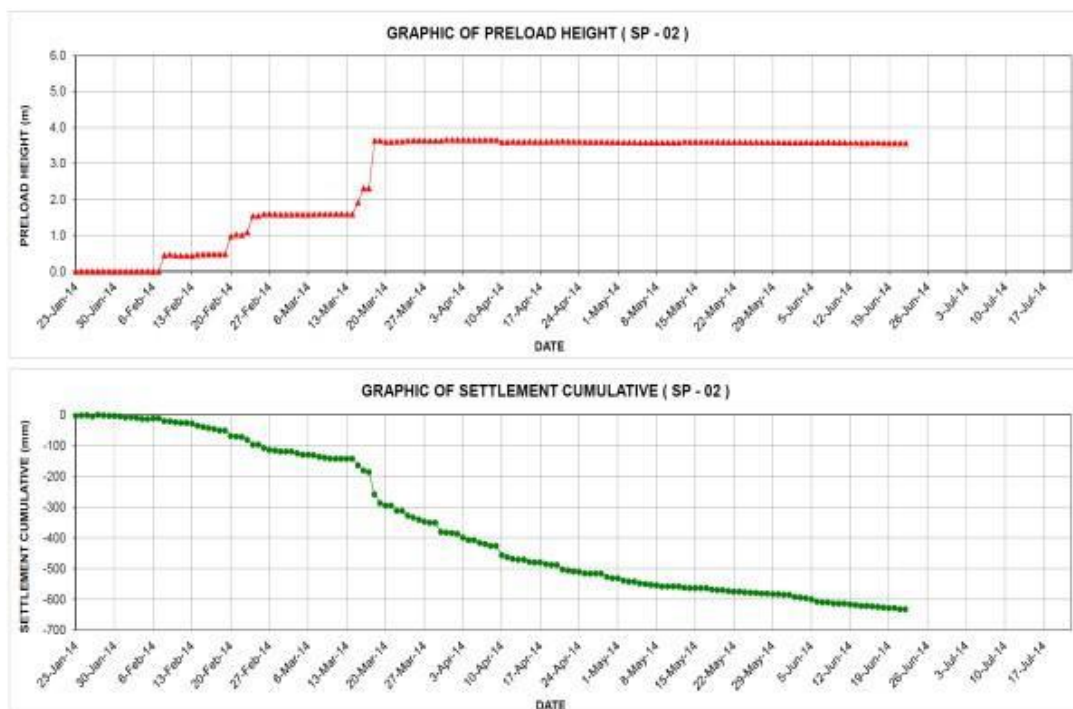
Teknik *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) merupakan teknik perbaikan tanah yang paling banyak diaplikasikan di Indonesia. Dibandingkan dengan teknologi perbaikan tanah lainnya, maka keunggulan PVD memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- Proses pemasangannya, lebih cepat dan sederhana dibandingkan teknologi perbaikan tanah lainnya.
- Gangguan yang terjadi pada massa tanah di sekelilingnya (*smear zone*) lebih kecil.
- Memiliki daya saing ekonomis serta dapat dikombinasikan dengan teknologi perbaikan tanah lain.

Mengingat biaya yang relatif jauh lebih murah dibandingkan dengan teknik perbaikan tanah lainnya, bilamana waktu yang tersedia cukup memadai untuk menunggu waktu konsolidasi, teknik ini merupakan pilihan yang utama untuk mempercepat penurunan konsolidasi dan meningkatkan kuat geser *undrained* tanah lempung lunak (Tjie-Liong, 2015). Kuswanda (2016) menyatakan bahwa teknik ini sudah banyak diaplikasikan dan berhasil dalam menyelesaikan masalah tanah lunak pembangunan infrastruktur di Kalimantan (Gambar 5). Salah satu kasus suksesnya aplikasi teknik *preloading* dengan PVD yang berdekatan dengan IKN adalah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda (Balsam) Paket 4. Kinerja penurunan tanah lempung lunak tampak pada Gambar 6.

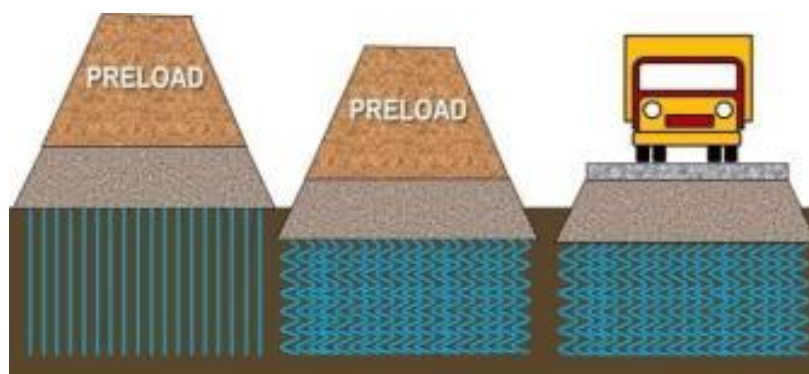
NO	NAMA PROYEK	LOKASI	TAHUN
1	Bendungan Manggar	Balikpapan	1999
2	Stadion Utama Palaran	Samarinda	2005
3	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2006
4	Stadion Madya Perjiwa	Tenggarong	2006
5	Pelabuhan Bagendang	Sampit	2008
6	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2008
7	Pelabuhan Palaran	Samarinda	2008
8	Bandara Samarinda Baru	Samarinda	2008
9	Depo Meratus	Banjarmasin	2010
10	Pelabuhan Bagendang	Sampit	2010
11	Bandara Juwata	Tarakan	2010
12	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2012
13	Pelabuhan Kariangau	Balikpapan	2012
14	Pabrik Kantong Semen Indonesia	Balikpapan	2013
15	Pabrik Pupuk PT. PKT	Bontang	2013
16	Perumahan Citraland City	Samarinda	2013
17	Bandara Samarinda Baru	Samarinda	2013
18	Jalan Balikpapan - Samarinda	Samarinda	2014
19	Bendungan Teritip	Balikpapan	2015
20	Pabrik Pupuk PT. PKT	Bontang	2015
21	Jalan Trisakti - Lianggang	Banjarmasin	2016

Gambar 5. Daftar Pekerjaan dengan Penerapan PVD (Kuswanda, 2016).



Gambar 6. Kinerja Penurunan Tanah pada Proyek Jalan Tol Balsam (Kuswanda, 2016).

Metode *preloading* dengan PVD merupakan metode perbaikan tanah yang dilakukan dengan cara meletakkan beban (*preload*) pada tanah dasar sesuai dengan beban kerja (*work load*) dan beban konstruksi (*construction load*) yang direncanakan. Durasi pembebanan dilakukan sampai konsolidasi tanah dasar mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan. Apabila derajat konsolidasi tanah dasar telah mencapai pada derajat yang direncanakan maka preload dibongkar dan konstruksi dimulai pelaksanaannya. Ilustrasi metoda *preloading* dengan penggunaan PVD ditunjukkan pada Gambar 7.



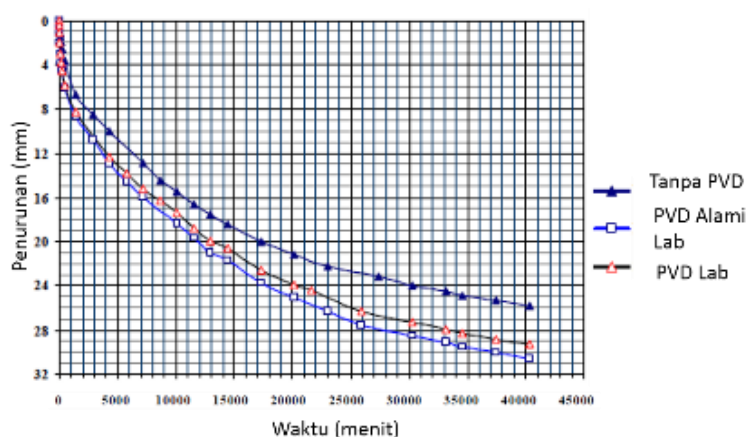
Gambar 7. Prinsip *Preloading* dengan PVD (Kuswanda, 2016).

Dalam penelitian ini, penulis turut mensosialisasikan alternatif solusi lain PVD non-konvensional yang berbahan alami (serat tanaman), dibandingkan dengan PVD konvensional yang berbahan plastik atau polimer (polipropilena atau poliester) (Gambar 8). Bentuk umum yang digunakan PVD berbahan alami adalah inti yang terbuat dari jalinan serabut kelapa berbentuk benang dan selimut filter yang terbuat dari anyaman serat jute (*jute sheath*). Gumilar (2019) menjelaskan bahwa PVD berbahan alami terbuat dari jute sebagai inti dan serabut kelapa yang bertindak sebagai filter yang berfungsi untuk mengalirkan air secara vertikal dalam arah radial. Selimut filter juga berfungsi sebagai pembatas fisik yang memisahkan inti PVD dari tanah berbutir halus di sekelilingnya, dan penyaring yang membatasi masuknya tanah dasar tersebut ke dalam inti PVD berbahan alami merupakan opsi sebagai pengganti PVD berbahan plastik.



Gambar 8. PVD Bahan Polimer (Kiri) dan Bahan Alami (Kanan) (John, 2016).

Teknologi PVD berbahan alami ini sudah diteliti dan diaplikasikan di berbagai negara antara lain Jepang, Korea, India dan Bangladesh. Di Bangladesh, Islam dan Khan, pada tahun 2009, melakukan penelitian untuk PVD berbahan alami di laboratorium. Hasilnya dapat dilihat di Gambar 9 yang menunjukkan bahwa PVD Alami memberikan penurunan tanah lebih cepat dari PVD bahan sintesis dan tanpa PVD.



Gambar 9. Hasil Percobaan PVD Skala Laboratorium (Islam dan Khan, 2009).

Nguyen dkk., pada tahun 2016, menjelaskan bahwa PVD berbahan alami yang diinvestigasi di laboratorium telah memberikan hasil baik dalam 4 aspek teknik yaitu: kapasitas mengalirkan, kuat tarik, analisis mikroskopik, dan biodegradasi sehingga dapat digunakan dengan metode pemasangan PVD berbahan polimer.

PVD berbahan alami ini sudah diaplikasikan pada beberapa proyek infrastruktur di Indonesia (Purwondho dan Burhanuddin, 2018). Pemasangan PVD berbahan alami ini terbukti dapat mencapai nilai konsolidasi diatas 90% dalam waktu 4-6 bulan dengan kedalaman penetrasi 15-30 m, tergantung pada ketebalan dari lapisan kompresibel.

Uji coba efektifitas PVD berbahan alami di lapangan dan simulasi menggunakan Program Plaxis 2D dilakukan oleh Gumilar tahun 2019 di Desa Wonorejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi penelitian ini tepatnya berada di sebelah utara ruas jalan Lingkar Kaliwungu. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa nilai penurunan PVD berbahan alami dan plastik masing masing sebesar 24 cm dan 14 cm. Simulasi model dengan Plaxis 2D menunjukkan bahwa nilai penurunan PVD berbahan alami sebesar 21 cm, sedangkan untuk PVD berbahan plastik adalah 13 cm. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kapasitas aliran air PVD berbahan alami adalah 61,5% - 71,42% lebih besar dari PVD berbahan plastik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil uji penyelidikan tanah di lapangan yang dilakukan oleh Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006, maka sebelum memulai pembangunan IKN, lahan dengan potensi bersifat tanah lunak wajib diwaspadai. Dari data hasil uji sondir (Tabel 1) menunjukkan bahwa seluruh satuan tanah di daerah penyelidikan memungkinkan bersifat sangat lunak sampai kaku sedang, sesuai dengan klasifikasi Begemann (Tabel 6). Tabel 1, 2 dan 5 menunjukkan tanah yang merupakan hasil endapan sungai dan pantai adalah jenis tanah yang harus lebih diwaspadai karena menunjukkan nilai uji sondir yang lebih rendah, penurunan tanah paling tinggi, dan memiliki potensi likuifaksi. Tidak hanya potensi tanah lunak, namun lempung mengembang pun perlu diperhatikan seperti tampak pada tabel 5 yang menunjukkan hampir semua satuan memiliki potensi lempung mengembang, termasuk tanah yang merupakan pelapukan Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru yang juga merupakan tanah penyusun kawasan inti IKN.



Tabel 6. Hubungan antara Konsistensi dengan Tekanan Konus (Begemann, 1965)

No	Konsistensi	Tekanan Konus, $Q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Undrained Cohesion (T/m <sup>2</sup> )
1	<i>Very soft</i>	<2,5	<1,25
2	<i>soft</i>	2,5-5	1,25-2,5
3	<i>Medium stiff</i>	5-10	2,5-5
4	<i>Stiff</i>	10-20	5-10
5	<i>Very stiff</i>	20-40	10-20
6	<i>Hard</i>	>40	>20

Teknik perbaikan tanah kombinasi *preloading* dengan PVD merupakan teknik yang terbukti dalam menstabilisasikan tanah di Kalimantan, termasuk Kalimantan Timur, sebagaimana teknik ini juga sudah digunakan dalam Pembangunan Jalan Tol Balsam Paket 4 Samarinda (Kuswanda, 2016) yang melewati wilayah Pengembangan IKN. Sehingga teknik ini merupakan teknik yang bisa diaplikasikan nantinya dalam pembangunan IKN.

Dalam aspek utama pembangunan IKN terdapat aspek ramah lingkungan dan berkelanjutan. Maka teknologi PVD dengan bahan alami perlu dipertimbangkan agar menjadi salah satu metode dalam pembangunan IKN karena: sudah lulus uji parameter fisik (Nguyen, 2016), sudah terbukti diterapkan di uji lapangan (Gumilar, 2019), waktu yang dibutuhkan dalam proses disintegrasi atau pengahancuran di dalam tanah yang relatif lebih cepat dibandingkan PVD berbahan plastik karena materialnya bersifat mudah terurai (*biodegradable*) dalam waktu kurang lebih satu tahun (sehingga sangat efektif diterapkan di wilayah perkotaan) (John, 2016), lokasi bekas pemasangan PVD dapat dikeruk kembali dan difungsikan untuk konstruksi bangunan lainnya, dan sampai saat ini pengadaan PVD berbahan plastik sebagian besar masih diimpor dari mancanegara, selain biaya yang harus dikeluarkan cukup tinggi (sangat mahal) dan juga jaminan ketersediaannya tidak dapat dipastikan.

### Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data dari beberapa peneliti terdahulu maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari investigasi geoteknik lapangan, laboratorium dan studi kasus terhambatnya pembangunan Jalan Tol Balsam, diketahui adanya potensi keberadaan tanah problematik yang bersifat lunak dan wajib diwaspadai di sekitar lokasi pembangunan Ibu Kota Negara Indonesia, Kalimantan Timur.
2. Teknik perbaikan tanah *preloading* dan PVD telah digunakan sebagai solusi masalah tanah lunak pada beberapa pembangunan infrastruktur di Kalimantan. Teknik ini dapat dimodifikasi dengan mengubah material bahan PVD konvensional (polimer) dengan bahan organik (serabut dan serat tumbuhan) yang dapat terurai sehingga mendukung visi pembangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
3. Kinerja PVD berbahan alami bahkan terbukti lebih efektif dan efisien, ditunjukkan dari hasil uji coba laboratorium dan lapangan penelitian terdahulu.

Berdasarkan hasil studi, disarankan agar: survey dan pemetaan lebih detail untuk keberadaan dan potensi ancaman tanah lunak di Kawasan inti dan pengembangan IKN. Studi mengenai penggunaan PVD berbahan alami dan pengujian di lapangan harus terus dilakukan. Terutama uji lapangan di daerah Kalimantan Timur, sehingga teknologi ini kelak dapat digunakan dalam pembangunan IKN. Alternatif penggunaan PVD bahan alami perlu lebih disosialisasikan kepada seluruh pihak: pemilik proyek, penyedia jasa dan pembuat kebijakan sehingga menjadi pilihan utama dalam penyelesaian masalah tanah lunak dan mendapatkan dukungan dalam pelaksanaan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin berterima kasih kepada keluarga, pimpinan, mentor, pembimbing, seluruh Pegawai Pusjatan dan Bina Marga yang memberikan kontribusi positif selama proses penulisan.

### Daftar Pustaka

- Badan Geologi. (2006). "Laporan Tahunan Pusat Lingkungan Geologi". Laporan Tahunan. Bandung.
- Begemann, HKSPH. (1965). "The Maximum Pulling Force on a Single Tension Pile Calculated on the Basis of Results of The Adhesion Jacket Cone". Proceedings of the 6th international conference on soil mechanics and foundation engineering, Montreal 2, pp. 229.
- Gumilar, Reza Pratama. (2019). "Kajian Efektifitas Kapasitas Pengaliran Air Antara Pvd Berbahan Plastik Dengan PVD Berbahan Alami (Uji Skala Penuh Di Lapangan)". Tugas Akhir. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Hidayat,S., & Umar,I. (1994). "Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan". Pusat Survey Geologi. Bandung.

- Islam, M. W., dan Khan A. J., (2009). "Performance Of A Prefabricated Vertical Jute Drain In A Remolded Soft Soil". Proceeding of Bangladesh Geotechnical Conference. Bangladesh.
- John, J. dan Thomas, U. J., (2016). "Improvement of Coir Reinforced Clay Soil by Natural and Synthetic Prefabricated Vertical Drains". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 5 Issue 03.
- Kuswanda, Wahyu P. (2016). "Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda *Preloading* Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Pulau Kalimantan". Prosiding Seminar Nasional Geoteknik
- Nguyen T. T., Indraratna B. dan Rujikiatkamjorn C. (2016). "Natural Prefabricated Vertical Drainsstructure And Geo-Hydraulic Properties". Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development - Geotec Hanoi pp. 651-658.
- Purwondho, R. dan Burhanuddin. (2018). "Development of Drains made of Natural Fibers for Accelerate Consolidation in Soft Soil". International Journal of Environmental Research & Clean Energy, Vol. 9 No. 1.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. (2002). "Panduan Geoteknik 1, Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak". Pedoman Kimpraswil No: Pt T-8-2002-B, Bandung.
- Supriatna S., Sukasrudi, dan Rustandi E. (1995). "Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan". Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Tjie-Liong, Gouw. (2015). "Seberapa Besar Pengaruh Efek Gangguan dan Hambatan Alir pada Prefabricated Vertikal Drain?". 10th Indonesian Geotechnical Conference and 19th Annual Scientific Meeting, Jakarta.
- Zakaria, Z., Dipatunggoro, G., Haryanto, E. T., (2007). "Karakteristik tanah lempung lapukan Formasi Balikpapan di Samboja, Kalimantan Timur". Bulletin of Scientific Contribution, Vol. 5, No. 3.