

## OPTIMALISASI JARAK PEMASANGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD) DALAM POLA PERSEGI PADA PERBAIKAN TANAH LUNAK

Sofya Marinda Putri Wilis<sup>1\*</sup>, Agata Iwan Candra<sup>2</sup>, Fauzie Nursandah<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kediri

Jl. Selomangleng No.01, Pojok Kec. Mojojoto Kediri

Alamat E-mail: [sofyamarinda15@gmail.com](mailto:sofyamarinda15@gmail.com)

### Info Artikel

### Abstrak

#### Sejarah Artikel:

Diterima: April 2024

Disetujui: Mei 2024

Dipublikasikan: Des 2024

#### Keywords:

*Distance; Consolidation; Prefabricated Vertical Drain; Square pattern; Preloading*

Proyek pembangunan jalan tol Bandar Udara Internasional Dhoho Kediri di STA 7+000 – STA 7+100 terdapat tanah lunak yang menyebabkan pemampatan yang relatif besar dan memakan waktu lama. Dalam upaya mempercepat proses pemampatan, diterapkan metode preloading dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD). Metode ini mencakup perencanaan timbunan dan pemasangan PVD untuk mengurangi aliran air pori dalam tanah, sehingga pemampatan dapat terjadi lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan efektivitas perbaikan tanah dengan mengevaluasi pengaruh jarak pemasangan PVD dalam pola persegi. Fokus penelitian hanya mencakup analisis parameter tanah dan pemasangan PVD pada jarak 1,1m, 1,3m, 1,5, dan 1,7m. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan PVD pola persegi efektif dalam mempercepat konsolidasi. Prediksi penurunan akhir dengan pendekatan Terzaghi Satu Dimensi memberikan referensi praktis. Dari hasil simulasi jarak 1,1m-1,7m maka hasil yang didapatkan yaitu 1,1m karena semakin dekat jarak pemasangan PVD semakin cepat pula waktu konsolidasinya. Hal ini dibuktikan oleh perbandingan waktu konsolidasi, dimana tanpa PVD membutuhkan 51,92 tahun untuk mencapai 90% konsolidasi, sementara dengan PVD hanya diperlukan waktu 144 hari. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan panduan praktis dan kontribusi signifikan untuk perancangan perbaikan tanah pada proyek konstruksi jalan tol serupa.

**Kata Kunci:** Jarak, Konsolidasi, *Prefabricated Vertical Drain*, Pola persegi, *Preloading*.

#### Abstract

*Due the construction phase in project of the Dhoho Kediri International Airport Toll Road at STA 7+000 – STA 7+100 mentioned soft soil, leading to significant and time-consuming consolidation. In an effort to expedite the consolidation process, the preloading method with Prefabricated Vertical Drain (PVD) is applied. This method includes backfilling plan and PVD installation to reduce the flow of pore water in the soil, allowing for faster consolidation. This research aims to enhance the effectiveness of soil improvement by evaluating the influence of PVD installation distances in a square pattern. The research focuses on the analysis of soil parameters and PVD installation at distances ranging from 1.1m to 1.7m. The results indicate that the installation of square-patterned PVD is effective in accelerating consolidation. The*

---

*final settlement prediction using the Terzaghi One-Dimensional approach provides practical references. Simulation results for distances between 1.1m and 1.7m show that 1.1m is the most effective distance because closer PVD installations result in faster consolidation times. This is evidenced by the consolidation time comparison, where without PVD, it takes 51,92 years to achieve 90% consolidation, while with PVD, it only requires 144 days. These findings are expected to provide practical guidance and significant contributions to the design of soil improvement in similar toll road construction projects.*

---

© 2024

Universitas Abdurrah

---

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Selomangleng No.01, Pojok Kec. Mojojoto Kediri

E-mail: sofymarinda15@gmail.com

ISSN 2527-7073

---

## PENDAHULUAN

Pembangunan jalan tol Bandar Udara Internasional Doho Kediri pada STA 7+000 – STA 7+100 melibatkan area persawahan yang terdapat tanah lunak, ditandai dengan tingginya kadar air dan udara dibandingkan dengan partikel padat tanah. Kondisi ini menghasilkan kapasitas pemampatan yang besar pada tanah, tetapi juga mengakibatkan penurunan tanah saat terkena beban struktural [1]. Maka, sebelum memulai proyek pembangunan jalan tol tersebut, diperlukan upaya dalam meningkatkan kondisi tanah guna mengatasi permasalahan penurunan pada lapisan tanah dasar. Salah satu strategi yang umum digunakan melibatkan penggunaan metode preloading, di mana tanah pondasi dikompaksi dengan memberikan beban sementara sebelum memulai konstruksi utama. Untuk meningkatkan efisiensi konsolidasi tanah, dapat digunakan pendekatan kombinasi metode preloading dengan pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) [2][3].

Dari segi teknis, PVD merupakan saluran vertikal yang terbuat dari material sintetis yang ditanam ke dalam tanah lunak untuk meningkatkan aliran air dan udara menuju permukaan [4]. Meskipun demikian, pemasangan PVD tidak selalu berjalan lancar dan seringkali menghadapi masalah, seperti kegagalan dalam perancangan yang bisa mengakibatkan penundaan dalam proses konsolidasi tanah [5]. Selain itu, pemasangan drainase vertikal dapat mempengaruhi sifat tanah sekitarnya, menyebabkan gangguan pada permeabilitas tanah dan memperlambat proses konsolidasi tergantung pada sensitivitas tanahnya [6]. Adapun penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengevaluasi cara memperbaiki tanah lempung lunak dengan menentukan jarak dan pola pemasangan PVD [4][7]. Namun, masih terdapat kebutuhan untuk mengidentifikasi jarak pemasangan PVD yang paling efektif dalam pola persegi serta memprediksi proyeksi akhir terkait penurunan tanah setelah penerapan PVD. Karena itulah, tujuan dari penelitian ini dimaksudkan untuk menilai efektivitas jarak pemasangan PVD dengan pola persegi dan

mengidentifikasi jarak efektif pemasangan PVD dalam pola persegi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan panduan praktis bagi praktisi dan pengembang infrastruktur dalam memilih dan menentukan jarak optimal pemasangan PVD, serta memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai proses konsolidasi tanah lunak.

## METODE

Penelitian ini dimulai dengan menetapkan lokasi studi kasus di area kerja STA 7+000 – STA 7+100 pada proyek pembangunan Jalan Tol Bandar Udara Internasional Dhoho Kediri. Studi literatur dilakukan guna mengumpulkan referensi teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Data yang digunakan bersumber dari data sekunder termasuk informasi mengenai tanah dasar, perbaikan tanah, hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT), dan data dari pengujian laboratorium. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lubang bor BH-A06 STA 7+000 – 7+100 pada kedalaman 9meter, 20meter, dan 30meter untuk pengujian SPT. Selain itu, hasil uji laboratorium dari sampel tanah asli digunakan untuk mengidentifikasi indeks properti tanah. Dalam penelitian ini, digunakan Metode Terzaghi satu dimensi untuk menganalisis efektivitas jarak pemasangan PVD dalam pola persegi, serta untuk mengevaluasi derajat konsolidasi tanpa dan dengan penerapan Preloading kombinasi PVD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisis ini dilakukan dengan pengujian sampel tanah di laboratorium dan mengadopsi metode Terzaghi satu dimensi. Ini berarti bahwa perhitungan yang dijelaskan dalam bagian ini didasarkan pada pendekatan Terzaghi yang mengasumsikan kondisi geoteknik tertentu dalam satu dimensi [8].

### Data Hasil Uji *Standard Penetration Test* (SPT)

Data pengujian SPT di lapangan pada penelitian ini telah rekapitulasi dan menghasilkan informasi yang terdapat dalam Tabel 1. Terlihat bahwa nilai N-SPT disetiap titik pengujian bervariasi, menunjukkan variasi daya dukung disetiap lokasi pengujian tanah. Analisis penurunan tanah dipusatkan pada titik BH-06 karena lokasinya menunjukkan tanah dengan kekuatan yang lebih rendah dan kedalaman tanah yang keras.

**Tabel 1.** Hasil Uji SPT

<b>Kedalaman (m)</b>	<b>N-SPT</b>
1	5
3	3
5	4
7	4
8,5	7
9	7

11	5
13	10
15	25
17	50
19	50
21	50
23	50
25	50
27	50
29	50

Sumber: Data BH-A06

### Data Hasil Uji Laboratorium

Informasi data yang dipakai dalam penelitian ini didapatkan dari sampel tanah asli atau UDS (*undisturbed sample*) yang diambil dari masing-masing lokasi pengujian SPT. Hasil pengujian laboratorium mencakup evaluasi indeks parameter tanah, yang detailnya tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter Tanah

Parameter	Unit	Sand (Timbunan)	Clay (Soft)	Clay (Medium)	Clay (Hard)
<b>Material Model</b>	-	Mohr Coloumb	Soft Soil	Soft Soil	Mohr Coloumb
<b>Type of material behavior</b>	-	Drained	Undrain ed	Undrain ed	Undrain ed
<b>Soil unit weight above phreatic level (<math>\gamma_{unsat}</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	16	15	8	16
<b>Soil unit below phreatic level (<math>\gamma_{sat}</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	20	18	11	17
<b>Permeability in hor. Direction (Kx)</b>	m/day	1	$1.10^{-4}$	$2.10^{-3}$	-
<b>Permeability in ver. Direction (ky)</b>	m/day	1	$1.10^{-4}$	$2.10^{-3}$	-
<b>Young's modulus (constant) (Eref)</b>	kN/m <sup>2</sup>	3000	1000	350	25000
<b>Poisson Ratio (<math>\nu</math> (nu))</b>	-	0,3	0,33	0,35	0,33
<b>Cohesion (constant) (Cref)</b>	kN/m <sup>2</sup>	1	2	5	12,5
<b>Friction Angle (<math>\phi</math>)</b>	(°)	30	24	20	32,32
<b>Dilatancy Angle (<math>\psi</math>)</b>	(°)	0	0	0	0

Sumber: Pengolahan Data

### Analisis Waktu dan Besaran Penurunan Tanah

Analisis Waktu dan Besaran Penurunan Tanah merupakan proses untuk mengevaluasi perubahan besar dan waktu penurunan tanah selama proses konstruksi. Dalam penelitian ini, langkah-langkah analisis meliputi beberapa tahapan penting. Pertama, nilai Kohesi Tanah (Cu) dihitung dengan menggunakan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT). Selanjutnya, Tinggi

Timbunan Kritis (Hcr) dihitung untuk menilai kapasitas tanah dalam menahan beban timbunan [9]. Selain itu, Tegangan Efektif ( $p_0$ ) dan Tegangan Overburden ( $\Delta P$ ) dihitung untuk memperhitungkan beban yang diberikan pada tanah [10]. Settlement Akibat Preloading juga dihitung untuk menentukan penurunan tanah akibat beban yang diberikan sebelum konstruksi utama dimulai [11]. Rincian perhitungan penurunan untuk setiap lapisan tanah dapat ditemukan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Penurunan

No	Tebal Lapisan (m)	Z	$e_0$	$C_c$	$p_0$ (t/m <sup>3</sup> )		I	Hcr	$q_0$	$\Delta P$	$\Delta P+p_0$	S (m)	Stotal	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	2	1	1	1,35	0,41	1,85	1,85	0,228	3,6	6,66	3,996	5,846	0,4846	0,4846
3	2	1	3	1,35	0,41	1,85	5,55	0,228	3,6	6,66	3,996	9,546	0,02545	0,5101
4	2	1	5	1,35	0,41	1,85	9,25	0,228	3,6	6,66	3,996	13,246	0,00205	0,5121
5	1,5	0,75	7	1,35	0,54	1,85	12,95	0,228	3,6	6,66	3,996	16,946	0,0076	0,5197
6	0,5	0,25	8,5	1,35	0,54	1,85	15,725	0,228	3,6	6,66	3,996	19,721	0,00181	0,5215
7	2	1	9	1,35	0,54	1,85	16,65	0,228	3,6	6,66	3,996	20,646	0,00233	0,5238
8	2	1	11	1,35	0,57	1,85	20,35	0,228	3,6	6,66	3,996	24,346	0,00241	0,5263
9	2	1	13	1,35	0,57	1,85	24,05	0,228	3,6	6,66	3,996	28,046	0,00255	0,5288
10	2	1	15	1,35	0,57	1,85	27,75	0,228	3,6	6,66	3,996	31,746	0,00262	0,5314
11	2	1	17	1,35	0,57	1,85	31,45	0,228	3,6	6,66	3,996	35,446	0,00272	0,5341
12	2	1	19	1,35	0,57	1,85	35,15	0,228	3,6	6,66	3,996	39,146	0,00278	0,5369
13	2	1	21	1,35	0,57	1,85	38,85	0,228	3,6	6,66	3,996	42,846	0,008	0,5449
14	2	1	23	1,35	0,57	1,85	42,55	0,228	3,6	6,66	3,996	46,546	0,0051	0,55
15	2	1	25	1,35	0,57	1,85	46,25	0,228	3,6	6,66	3,996	50,246	0,00297	0,553
16	2	1	27	1,35	0,57	1,85	49,95	0,228	3,6	6,66	3,996	53,946	0,00304	0,556
17	1	0,5	29	1,35	0,57	1,85	53,65	0,228	3,6	6,66	3,996	57,646	0,00107	0,5571

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa penurunan total ( $S_{total}$ ) dalam penelitian ini sebesar 0,557meter, yang menunjukkan dampak dari perubahan besar pada tanah selama proses konstruksi.

#### **Analisis Derajat Konsolidasi Tanpa Penerapan Preloading dan PVD**

Analisis waktu konsolidasi dan tingkat penurunan tanah tanpa menggunakan *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) melibatkan evaluasi durasi alami penurunan dan besarnya penurunan tanah karena beban yang diterapkan. Proses analisis ini berfokus pada pemahaman perubahan kondisi tanah tanpa adanya beban tambahan atau sistem drainase PVD. Rincian perhitungan durasi konsolidasi tanah dan tingkat penurunan tanah dapat ditemukan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Analisis derajat konsolidasi tanpa penerapan Preloading dan PVD

<b>BH-A06</b>						
<b>Minggu</b>	<b>t (s)</b>	<b>Cv (cm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Hdr (cm)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv %</b>	<b>Sc (cm)</b>
1	604800	0,00356	3000	0,0002392	1,711	0,9532
5	3024000	0,00356	3000	0,0011962	3,90355	2,17467
10	6048000	0,00356	3000	0,0023923	5,52045	3,07545
15	9072000	0,00356	3000	0,0035885	6,76115	3,76664
20	12096000	0,00356	3000	0,0047846	7,8071	4,34934
25	15120000	0,00356	3000	0,0059808	8,7286	4,86271
50	30240000	0,00356	3000	0,0119616	12,3441	6,8769
100	60480000	0,00356	3000	0,0239232	17,4572	9,72541
200	120960000	0,00356	3000	0,0478464	24,6882	13,7538
300	181440000	0,00356	3000	0,0717696	30,2368	16,8449
350	211680000	0,00356	3000	0,0837312	32,6594	18,1946
500	302400000	0,00356	3000	0,119616	39,0355	21,7467
1000	604800000	0,00356	3000	0,239232	55,2045	30,7545
1200	725760000	0,00356	3000	0,2870784	60,4735	33,6898
1500	907200000	0,00356	3000	0,358848	67,6115	37,6664
2000	1209600000	0,00356	3000	0,478464	78,071	43,4934
2200	1330560000	0,00356	3000	0,5263104	81,8816	45,6162
2500	1512000000	0,00356	3000	0,59808	87,286	48,6271
2700	8164800000	0,00356	3000	0,6459264	90,7103	50,5347

Berdasarkan perhitungan durasi konsolidasi dan besar penurunan tanah untuk mencapai 90% konsolidasi di titik BH-A06 tanpa menggunakan PVD, hasilnya menunjukkan waktu konsolidasi sekitar 51,92 tahun dengan penurunan tanah sekitar 50,5347 cm. Analisis ini memberikan gambaran tentang dampak dan durasi penurunan tanah tanpa adanya sistem drainase tambahan dalam konteks proyek konstruksi.

#### **Analisis Derajat Konsolidasi dengan Penerapan Preloading dan PVD**

Analisis Derajat Konsolidasi dengan Penerapan Preloading dan PVD memperhitungkan berbagai faktor, mulai dari diameter pengaruh dan koefisien konsolidasi hingga nilai factor waktu konsolidasi vertikal dan horizontal [12]. Dengan mempertimbangkan jarak pemasangan PVD dan spesifikasi drainase yang digunakan, analisis ini menghasilkan informasi tentang derajat konsolidasi vertikal dan horizontal serta nilai penurunan tanah secara efektif setelah penerapan PVD. Hal ini memberikan gambaran yang jelas tentang efektivitas teknik pemasangan PVD dalam mengatasi penurunan tanah dan mendukung keberhasilan proyek konstruksi. Hasil rekapitulasi derajat konsolidasi 90% dengan penerapan preloading dan PVD dengan pola persegi terdapat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi 90% Menggunakan Preloading dan PVD dalam Pola Persegi

Jarak (m)	Waktu		Settlement (cm)
	Hari	Detik	
1,1	144	12441600	51,19469
1,2	199	17193600	51,26266
1,3	254	21945600	51,32173
1,4	309	26697600	50,37467
1,5	420	22464000	50,46874
1,6	315	44064000	50,53615
1,7	680	58752000	50,64887

Dari hasil rekapitulasi analisis derajat konsolidasi 90% dengan penerapan Preloading dan PVD menunjukkan bahwa jarak 1,1 m merupakan jarak yang paling efektif karena semakin dekat jarak pemasangan PVD semakin cepat pula waktu konsolidasinya.

#### **Analisis Derajat Konsolidasi Tanpa dan Dengan Penerapan PVD**

Berdasarkan data hasil perhitungan durasi konsolidasi dan penurunan tanah tanpa percepatan dibandingkan dengan hasil perhitungan waktu konsolidasi dan besarnya penurunan tanah dengan penggunaan metode percepatan PVD menunjukkan perbedaan yang cukup besar, yang rinciannya dapat ditemukan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbedaan Waktu Konsolidasi Tanpa dan Dengan Penerapan PVD

No. BH	Tanpa PVD		Dengan PVD	
	Waktu (tahun)	Penurunan (cm)	Pola Persegi Jarak 1,1 m	
			Waktu (hari)	Penurunan (cm)
BH-A06	51,92	50,534	144	51,194

Data dari Tabel 6 menunjukkan bahwa penggunaan PVD efektif dalam mempercepat proses konsolidasi tanah. Perbandingan waktu konsolidasi sebelum menggunakan PVD di titik BH-A06 adalah 51,92 tahun dengan penurunan tanah 50,534 cm untuk mencapai 90% konsolidasi. Setelah menerapkan PVD, waktu konsolidasi berkurang menjadi 144 hari dengan penurunan tanah 51,194 cm.

#### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jarak efektif pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) pola persegi dalam analisis ini adalah 1,1m karena semakin dekat jarak pemasangan PVD semakin cepat pula waktu konsolidasinya.
2. Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dalam pola persegi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bandar Udara Internasional Dhoho Kediri STA 7+000 – 7+100 terbukti lebih efektif dalam mempercepat konsolidasi dibandingkan tanpa PVD. Waktu

konsolidasi tanpa PVD membutuhkan 51,92 tahun untuk mencapai 90% konsolidasi, sementara dengan PVD hanya memerlukan waktu 144 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Candra, S. Anam, Z. B. Mahardana, and A. D. Cahyono, "Studi Kasus Stabilitas Struktur Tanah Lempung Pada Jalan Totok Kerot Kediri Menggunakan Limbah Kertas," *UKaRsT*, vol. 2, no. 2, p. 11, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i2.255.
- [2] Z. F. Lilabsari, A. Munawir, Y. Zaika, and W. P. Kuswanda, "Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Dengan Menggunakan Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (PVD)," vol. 12, no. 2, pp. 1–6, 2018.
- [3] Liliwarti, D. Archenita, M. Merley, and A. Refnaldo, "Effect of Installation Pattern of Prefabricated Vertical Drain (PVD) on Degree of Consolidation in Soft Soils," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, p. 110, 2023, doi: 10.36055/fondasi.v12i1.16175.
- [4] A. Zhafirah and D. Amalia, "Perencanaan Preloading Dengan Penggunaan Prefabricated Vertical Drain Untuk Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Tol Pejagan-Pamalang," *Jur. Tek. Sipil – FTSP, ITS.*, vol. 21, no. 1, p. 10, 2019.
- [5] I. Lewinsky, E. Rita, and R. Permata, "Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode Preloading Menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Padang–Lubuk Alung–Sicincin Sta 3+ 550–3+ 750," *E-Jurnal Universitas Bung Hatta*, vol. 2, no. 1, pp. 9–10, 2021.
- [6] T. Hayati, Roesyanto, and R. Iskandar, "Analysis of the Smear Zone Effect due to PVD Installation on the Embankment Consolidation Process with 2D and 3D Plaxis," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 26, no. 2, pp. 140–149, 2020, doi: 10.14710/mkts.v26i2.26516.
- [7] W. A. N. Aspara and E. N. Fitriani, "Pengaruh Jarak Dan Pola Prefabricated Vertical Drain (PVD) Pada Perbaikan Tanah Lempung Lunak = Effect of Distance and Pattern of Prefabricated Vertical Drain for Improvement of Soft Clay Soil," *Maj. Ilm. Pengkaj. Ind.*, vol. 10, no. 1, pp. 41–50, 2016, doi: 10.29122/mipi.v10i1.102.
- [8] Hary Christady Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II*, vol. 3. 2010.
- [9] I. K. Adiba, J. F. Irawan, and L. A. Wicaksono, "Settlement Evaluation and Back Analysis of the Ground Design Parameters on the Soil Improvement of Preloading Method Combined With PVD," *J. Rekayasa Sipil dan Lingkungan.*, vol. 3, no. 2, p. 179, 2019, doi: 10.19184/jrsl.v3i2.12710.
- [10] Hary Christady Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. 2002.
- [11] Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. 1995.
- [12] D. A. Munthe, Roesyanto, and R. Iskandar, "Analisis Pengaruh Jarak Pemasangan PVD Terhadap Derajat Konsolidasi Pada Konstruksi Timbunan," *Syntax Admiration*, vol. 2, no. 3, p. 6, 2021.