

**ANALISIS EFEKTIFITAS *GROUTING* BENDUNGAN ULPLTA
KOTO PANJANG PADA NILAI REMBESAN
BENDUNGAN PASCA BENDUNG**

TUGAS AKHIR



**OLEH :
ADE KURNIAWAN S
NIM : 1822201022**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
FEBRUARI 2025**

**ANALISIS EFEKTIFITAS *GROUTING* BENDUNGAN ULPLTA
KOTO PANJANG PADA NILAI REMBESAN
BENDUNGAN PASCA BENDUNG**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



OLEH :
ADE KURNIAWAN S
NIM : 1822201022

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
FEBRUARI 2024**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri/tidak plagiat, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Jika ternyata tidak benar saya bersedia untuk pembatalan gelar keserjanaan yang telah saya peroleh.

Nama : Ade Kurniawan S

NIM : 1822201022

Tanggal : 10 Februari 2025



Tanda Tangan :

LEMBAR PELAKSANAAN

Judul : Analisis Efektifitas Grouting Bendungan ULPLTA Koto Panjang Pada Nilai Rembesan Pasca Bendung
Nama : Ade Kurniawan S
NIM : 1822201022
Program Studi : Teknik Sipil

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji pada hari Senin tanggal Sepuluh bulan Februari tahun Dua Ribu Dua Puluh Lima Semester Ganjil Tahun Akademik 2024/2025

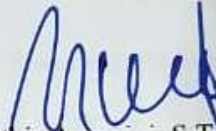
Disetujui,
TIM PENGUJI

Ketua



Fitridawati Soehardi, S.T., M.T.
NIDN. 1019068503

Sekretaris



Muthia Angraini, S.T., M.T.
NIDN. 1026038502

Anggota Penguji



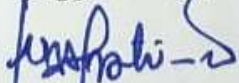
Fadrizal Lubis, S.T., M.T.
NIDN. 1003046901

Anggota Penguji



Ir. Virgo Trisep Haris, M.T.
NIDN. 1019078303

Anggota Penguji



Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng.
NIDN. 1019078303

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Efektifitas Grouting Bendungan ULPLTA Koto Panjang Pada Nilai Rembesan Pasca Bendung
Nama : Ade Kurniawan S
NIM : 1822201022
Program Studi : Teknik Sipil

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning, sesuai dengan Berita Acara Nomor : 418/TS/Ad/2024

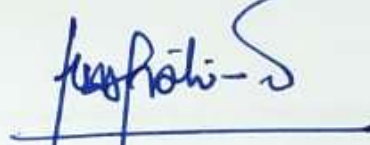
Disetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Virgo Trisep Haris, M.T.
NIDN. 1019078303

Dosen Pembimbing II



Shanti Wahyu Megasari, S.T., M.Eng.
NIDN. 1019078303

Diketahui,



Dekan

Dr. Zamuri, S.T., M.T.
NIK. 00 01 198



Ketua Program Studi

Fitridawati Soehardi, S.T., M.T.
NIK. 45 01 409

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini saya persembahkan dengan tulus kepada:

Kepada kedua orang tua saya, Papa dan Mama tercinta, yang telah memberikan segala dukungan, doa, dan kasih sayang yang tiada henti. Terima kasih atas setiap pengorbanan, nasihat, dan dorongan yang tak pernah surut untuk saya. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kalian dengan berkah yang tiada terhingga.

Kepada dosen pembimbing pertama, Bapak Ir. Virgo Trisep Haris, M.T., dan dosen pembimbing kedua, Ibu Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng., yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, pengarahan, dan dukungan dalam setiap tahap penyusunan tugas akhir ini. Setiap saran dan kritik yang diberikan telah menjadi landasan yang sangat berarti dalam pengembangan pengetahuan saya.

Kepada seluruh keluarga saya, yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi untuk terus maju dalam setiap langkah kehidupan. Kalian adalah sumber kekuatan saya yang tiada ternilai harganya.

Kepada PT PLN Nusantara Power ULPLTA Koto Panjang, yang dengan tulus telah memberikan kesempatan bagi saya untuk melakukan penelitian dan memberikan dukungan penuh selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Kepada istri tercinta, yang selalu setia mendampingi dan memberikan semangat di setiap langkah perjalanan ini. Terima kasih atas kebersamaan yang luar biasa dan cinta yang tiada henti.

Untuk diri saya sendiri, yang telah berusaha keras dan tak kenal lelah dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga usaha dan perjuangan ini membawa manfaat, keberkahan, serta membuka jalan bagi masa depan yang lebih baik.

Akhir kata, saya berharap tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan mengucap Alhamdulillahirobbil Alamin, atas segala rahmat, nikmat dan hidayah Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Efektifitas *Grouting* Bendungan ULPLTA Koto Panjang Pada Nilai Rembesan Pasca Bendung disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam penyusunan Tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan dukungan dan bantuan baik moril maupun spiritual dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Zainuri, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
2. Ibu Fitridawati Soehardi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning.
3. Bapak Ir. Virgo Trisep Haris, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Fitridawati Soehardi, S.T., M.T., selaku Ketua Penguji Tugas, Ibu Muthia Anggraini, S.T., M.T., selaku Sekretaris Penguji dan Bapak Fadrizal Lubis, S.T., M.T selaku Anggota Penguji Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
5. Bapak Yauma Audina selaku *Team Leader* Sipil, Bendungan dan Lingkungan
6. PT PLN Nusantara *Power* serta semua pihak terkait, dimana telah membantu dukungan data maupun diskusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Besar harapan penulis semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi penulis, dan pembaca untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 10 Februari 2025

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Lancang Kuning, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ade Kurniawan S
NIM : 1822201022
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas tugas akhir saya yang berjudul :

Analisis Efektifitas *Grouting* Bendungan ULPLTA Koto Panjang Pada Nilai Rembesan Pasca Bendung

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning berhak menyimpan, mengalih mediaformat-kan, mengelola dalam bentuk angkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulispencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat : Pekanbaru

Pada tanggal : 10 Februari 2025

Yang menyatakan,

Ade Kurniawan S

ABSTRAK

ADE KURNIAWAN S. Analisis Efektifitas Grouting Bendungan ULPLTA Koto Panjang Pada Nilai Rembesan Pasca Bendung. Dibimbing oleh VIRGO TRISEP HARIS dan SHANTI WAHYUNI MEGASARI.

Masalah rembesan pada bendungan menjadi faktor utama dalam penilaian risiko kegagalan bendungan. Sebagai langkah untuk memperbaiki kerusakan pada struktur tanah atau batuan adalah dengan melakukan perbaikan pondasi (*grouting*) untuk mengurangi rembesan air. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *grouting* dalam mengurangi rembesan pada bendungan PLTA Koto Panjang. Metode penelitian adalah dengan studi pengamatan di lapangan untuk memperoleh nilai rembesan. Analisis dilakukan dengan menggunakan data dari instrumen pemantauan rembesan dari *leakage* meter dan *drain hole*. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit rembesan maksimum yang tercatat pada *leakage* meter adalah 20,94 liter/menit dan 22,63 liter/menit pada *drain hole*. Debit rembesan tersebut masih berada dalam batas aman yang telah ditentukan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rembesan tersebut bendungan PLTA Koto Panjang dinyatakan aman pada inspeksi instrumentasi dan SLO telah terbit pada tanggal 29 November 2024.

Kata Kunci : *drain hole*, *grouting*, *leakage* meter, rembesan

ABSTRACT

ADE KURNIAWAN S. *Analysis of the Effectiveness of Grouting of the Koto Panjang Hydroelectric Dam on Post-Weir Seepage Values.* Supervised by VIRGO TRISEP HARIS dan SHANTI WAHYUNI MEGASARI.

The seepage problem in the dam is the main factor in the risk assessment of dam failure. One of the steps to repair damage to soil or rock structures is to carry out foundation repairs (grouting) to reduce water seepage. The study aims to evaluate the effectiveness of grouting in reducing seepage at the Koto Panjang hydropower dam. The research method is by observation studies in the field to obtain seepage values. The analysis was carried out using data from seepage monitoring instruments from leakage meters and drain holes. The results of the analysis showed that the maximum seepage discharge recorded on the leakage meter was 20,94 liters/minute and 22,63 liters/minute at the drain hole. The seepage discharge is still within the predetermined safe limit. So it can be concluded that the seepage value of the Koto Panjang hydropower dam was declared safe in instrumentation inspections and the SLO was issued on November 29, 2024.

Keywords : drain hole, grouting, leakage meter, seepage

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PELAKSANAAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Rumusan Masalah.....	2
1.5 Tujuan dan Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bendungan	4
2.1.1 Jenis bendungan.....	4
2.1.2 Bendungan PLTA Koto Panjang	6
2.1.3 Bagian – bagian bendungan PLTA Koto Panjang.....	8
2.1.4 Riwayat bendungan PLTA Koto Panjang	9
2.2 Grouting.....	9
2.3 Rembesan.....	11
2.3.1 Berdasarkan lokasi.....	11
2.3.2 Berdasarkan mekanisme	11

2.3.3 Berdasarkan karakteristik	12
2.3.4 Berdasarkan penyebab	12
2.3.5 Berdasarkan nilai <i>lugeon</i>	13
2.4 Penelitian Terdahulu.....	14
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Objek Penelitian	16
3.2 Informasi Umum Pekerjaan.....	16
3.3 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data	20
3.3.1 Pengumpulan data.....	20
3.3.2 Analisis data	26
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	33
BAB 4. PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil.....	34
4.1.1 Perhitungan rembesan.....	34
4.1.2 Efektifitas terhadap pelaksanaan <i>grouting</i>	43
4.1.3 Efektifitas terhadap kemampuan mengurangi debit rembesan.....	45
4.2 Analisis	47
BAB 5. PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Riwayat Bendungan PLTA Koto Panjang.....	9
Tabel 2.2 Nilai <i>Lugeon</i>	13
Tabel 3.1 Hasil <i>Grouting</i> Sandaran Kiri	22
Tabel 3.2 Hasil <i>Grouting</i> Zona <i>River Bed</i>	22
Tabel 3.3 Hasil <i>Grouting</i> Zona Sandaran Kanan	23
Tabel 3.4 Total Hasil Pekerjaan <i>Grouting</i>	23
Tabel 3.5 <i>Leakage</i> Meter.....	28
Tabel 4.1 Data <i>Leakage</i> meter, <i>Drain hole</i> , dan Elevasi MAW	34
Tabel 4.2 Debit dan Kriteria Rembesan	40
Tabel 4.3 Debit Rembesan Maksimum <i>Leakage</i> Meter Periode September - November 2024	41
Tabel 4.4 Debit Rembesan Maksimum <i>Drain Hole</i> Periode September - November 2024	42
Tabel 4.5 Nilai <i>Lugeon</i> (Lu) <i>Primary</i> dan <i>Check Hole</i> pada Setiap zona <i>grouting</i> 44	
Tabel 4.6 Kategori Nilai Efektifitas <i>Grouting</i> Dari Tiap Lubang <i>Grouting</i> Pada Zona <i>Grouting</i>	44
Tabel 4.7 Nilai <i>Lugeon</i> dari Total Hasil Pekerjaan <i>Grouting</i>	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bendungan Koto Panjang	5
Gambar 2.2 Bendungan Jatiluhur	5
Gambar 2.3 Bendungan Cirata	6
Gambar 2.4 Bendungan Walahar.....	6
Gambar 2.5 Lokasi Bendungan PLTA Koto Panjang	7
Gambar 2.6 Bendungan PLTA Koto Panjang	7
Gambar 2.7 Pintu Pelimpah (<i>Spillway</i>)	8
Gambar 2.8 <i>Intake Gate</i>	8
Gambar 2.9 <i>Power House</i>	9
Gambar 3.1 Lokasi Bendungan PLTA Koto Panjang	16
Gambar 3.2 Bendungan PLTA Koto Panjang	17
Gambar 3.3 Bangunan Pelimpah Bendungan PLTA Koto Panjang	18
Gambar 3.4 Bangunan Pengambilan pada Bendungan PLTA Koto Panjang.....	19
Gambar 3.5 <i>Power House</i> pada Bendungan PLTA Koto Panjang	19
Gambar 3.6 <i>Pola Curtain Grouting</i>	21
Gambar 3.7 Perbandingan Nilai <i>Lugeon</i> pada Lubang <i>Grouting Primary</i> dengan <i>Check Hole</i>	25
Gambar 3.8 Peta <i>Lugeon</i> Sebelum Pelaksanaan <i>Grouting</i>	25
Gambar 3.9 Peta <i>Lugeon</i> Setelah Dilakukan <i>Grouting</i>	26
Gambar 3.10 Lokasi <i>Leakage Meter</i>	28
Gambar 3.11 <i>Drain Hole</i> Bendungan PLTA Koto Panjang	30
Gambar 3.12 Detail <i>Drain Hole</i>	31
Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 4.1 Hasil Pencatatan <i>Leakage meter</i> , <i>Drain Hole</i> , dan Elevasi Muka Air Waduk.....	37
Gambar 4.2 Hubungan Debit Rembesan <i>Leakage Meter</i> Dan Elevasi Muka Air Waduk.....	38
Gambar 4.3 Hubungan Debit Rembesan <i>Drain Hole</i> dan Elevasi Muka Air Waduk.....	39

DAFTAR NOTASI

C	= Koefisien debit C
Ec	= Efektifitas debit akibat <i>grouting</i>
Efs	= Efektifitas <i>grouting</i> dalam persen
H	= Kedalaman air
K	= Kelulusan air sebelum <i>Grouting</i>
KG	= Kelulusan air sesudah <i>Grouting</i>
K1	= Koefisien atau <i>lugeon permeability</i> sebelum <i>grouting</i>
K2	= Koefisien atau <i>lugeon permeability</i> sebelum <i>grouting</i>
Lu	= Nilai <i>lugeon rata rata</i>
L1	= Panjang aliran rembesan
L2	= Lebar daerah yang di <i>grouting</i>
Q	= Debit aliran
Qo	= Jumlah besarnya debit sebelum <i>grouting</i>
t	= Waktu
V	= Volume air

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Berita Acara

Lampiran 2. Lembar Asistensi

Lampiran 3. Lampiran Data

Lampiran 4. Dokumentasi

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Prasarana air memiliki peran sangat penting sebagai penyedia dan pendistribusian air bersih untuk memenuhi kebutuhan pengairan maupun keperluan sehari-hari. Dalam rangka memenuhi kebutuhan air untuk berbagai macam keperluan, dilakukan upaya untuk meningkatkan sektor sumber daya air dalam bidang pemenuhan kebutuhan air yaitu dengan membangun wadah penampungan buatan seperti bendungan (Asy'ari, M.A, dkk., 2021).

Bendungan adalah salah satu bangunan air yang dibangun untuk menahan dan mengatur aliran air dari sungai, danau, atau sumber air lainnya. Bendungan pada umumnya berupa urugan batu, urugan tanah, beton, dan pasangan batu. Fungsi utama bendungan meliputi penyimpanan air, pengendalian banjir, irigasi, dan seringkali digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air seperti bendungan PLTA Koto Panjang yang terletak di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau (Algifarin, dkk., 2022). Oleh karena itu, bendungan harus memiliki pondasi yang kedap air agar tidak terjadi rembesan atau kebocoran.

Permasalahan pada kondisi geologi pondasi bendungan sering ditemui seperti pelapukan batuan, kekar, jalur sasar dan retakan. Dengan adanya rekahan tersebut air mudah meresap dan batuan mudah mengalami deformasi jika ada beban di atasnya. Permasalahan bendungan yang diakibatkan oleh rembesan merupakan faktor utama dalam penilaian kategori resiko penyebab kegagalan bendungan (Samekto dan Azdan, 2008). Perbaikan pondasi (*grouting*) merupakan salah satu langkah yang dipilih untuk memperbaiki kerusakan struktur tanah atau batuan, salah satunya mengurangi rembesan air (Asy'ari, M.A, dkk, 2021).

Sebagaimana tersurat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015, pasal 2, yang menyatakan bahwa pembangunan bendungan dan pengelolaannya dilaksanakan berdasarkan konsep keamanan bendungan yang terdiri atas 3 (tiga) pilar, yaitu: keamanan struktur terhadap kegagalan struktur, kegagalan hidraulik dan kegagalan akibat erosi buluh (rembesan), operasi dan pemeliharaan serta pengawasan, dan kesiapan rencana

tindak darurat. Pengelolaan bidang pembangunan PLTA merupakan hal terpenting dari suatu kegiatan usaha yang harus dilakukan agar tetap berjalan dan berkelanjutan. Untuk memastikan kaidah – kaidah keamanan, maka diadakan upaya untuk memperoleh sertifikasi layak operasi pada bendungan PLTA Koto Panjang dengan menganalisis nilai rembesan dengan pengukuran debit rembesan sebagai dasar pengurusan dalam penerbitan izin bendungan PLTA Koto Panjang.

Dalam pengurusan penerbitan izin bendungan PLTA Koto Panjang, diperlukan inspeksi besar bendungan yang kegiatannya mencakup geologi, instrumentasi, hidrologi, hidromekanikal dan eletrikal serta rencana tanggap darurat.

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah pada penelitian antara lain :

1. Bagaimana nilai *lugeon* pondasi PLTA Koto Panjang sebelum dilakukan perbaikan pondasi dengan metode *grouting*?
2. Bagaimana nilai *lugeon* pondasi PLTA Koto Panjang setelah dilakukan perbaikan pondasi dengan metode *grouting*?
3. Bagaimana rembesan yang terjadi di PLTA Koto Panjang saat ini?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, penelitian membatasi masalah yaitu pada nilai rembesan pada PLTA Koto Panjang sebelum dan sesudah *grouting*.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang ada maka rumusan masalah adalah bagaimana nilai rembesan pada PLTA Koto Panjang sebelum dan sesudah *grouting*?

1.5 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dalam penelitian adalah untuk menganalisis nilai rembesan pada PLTA Koto Panjang sebelum dan sesudah *grouting*.

Adapun manfaat yang ingin dicapai pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bermanfaat bagi instansi terkait penilaian keamanan bendungan dalam memperoleh Sertifikat Izin Operasi Bendungan PLTA Koto Panjang yang digunakan PT PLN Nusantara *Power*.
2. Memberikan wawasan dan pengetahuan bagi masyarakat tentang keamanan bendungan.
3. Sebagai referensi pada penelitian selanjutnya tentang rembesan bendungan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian analisis efektifitas *grouting* bendungan ULPLTA Koto Panjang pada nilai rembesan pasca bendung dapat disimpulkan hasil pemantauan rembesan pada *leakage* meter dengan nilai maksimum 20,94 liter /menit dan *drain hole* nilai maksimum 22,63 liter/menit berada pada dalam batas aman yang sudah ditentukan yaitu 500 liter/menit untuk *leakage* meter dan 100 liter/menit untuk *drain hole*, maka dari nilai rembesan tersebut bendungan PLTA Koto Panjang dinyatakan aman pada inspeksi instrumentasi dan SLO telah terbit pada tanggal 29 November 2024.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan diatas maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Pada peneliti selanjutnya dapat menganalisis jenis *grouting* lainnya seperti *Blanket* dan *Consolidation*.
2. Pada selanjutnya dapat menggunakan metode *grouting* seperti metode *Upstage* dan metode *grouting* lainnya.
3. Perlu dilakukan koordinasi antara petugas untuk dapat memaksimalkan pencatatan data hasil pemantauan instrumen agar data dapat saling berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Algifarin, Suprpto, B. dan Rachmawati, A., 2022, Analisis Pengaruh Metode *Grouting* Terhadap Rembesan (*Seepage*) Pada Bendungan Tugu, Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Ardiansyah, R. H., & Sriyana, I., 2021. Evaluasi Debit Rembesan Dari Data Bacaan V-Notch Pada Bendungan Benel. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, Vol.26 No. 2, pp.209.
- Atmaja, A. S., Sugiarto, S., & Sukwika, T., 2023. Manajemen Risiko Keselamatan dan Lingkungan pada Bendungan Ir. H. Djuanda Jatiluhur Jawa Barat dengan Pendekatan *Event Tree Analysis*. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, Vol 7 No.1, pp.101–110.
- Buldan, R., Suharyanto, S., Najib, N., & Sadono, K. W., 2021. Analisis Rembesan Terhadap Keamanan Bendungan Kedung Ombo Di Grobogan, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol 12 No.2, pp.79–92.
- Bambang Triatmojo CES., D., 1993. *Hidraulika_I*. In *Beta Offset* , Malang.
- Frahmana, B., & Santosa, B., 2015. Perencanaan Bendung Gerak Dengan Pintu Air (*Floodgate*) Tipe *Drum Gate* Untuk Kontrol Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bendung. *Prosiding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil)*, Vol 6, pp.6–12.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2019. *Modul Perencanaan Bendungan Urugan: Tingkat Dasar*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air., 2005. *Pedoman Grouting Untuk Bendungan* (p. 298).
- Look, B., 2007. *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis, London.
- M. Amril asy'ari, Rachmat Hidayatullah, Dessy Lestari.S, Selo Bhuwono Kahar, & Maharto Kristiyono., 2021. Pengaruh *Grouting* Terhadap Nilai *Lugeon* Pada Batuan Dasar Pondasi Bendungan Tapin. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, Vol 5 No.2, pp.103–116.
- Mardiani, N., Maryati, S., Hutagalung, R., & Kasim, M.. 2022. Studi Geologi Bawah Permukaan Menggunakan *Core Logging* Dan *Water Pressure Test*: Studi Kasus Bendungan Lolak Bolaang Mongondow. *Jambura Geoscience Review*, Vol 4 No1, pp.48–59.
- National Dam Safety Program, F., 2015. *Evaluation and Monitoring of Seepage and Internal Erosion Interagency Committee on Dam Safety (ICODS)*. May.
- Nurnawaty, N., Suhardiman, S., & Ihwan, I., 2018. Analisis Rembesan Pada Bendungan Tipe Urugan (Uji Simulasi Lab). *Teknik Hidro*, Vol 11 No.1, pp. 12–22.

- Sugiyono., 2012. *Statistik Untuk Penelitian*. Alfabeta, Bandung.
- PUPR., 2004. Instrumentasi Tubuh Bendungan Tipe Urugan dan Tanggul.
- Rakhim, A., & Sirajuddin, A., 2020. Evaluasi Perencanaan Teknis dan Analisa Stabilitas Konstruksi Tubuh Bendungan Karalloe. *Jurnal Teknik Hidro*, Vol 13 No.1, pp.18–27.
- Rinaldi, A., 2021. *Berkelanjutan (Success Story Layak Operasi Bendungan Plta Cirata)*. August.
- Samekto, C., & Azdan, M. D., 2008. Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia. *Seminar Nasional Bendungan Besar*, Vol 2 No.8, pp.23.
- Syam, J., 2022. Studi Komparasi Pedoman Desain Sebagai Referensi Inovasi Dan Desain Bendungan Beton Gravity. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol 13 No.1, pp. 27–38.