

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

Fakultas Teknik (FT)
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

Halawa, Ivan Krisman Putra

2025

Uji Permeabilitas Bendungan PLTM Sei Wampu I Bahorok Langkat (Studi Penelitian)

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/633>

Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas

TUGAS AKHIR

**UJI PERMEABILITAS BENDUNGAN PLTM SEI WAMPU I
BAHOROK LANGKAT
(Studi Penelitian)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
(Struktur)**

Disusun Oleh:

**IVAN KRISMAN PUTRA HALAWA
200310043**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS
MEDAN
2025**

**UJI PERMEABILITAS BENDUNGAN PLTM SEI WAMPU I BAHOROK
LANGKAT
(Studi Penelitian)**

**Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
(Struktur)**

Disusun Oleh:

IVAN KRISMAN PUTRA HALAWA
200310043

Seminar Proposal : 08 November 2024
Seminar Isi : 23 Mei 2025
Siding Meja Hijau : 30 Juni 2025

Disetujui Oleh:

(Ir.Simon Dertha Tarigan, M.T.)

Pembimbing

Disahkan Oleh:


(Ir.Oloan Sitohang, M.T.)
Dekan Fakultas Teknik


(Samsuardi Batubara, S.T, M.T)
Ketua Program Studi

**UJI PERMEABILITAS BENDUNGAN PLTM SEI WAMPU I BAHOROK
LANGKAT
(Studi Penelitian)**

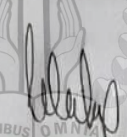
**Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
(Struktur)**


Disusun Oleh:

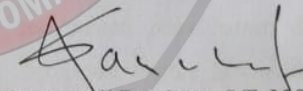
IVAN KRISMAN PUTRA HALAWA
200310043

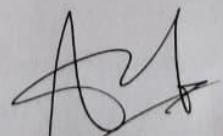
Seminar Proposal : 08 November 2024
Seminar Isi : 23 Mei 2025
Siding Meja Hijau : 30 Juni 2025

Disetujui Oleh:


(Ir. Simon Dertha Tarigan, M.T.)
Penguji I


(Ir. Martius Ginting, M.T. Si)
Penguji II


(Samsuardi Batubara, S.T, M.T.)
Penguji III


(Yohanes Sibagariang, S.T, M.Sc)
Penguji IV

ABSTRAK

Bendung harus memiliki stabilitas terhadap guling dan geser, di samping itu bendung semaksimal mungkin *imperbeable* atau memiliki permeabilitas yang sangat rendah agar bendung tidak memiliki rembesan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat permeabilitas tubuh bendung dan batuan bawah permukaan pada Bendungan PLTM Sei Wampu I di Bahorok, Kabupaten Langkat, sebagai upaya memastikan keamanan dan kestabilan struktur bendungan terhadap rembesan.

Pada penelitian ini dilakukan 7 titik uji *Packer Tets* dengan kedalaman 20 meter interval 2 meter, dan 1 titik *Cek Hole*. Sehingga hasil pengujian menunjukkan nilai pada titik P1, dan T1 *Luguen* nya (0,31 sampai 17,95) menunjukkan nilai *Lugeon* rata – rata di bawah ≤ 5 , yang menandakan tingkat permeabilitas rendah dan kondisi batuan yang relatif kedap air. Namun pada titik P2, S1, S2, T2, T3, *Leguen* nya (0,30 sampai (WL) *Water Los*) menunjukkan nilai *Lugeon* rata – rata di atas ≥ 20 , yang menandakan tingkat permeabilitas tinggi. Hal ini menunjukkan potensi rembesan air yang dapat membahayakan kestabilan bendungan. Oleh karena itu, dari hasil uji *Packer Test* diperoleh gambaran bahwa batuan dasar dan tubuh bendung memiliki nilai permeabilitas yang tinggi sehingga dilakukan pekerjaan perbaikan *Grouting*.

Grouting telah dilakukan 7 titik lobang dan 1 titik luang uji (*Cek Hole*) untuk mengetahui apakah hasil distribusi *Grouting* sudah mendapatkan hasil permeabilitas kecil. Dari hasil yang kami peroleh nilai permeabilitas nya berkurang tapi belum sepenuhnya efektif, sehingga diperlukan penambahan titik *Grouting*. Penilaian ini menjadi dasar penting dalam perencanaan pemeliharaan dan penguatan struktur bendungan agar dapat beroperasi secara aman dan berkelanjutan.

Kata kunci: Permeabilitas, Uji *Leguen*, Rembesan, *Grouting*, Stabilitas Bendungan PLTM Sei Wampu I.

KATA PENGANTAR

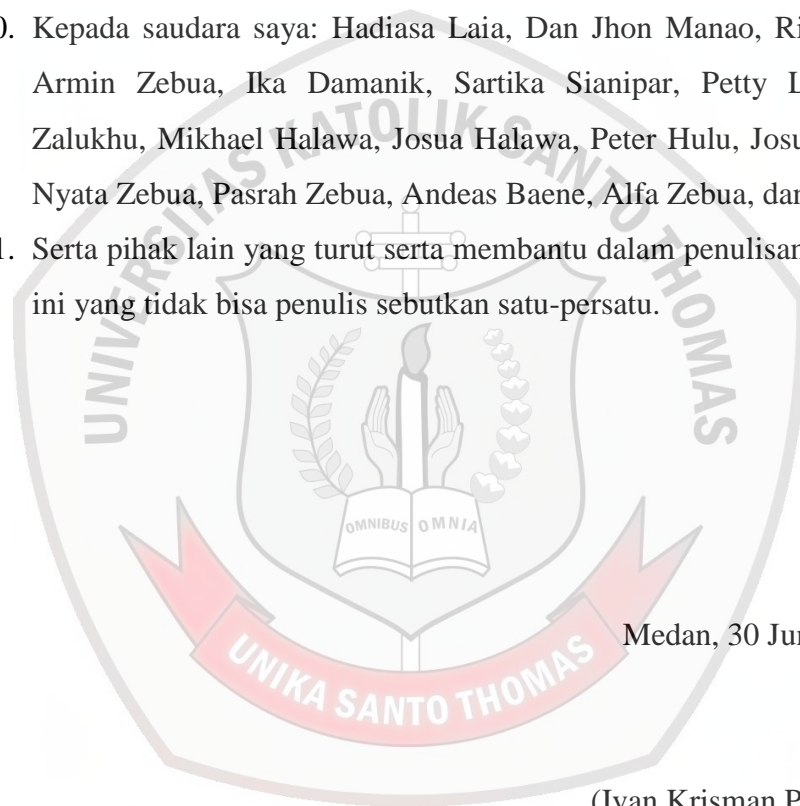
Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala kasih dan anugrah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“UJI PERMEABILITAS BENDUNGAN PLTM SEI WAMPU I BAHOROK LANGKAT”**.

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Saya menyadari bahwa, tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, berupa dukungan baik dari segi moril, material, spiritual, maupun dari segi administrasi. Penulis menyadari tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Oloan Sitohang, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
2. Bapak Ir. Samsuardi Batubara, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan, sekaligus dosen pembimbing yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. Simon Dertha Tarigan, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar dan selalu menyediakan waktu buat penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Martius Ginting, M.T.Si. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini, yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Reynaldo Siahaan, S.T, M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
6. Bapak Yohanes Sibagariang, S.T.,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini, yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Terkhusus kepada yang tercinta kedua Orang tua saya Bapak Alinudin

Halawa dan Ibu Mutiara Halawa, dan keluarga besar yang selalu membimbing, mendoakan, memotivasi, memenuhi semua kebutuhan saya dimasa perkuliahan, dan selalu mengharapkan hal-hal baik untuk masa depan saya.

8. Teman - teman se angkatan 2020 Program Studi Teknik Sipil yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas.
9. Alumni, Abang/kakak kelas dan adik-adik kelas serta rekan - rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.
10. Kepada saudara saya: Hadiansa Laia, Dan Jhon Manao, Richard Zebua, Armin Zebua, Ika Damanik, Sartika Sianipar, Petty Lingga, Wien Zalukhu, Mikhael Halawa, Josua Halawa, Peter Hulu, Josua Sibatubara, Nyata Zebua, Pasrah Zebua, Andeas Baene, Alfa Zebua, dan kawan2.
11. Serta pihak lain yang turut serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.



Medan, 30 Juni 2025

(Ivan Krisman Putra Halawa)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Bagan Alir Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bendungan.....	7
2.2 Uji Permeabilitas	8
2.2.1 Uji Permeabilitas Laboratorium.....	8
2.2.2 Uji Permeabilitas Lapangan	8
2.3 Konsep Dasar Permeabilitas	9
2.3.1 Definisi Permeabilitas	9
2.3.2 Parameter Permeabilitas	10
2.3.3 Permeabilitas Pada Struktur Bendungan	10
2.3.4 Aliran <i>Seepage</i> dan Dampaknya	10
2.3.5 Metode Pengendalian Permeabilitas	11
2.3.6 Pemantauan Permeabilitas Bendungan	11
2.4 PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro)	11
2.4.1 Prinsip Kerja PLTM.....	12
2.4.2 Kelebihan PLTM.....	12
2.4.3 Potensi PLTM di Indonesia.....	12

2.5 Alternatif Perbaikan (Repair)	15
2.5.1 <i>Waterproofing</i>	15
2.6 <i>Packer Test</i>	16
2.6.1 Prinsip Dasar <i>Packer Test</i>	17
2.6.2 Tahapan Pelaksanaan <i>Packer Test</i>	17
2.6.3 Jenis <i>Packer Test</i>	18
2.6.4 Keunggulan dan Kekurangan <i>Packer Test</i>	18
2.6.5 Aplikasi <i>Packer Test</i> di PLTM	18
2.7 Metode - Metode Perbaikan Tubuh Bendungan	19
2.7.1 Metode <i>Secant Pile Wall</i>	19
2.7.2 Metode <i>Diaphragm Wall</i>	19
2.7.3 Metode <i>Grouting</i>	20
2.8 <i>Grouting</i>	21
2.8.1 Maksud dan Tujuan <i>Grouting</i>	21
2.8.2 Macam - Macam Peralatan	21
2.8.3 Material <i>Grouting</i>	26
2.8.4 Tahapan Kegiatan	26
2.8.5 Penentuan Tekanan Maksimum	31
2.8.6 Metode Pelaksanaan <i>Grouting</i>	32

BAB III PELAKSANAAN UJI *PACKER TEST* DI LAPANGAN

3.1 Metode Penelitian	36
3.2 Lokasi Penelitian	36
3.3 Peralatan dan Bahan	37
3.4 Metode Uji Permeabilitas	38
3.4.1 Penentuan Titik Rencana Pengeboran	38
3.4.2 Pengeboran Lubang Uji	39
3.4.3 <i>Water Pressure Test</i> (WPT)	40
3.5 Metode Pelaksanaan Perbaikan <i>Grouting</i>	43
3.5.1 Umum	43
3.5.2 <i>Curtain Grouting</i>	44
3.5.3 Pengujian Lubang <i>Grouting</i>	44

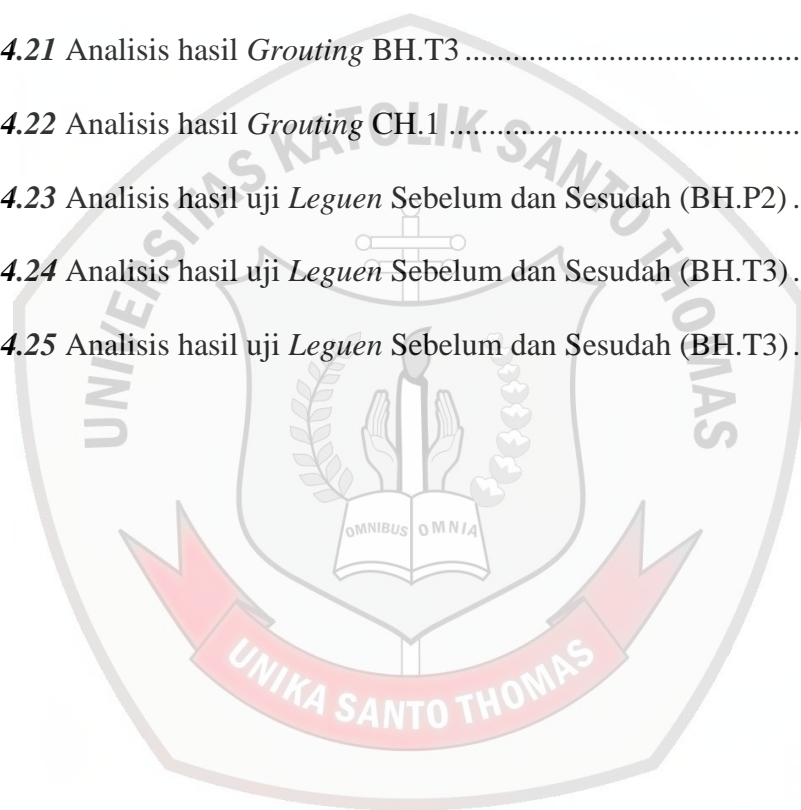
3.5.4	Lubang Grouting.....	45
3.5.5	Material <i>Grouting</i>	45
3.5.6	Pelaksanaan.....	46
3.5.7	Tekanan <i>Grouting</i>	47
3.5.8	Campuran.....	47
3.5.9	Penyelesaian <i>Grouting</i> Dalam Satu <i>Stage</i> Lubang <i>Grouting</i>	49
3.6	Rumus Perhitungan Uji Permeabilitas.....	49
3.6.1	Perhitungan Nilai <i>Lugeon</i> (LU)	49
3.6.2	Perhitungan Koefisien Permeabilitas (k).....	50
3.6.3	Perhitungan Debit Air (q).....	50
3.6.4	Perhitungan Tinggi Total	50
3.6.5	Perhitungan Average	50
3.6.6	Perhitungan Tinggi Hidrostatik.....	50
3.6.7	Perhitungan Jari - Jari Lubang	50
3.7	Interpretasi Hasil Berdasarkan Standar Permeabilitas Tanah dan Batuan Untuk Bendungan.....	51
3.7.1	Prinsip Uji <i>Leguon</i>	51
3.7.2	Penerapan dalam Uji <i>Leguon</i>	52
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisis Hasil Pengujian Permeabilitas.....	53
4.2	Pengolahan Data Hasil <i>Packer Test</i> di Lapangan.....	54
4.2.1	Data Pengeboran Pada Titik BH.P1 (0-2 m).....	54
4.3	Data Hasil Analisis Permeabilitas (<i>Leguen</i>).....	71
4.4	Data Hasil Analisis <i>Grouting</i>	75
4.5	Pembahasan	80
4.5.1	Uji Permeabilitas Sebelum dan Sesudah (<i>Cek Hole</i>)	81
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1</i> Pola Aliran Menurut Houlsby Tahun 1983.....	28
<i>Tabel 2.2</i> Tekanan <i>Water Pressure Test</i> Dan <i>Grouting</i>	32
<i>Tabel 2.3</i> Komposisi Campuran <i>Grouting</i> Terhadap Nilai <i>Lugeon</i>	34
<i>Tabel 2.4</i> Pemakaian Campuran Dan Perubahannya	34
<i>Tabel 3.1</i> Penentuan Titik Rencana Pengeboran	38
<i>Tabel 3.2</i> Tahapan Tekanan Pengujian.....	42
<i>Tabel 3.3</i> Pola Aliran Menurut Houlsby Tahun 1983.....	43
<i>Tabel 3.4</i> Tekanan <i>Grouting</i>	47
<i>Tabel 3.5</i> Komposisi Campuran <i>Grouting</i> Terhadap Nilai <i>Lugeon</i>	48
<i>Tabel 3.6</i> Pemakaian Campuran Dan Perubahannya	48
<i>Tabel 4.1</i> Hasil <i>Water Pressure Test (WPT)</i> $P_o = 1,5$ Kg	55
<i>Tabel 4.2</i> Hasil <i>Water Pressure Test (WPT)</i> $P_o = 2$ Kg	58
<i>Tabel 4.3</i> Hasil <i>Water Pressure Test (WPT)</i> $P_o = 2,5$ Kg	61
<i>Tabel 4.4</i> Hasil <i>Water Pressure Test (WPT)</i> $P_o = 2$ Kg	64
<i>Tabel 4.5</i> Hasil <i>Water Pressure Test (WPT)</i> $P_o = 1,5$ Kg	67
<i>Tabel 4.6</i> Hasil nilai uji <i>leguen</i> dan jenis aliran BH.P1 (0-2m).....	69
<i>Tabel 4.7</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.P1	71
<i>Tabel 4.8</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.P2	72
<i>Tabel 4.9</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.S1	72
<i>Tabel 4.10</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.S2	73
<i>Tabel 4.11</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.T1	73
<i>Tabel 4.12</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.T2.....	74
<i>Tabel 4.13</i> Analisis hasil uji <i>Leguen</i> BH.T3.....	74

Tabel 4.14 Analisis hasil uji <i>Leguen</i> CH.1	75
Tabel 4.15 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.P1	76
Tabel 4.16 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.P2	76
Tabel 4.17 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.S1	77
Tabel 4.18 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.S2	77
Tabel 4.19 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.T1	78
Tabel 4.20 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.T2	78
Tabel 4.21 Analisis hasil <i>Grouting</i> BH.T3	79
Tabel 4.22 Analisis hasil <i>Grouting</i> CH.1	79
Tabel 4.23 Analisis hasil uji <i>Leguen</i> Sebelum dan Sesudah (BH.P2)	81
Tabel 4.24 Analisis hasil uji <i>Leguen</i> Sebelum dan Sesudah (BH.T3)	81
Tabel 4.25 Analisis hasil uji <i>Leguen</i> Sebelum dan Sesudah (BH.T3)	82



DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1.1</i> Lay Out Bendungan PLTM Sei Wampu I Bahorok	2
<i>Gambar 1.2</i> Potongan Melintang Bendungan PLTM Sei Wampu I Bahorok.	3
<i>Gambar 2.1</i> Wawerproofing	15
<i>Gambar 2.2</i> Packer Test	16
<i>Gambar 2.3</i> Packer Test	16
<i>Gambar 2.4</i> Metode Secant Pile Wall	19
<i>Gambar 2.5</i> Metode Diaphragm.....	20
<i>Gambar 2.6</i> Metode Grouting	20
<i>Gambar 2.7</i> Rangkaian Alat Bor Pekerjaan Drilling	22
<i>Gambar 2.8</i> Valve.....	23
<i>Gambar 2.9</i> Slang Penghantar (Delivery Hose)	23
<i>Gambar 2.10</i> Pipa Injeksi (Injekction Pipe)	24
<i>Gambar 2.11</i> Grout Mixer	24
<i>Gambar 2.12</i> Grout Agitator	25
<i>Gambar 2.13</i> Rangkaian Alat Pekerjaan Grouting.....	25
<i>Gambar 2.14</i> Jenis Karet Penyekat (Packer).....	27
<i>Gambar 2.15</i> Karet Penyekat Tunggal dan Karet Penyekat Ganda.....	27
<i>Gambar 2.16</i> Parameter Perhitungan Uji Kelolosan Air (WPT)	31
<i>Gambar 2.17</i> Alur Serta Metode Grouting Upstage Dan Downstage.....	33
<i>Gambar 3.1</i> Lokasi bendungan PLTM sei wampu I bahorok langkat.....	36
<i>Gambar 3.2</i> Lay Out Bendungan PLTM Sei Wampu I Bahorok	37
<i>Gambar 3.3</i> Rangkaian Alat Pekerjaan	38
<i>Gambar 3.4</i> Penentuan Titik Rencana Pengeboran	39
<i>Gambar 3.5</i> Pengeboran Lubang Uji	40
<i>Gambar 3.6</i> Water Pressure Test (WPT)	40

Gambar 3.7 Pencampuran Bahan *Grouting*..... 44

Gambar 3.8 Pembacaan Injeksi *Grouting* 45

Gambar 3.9 Proses Penginjeksi *Grouting* 45

Gambar 3.10 Alur Serta Metode *Grouting Upstage Dan Downstage*..... 47

Gambar 4.1 Hasil Pengujian Nilai *Leguen* di Lapangan 80



DAFTAR GRAFIK

<i>Grafik 4.1</i> Korelasi antara nilai Tekanan dengan Debit air	70
<i>Grafik 4.2</i> Korelasi antara nilai Debit air dengan <i>Leguen</i>	70
<i>Grafik 4.3</i> Korelasi antara nilai Tekanan dengan <i>Leguen</i>	71



DAFTAR NOTASI

k	= Koefisien permeabilitas
Q	= Debit air
L_U	= <i>Leguen</i>
P	= Tekanan
r	= Jari - jari lobang
A	= Luas penampang lubang bor
L	= Panjang ruas uji
H	= Tinggi total
I	= Liter
V	= Volume liter
t	= Waktu pengujian
q	= Debit per satuan lebar
g	= Percepatan gravitasi
μ	= Viskositas air
At	= Area aliran total
E	= Efisiensi <i>grouting</i>
N	= Jumlah titik uji
G	= Volume <i>grouting</i>
RQD	= <i>Rock quality designation</i>
i	= Kemiringan hidraulik
π	= Konstanta rasio
h	= Tekanan hidraulik
h_1	= <i>Manometer</i>
h_3	= <i>Ground water level</i>
D_1	= <i>Packer set</i>
D_2	= <i>Depth test</i>
D	= Hole dia
h_g	= Tinggi hidrostatik
G_r	= Rasio <i>grouting</i>
Q_t	= Debit total injeksi
t_s	= Waktu stabilitas

SG = *Specific gravity*

C = *Cement*

W = *Air*

P_o = *Pressure gauge*

P_1 = *Tekanan 1bar*

h_t = *Total head*

T_s = *Tekanan stabil*

γ_w = *Berat jenis air*

ρ = *Massa jenis air*

W_L = *Water loss*



DAFTAR PUSTAKA

- JRSDD, Edisi Desember 2021, Vol.9, No.4, Hal: 910-920(p-ISSN:2303-0011)(e-ISSN:2715-0690).
- Penentuan Koefisien Hidraulik pada Tapak NSD, *Serpong*, Berdasarkan Metoda Uji Permeabilitas *In-Situ* Oleh: Heri Syaeful, Sucipta.
- SNI 03-2411-1991, Metode pengujian lapangan tentang kelulusan air bertekanan. USBR E-18 : *Field Permeability Test* in Boreholes.
- PUPR, K. (2005). Pedoman Grouting untuk Bendungan.
- Kamiruddin, A., Chalid, A., Sulaeman, A., Siregar, C., A., (2022). Pengaruh Permeabilitas Terhadap Stabilitas Keamanan Bendungan Gunungrowo. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 313 - 327.
<https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4648>
- Badan Standardisasi Nasional. 1991. Tata Cara Pelaksanaan Injeksi Semen Pada Batuan (SNI 03-2393-1991). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- PUPR, K. (2005). Pedoman Grouting untuk Bendungan. Purwanto, P. I., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2017). Analisa Keruntuhan Kabupaten Trenggalek. *Bendungan Jurnal Tugu Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 8(2), 222–230.
- Kurniawan, dkk. 2019. Pengaruh Nilai Lugeon (Lv) Pada Test Grouting Proyek Pembangunan Waduk Gongseng Di Kabupaten Bojonegoro. *Universitas Muhammadiyah Surabaya*. Vol. 4, No. 2. ISSN : 2541-0318.
- Anggraeni, Sari Dian. 2018. Metode Pelaksanaan dan Evaluasi Efektivitas Grouting pada Proyek Pembangunan Karian Multi Purpose DAM Banten. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

