



**METODE PELAKSANAAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN PONDASI
DENGAN METODE GROUTING (STUDI KASUS: PROYEK
PEMBANGUNAN BENDUNGAN BERINGIN SILA PAKET II
KABUPATEN SUMBAWA, NUSA TENGGARA BARAT)**

PROYEK AKHIR

Oleh

Bayu Setyo Prayogo

NIM. 171903103003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**METODE PELAKSANAAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN PONDASI
DENGAN METODE GROUTING (STUDI KASUS: PROYEK
PEMBANGUNAN BENDUNGAN BERINGIN SILA PAKET II
KABUPATEN SUMBAWA, NUSA TENGGARA BARAT)**

PROYEK AKHIR

Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat guna menempuh dan menyelesaikan
Proyek Akhir Program Studi D3 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Setelah perjalanan yang panjang selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Jember. Akhirnya, saya persembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua orang tuaku, ibunda tercinta Wiwit Sulistyio Wati yang senantiasa selalu mendoakan setiap langkah yang saya tempuh serta almarhum ayah tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan hingga akhir hayatnya.
2. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T., dan Luthfi Amri Wicaksono, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dan sepenuh hati selalu membimbing saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
4. PT. Nindya Karya yang telah banyak memberi informasi beserta data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Pembaca, semoga untuk kedepannya dapat bermanfaat dan berkembang lagi mengenai pembahasan tugas akhir saya.

MOTO

*Hanya kepada Engkau-lah kami menyembah dan hanya kepada Engkau-lah
kami memohon pertolongan*

(Terjemahan Surat *Al-Fatihah* ayat 5)* *Allah tempat meminta segala sesuatu*

(Terjemahan Surat *Al-Ikhlâs* ayah 2)**



*) Departemen Agama Republik Indonesia.2004. *Al Quran dan Terjemahannya*.
Bandung: CV. Penerbit Jumanatul Ali-Art.

*) Departemen Agama Republik Indonesia.2004. *Al Quran dan Terjemahannya*.
Bandung: CV. Penerbit Jumanatul Ali-Art.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bayu Setyo Prayogo

NIM : 171903103003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Metode Pelaksanaan Efektivitas Perbaikan Pondasi Dengan Metode Grouting (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila Paket II Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Sumbawa, 20 Juli 2020

Yang menyatakan,



Bayu Setyo Prayogo

NIM. 171903103003

PROYEK AKHIR

**METODE PELAKSANAAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN
PONDASI DENGAN METODE GROUTING (STUDI KASUS:
PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BERINGIN SILA
PAKET II KABUPATEN SUMBAWA, NUSA TENGGARA
BARAT)**

Oleh

Bayu Setyo Prayogo
NIM 171903103003

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T
Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T

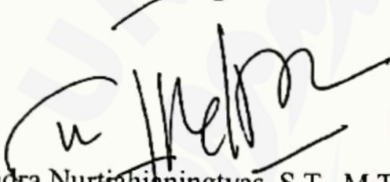
HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir yang berjudul “Metode Pelaksanaan Efektivitas Perbaikan Pondasi Dengan Metode Grouting (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila Paket II Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)” setelah diuji dan di sahkan pada :


Hari : Senin
Tanggal : 20 Juli 2020
Tempat : Jember

Tim Pembimbing :

Pembimbing Utama



Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.
NIP 197010241998032001

Pembimbing Anggota



Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T
NIP 760016771

Tim Penguji :

Penguji 1

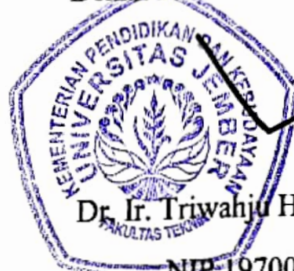

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP 197310151998021001

Penguji 2


Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.
NIP 199006062019031022

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP 197008261997021001

RINGKASAN

Metode Pelaksanaan Efektivitas Perbaikan Pondasi Dengan Metode Grouting (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila Paket II Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat); Bayu Setyo Prayogo, 171903103003; 2020; 72 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Kabupaten Sumbawa dibagi menjadi dua bagian pengerjaan, yakni paket 1 dikerjakan oleh PT Brantas Abipraya kerjasama operasional (KSO) PT Mina, dan paket 2 dikerjakan oleh PT Nindya Karya kerjasama operasional (KSO) PT Bunga Raya Lestari. Pada paket 2, item pekerjaan Bendungan Beringin Sila meliputi bangunan *spillway* (pelimpah), bangunan fasilitas, dan jalan akses.

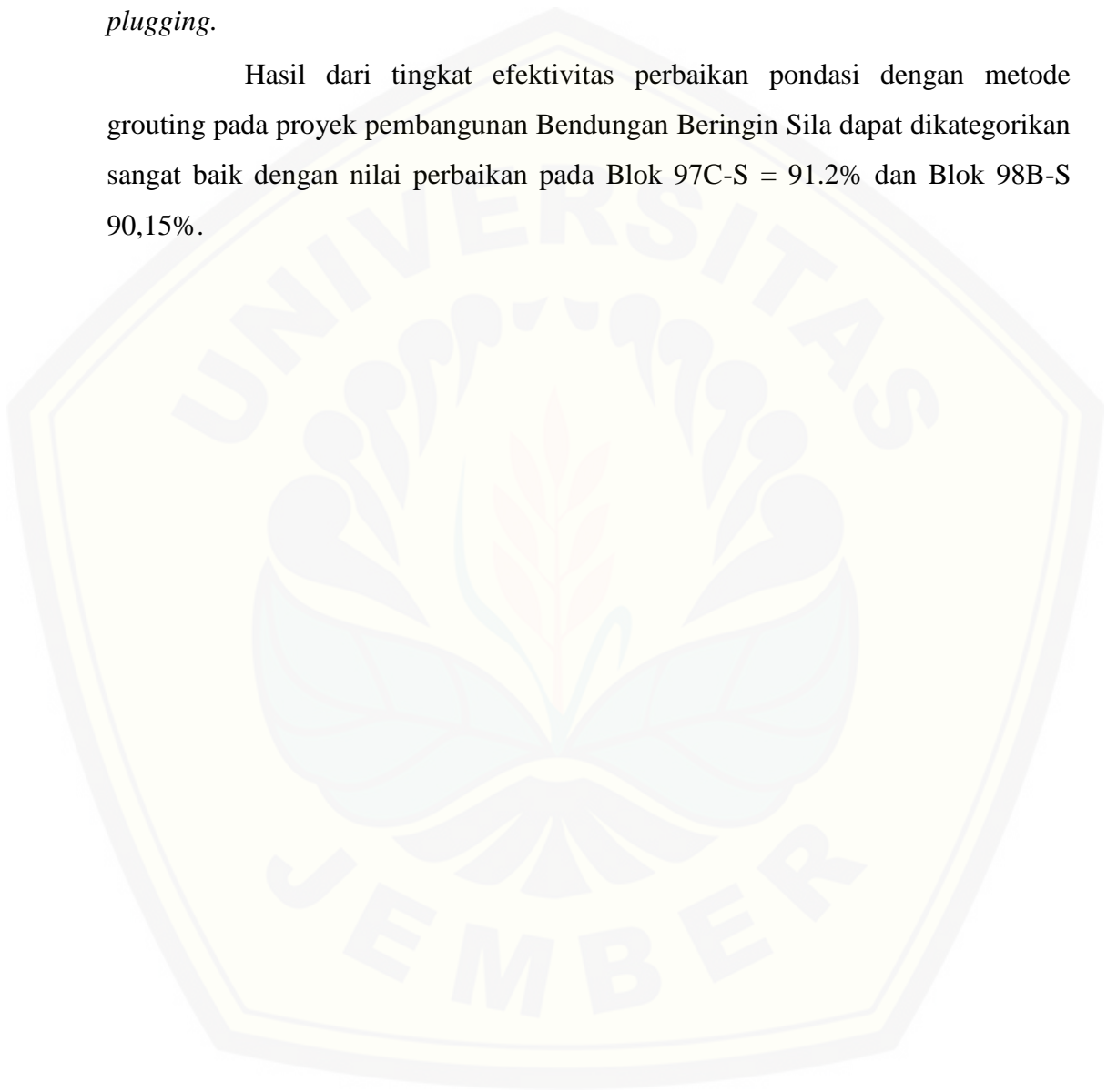
Sesuai dengan salah satu syarat dalam perencanaan pembangunan sebuah bendungan maka angka permeabilitas atau nilai lugeon menjadi acuan dalam menentukan kelayakan sebuah bendungan. Nilai lugeon untuk bendungan berkisar antara 1 sampai dengan 5. Untuk memenuhi syarat tersebut salah satunya dilakukan perbaikan pondasi dengan metode grouting.

Metode grouting adalah pekerjaan mengisi rongga dan retakan pada batuan pondasi dengan menginjeksikan campuran semen dan air dengan tekanan yang disesuaikan. Untuk mengetahui metode pelaksanaan dan efektivitas dari metode grouting, maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam.

Penelitian ini dilakukan pada semester genap 2019-2020 atau lebih tepatnya pada bulan Mei 2020 di lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kabupaten Sumbawa Nusa Tenggara Barat. Berdasarkan pengamatan pekerjaan grouting, metode kerja grouting diawali dengan pekerjaan grouting tes untuk menentukan pola, jarak dan kedalaman lubang grouting sehingga dapat dibuat gambar kerja. Pekerjaan grouting di lapangan diawali dengan pekerjaan *drilling* dan dilanjutkan pekerjaan *water pressure test* (WPT) untuk mencari nilai lugeon, nilai lugeon ini yang menentukan pekerjaan injeksi semen atau grouting.

Apabila nilai lugeon < 3 , maka tidak perlu dilakukan injeksi semen grouting dan apabila nilai lugeon > 3 maka dilakukan injeksi semen dengan perbandingan rasio semen dan air sesuai dengan nilai lugeon tersebut. Setelah proses pekerjaan grouting selesai, maka dilakukan penutupan lubang grouting yang dinamakan *plugging*.

Hasil dari tingkat efektivitas perbaikan pondasi dengan metode grouting pada proyek pembangunan Bendungan Beringin Sila dapat dikategorikan sangat baik dengan nilai perbaikan pada Blok 97C-S = 91.2% dan Blok 98B-S 90,15%.



SUMMARY

Methods of Implementing the Effectiveness of Repairing Foundations with the Grouting Method (Case Study: Construction of the Beringin Sila Dam Package Project II Sumbawa Regency, West Nusa Tenggara); Bayu Setyo Prayogo, 171903103003; 2020; 72 pages; Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

The Beringin Sila Dam Construction Project in Sumbawa Regency is divided into two parts, namely package 1 is done by PT Brantas Abipraya operational cooperation (KSO) of PT Mina, and package 2 is done by PT Nindya Karya operational cooperation (KSO) of PT Bunga Raya Lestari. In package 2, the work items for the Beringin Sila Dam include a spillway building, building facilities and an access road.

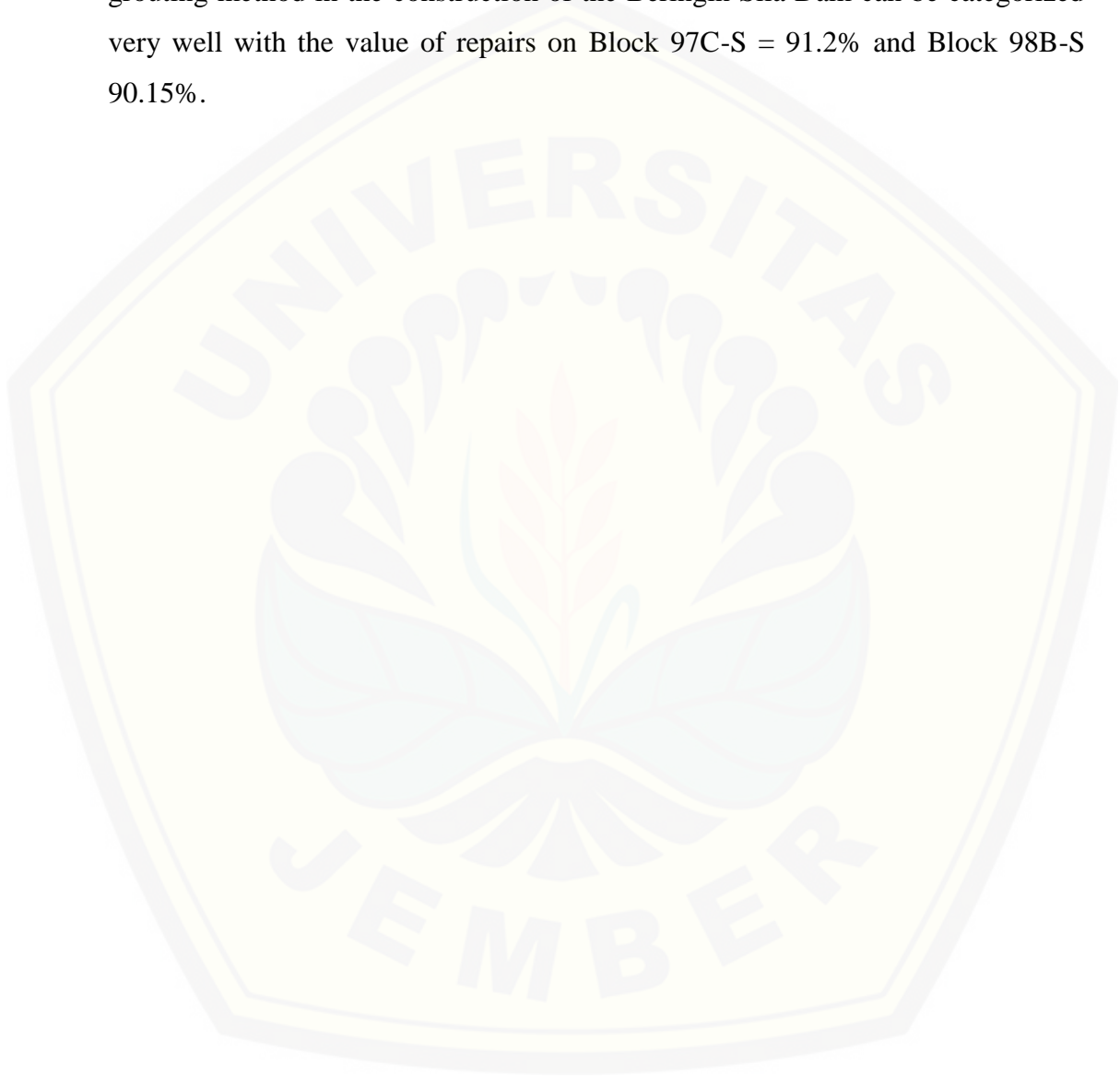
In accordance with one of the requirements in planning the construction of a dam, the permeability rate or lugeon value becomes a reference in determining the feasibility of a dam. Lugeon values for dams range from 1 to 5. To meet these requirements, one of them is to repair the foundation using the grouting method.

The grouting method is the work of filling cavities and cracks in foundation rocks by injecting a mixture of cement and water with an adjustable pressure. To find out the method of implementation and the effectiveness of the grouting method, it is necessary to do more in-depth research.

This research was conducted in the even semester 2019-2020 or more precisely in May 2020 at the location of the Beringin Sila Dam Construction Project, Sumbawa Regency, West Nusa Tenggara. Based on observations of the grouting work, the grouting work method begins with the grouting test work to determine the pattern, distance and depth of the grouting hole so that a working drawing can be created. Grouting work in the field begins with drilling work and continues with water pressure test (WPT) work to find the value of lugeon, the value of this lugeon determines the work of injection of cement or grouting. If the lugeon value is < 3 , then there is no need to do grouting cement injection and if the lugeon

value is maka 3 then a cement injection is made with a ratio of cement to water according to the lugeon value. After the grouting process is finished, closing the grouting hole is called plugging.

The results of the effectiveness of the repair of the foundation with the grouting method in the construction of the Beringin Sila Dam can be categorized very well with the value of repairs on Block 97C-S = 91.2% and Block 98B-S 90.15%.



PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Metode Pelaksanaan Efektivitas Perbaikan Pondasi Dengan Metode Grouting (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila Paket II Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)”. Proyek akhir ini disusun guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan program studi diploma tiga (D3) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu saya Wiwit Sulisty Wati yang selalu memberikan kasih sayang dan ayah saya almarhum Muhammad Muji yang juga selalu memberikan kasih sayang hingga akhir hayatnya.
2. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran serta sangat sabar guna terselesaikannya proyek akhir ini.
3. Bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatian guna terselesaikannya proyek akhir ini.
4. Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T dan bapak Dwi Nurtanto, S.T.,M.T selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Ibu Anita Trisiana S.T.,M.T selaku dosen pembimbing akademik saya yang selalu sabar untuk membimbing dan memberi semangat guna terselesaikannya proyek akhir ini.
6. Seluruh jajaran PT. Nindya Karya yang membantu menyediakan data serta ilmu demi terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Sahabat saya Ariska Indahsari, Leny, Zuyyina, Septya Indra Monicasari, Fitriya Ulinnuha, Salsabilla Firyal Luqyana, Anita Sri Pratiwi, Farah Sal

Sabillah, Fandy Ompong, Felix, Farcha, Adit, M. Alfin Nur, Gala Ridha, Hasib dan kawan-kawan semua Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu membantu serta menemani hingga terselesaikannya skripsi ini.

8. Sahabat-sahabat saya dari Baswara 17, seluruh kakak maupun adik tingkat Teknik Sipil, dan kontraan mastrip yang menemani saya dalam masa perkuliahan.
9. Saudara-saudara seperjuangan dari Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia yang selalu menemani dalam suka dan duka.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
11. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi dapat bermanfaat.

Jember, Penulis

DAFTAR ISI

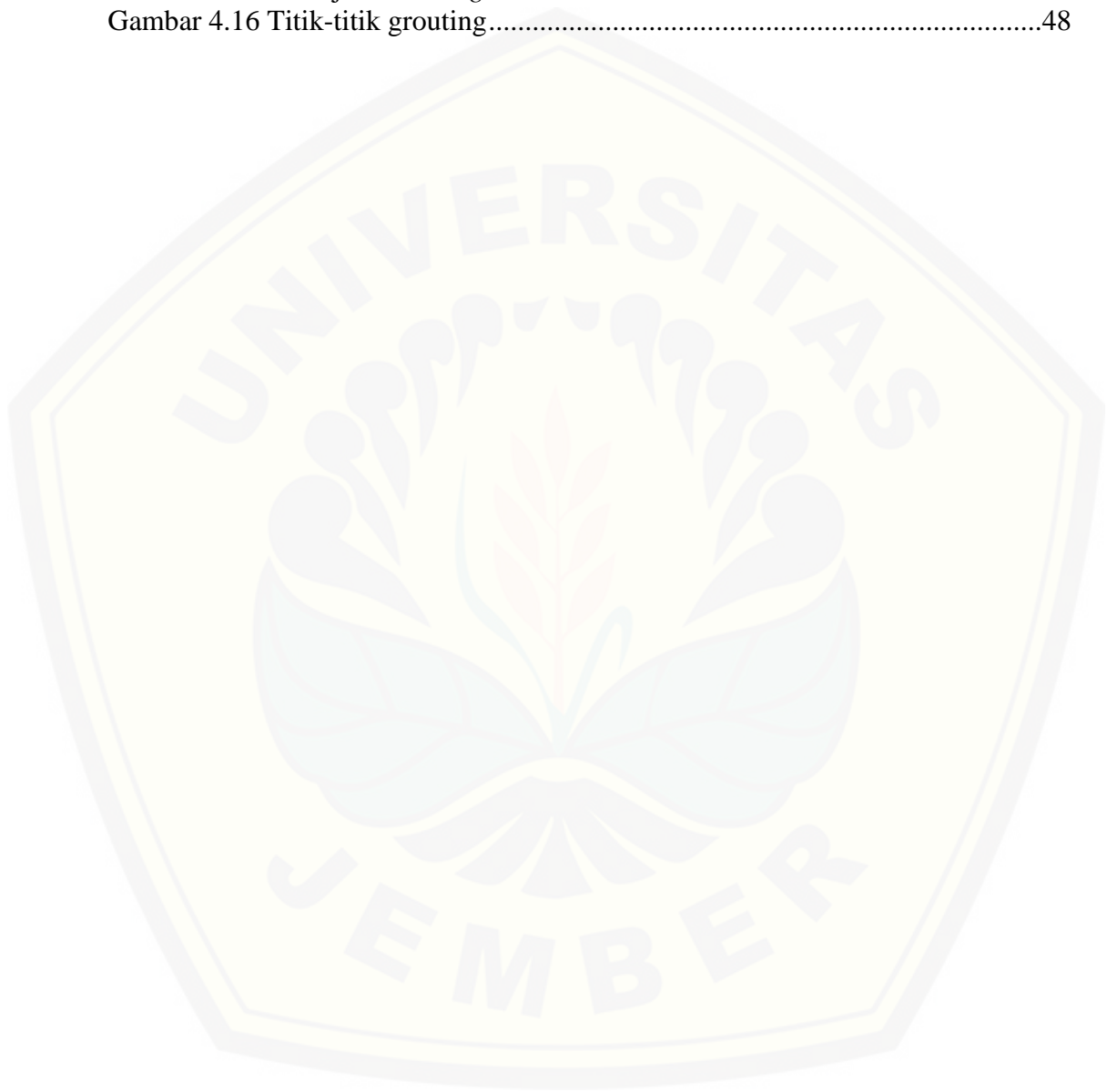
	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Bendungan.....	4
2.1.1 Fungsi Bendungan.....	5
2.1.2 Macam Bendungan dan Jenis Pondasi.....	6
2.1.3 Galian Pondasi Bendungan	10
2.1.4 Loading (Pemuatan).....	12
2.2 Grouting	12

2.3	Metode Kerja Grouting di Lapangan.....	14
2.3.1	Material	14
2.3.2	Peralatan	16
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1	Lokasi Penelitian	30
3.2	Waktu Penelitian	31
3.3	Tinjauan Pustaka.....	31
3.4	Metode Pengumpulan Data	31
3.5	Tahapan Penelitian	33
3.6	Tabel Rencana Proyek Akhir	35
BAB 4.	PEMBAHASAN	36
4.1	Metode Pelaksanaan.....	36
4.1.1	Pekerjaan <i>Drilling</i> (Pemboran).....	36
4.1.2	Pekerjaan <i>Water Pressure Test</i> (WPT)	41
4.1.3	Pekerjaan Injeksi Semen (Grouting).....	45
4.1.4	Pekerjaan Penutupan Lubang Grouting (<i>Plugging</i>).....	47
4.2	Efektivitas Perbaikan Pondasi Metode Grouting.....	48
4.2.1	Hasil Test WPT (Lugeon Tes).....	49
4.2.2	Evaluasi Efektivitas Grouting	54
BAB 5.	PENUTUP	56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA57
LAMPIRAN.....		.58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampak bangunan bendungan.....	5
Gambar 2.2 Bangunan bendungan urugan.....	7
Gambar 2.3 Bangunan bendungan beton.....	9
Gambar 2.4 Injeksi semen.....	14
Gambar 2.5 Material semen.....	15
Gambar 2.6 Tandon berisi material air.....	15
Gambar 2.7 Material pasir.....	16
Gambar 2.8 Mesin bor tipe spindle hidrolik.....	17
Gambar 2.9 Stang bor.....	17
Gambar 2.10 Tabung penginti (<i>Core Barrel</i>).....	18
Gambar 2.11 Mata bor.....	18
Gambar 2.12 Selang penghantar.....	19
Gambar 2.13 <i>Bypass</i>	20
Gambar 2.14 <i>Manometer Pressure</i>	20
Gambar 2.15 <i>Flow meter</i>	21
Gambar 2.16 <i>Air Packer</i> dan mekanik paker.....	21
Gambar 2.17 Pompa air.....	22
Gambar 2.18 Kompresor udara.....	22
Gambar 2.19 Stang.....	23
Gambar 2.20 Kran.....	23
Gambar 2.21 Selang penghantar.....	24
Gambar 2.22 Bak air (Tandon).....	24
Gambar 2.23 <i>Grout Mixer</i> dan mesin diesel.....	25
Gambar 2.24 Mesin diesel.....	25
Gambar 2.25 <i>Grout pump</i>	26
Gambar 2.26 <i>Hopper</i>	26
Gambar 2.27 Timbangan.....	27
Gambar 2.28 Selang penghantar.....	27
Gambar 2.29 Bak air (Tandon).....	28
Gambar 2.30 <i>Air packer</i>	28
Gambar 2.31 Stang.....	29
Gambar 3.1 Lokasi proyek Bendungan Beringin Sila Kabupaten Sumbawa.....	30
Gambar 3.2 Lokasi proyek Bendungan Beringin Sila di Sumbawa, NTB.....	30
Gambar 3.3 Lokasi grouting.....	31
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> penelitian proyek akhir.....	34
Gambar 4.1 Denah titik grouting yang dibahas.....	36
Gambar 4.2 Titik grouting.....	37
Gambar 4.3 Urutan kerja pilot hole.....	38
Gambar 4.4 Urutan kerja check hole.....	38
Gambar 4.5 <i>Drilling</i> check hole.....	38
Gambar 4.6 Sampel batuan.....	39
Gambar 4.7 Urutan kerja <i>rotarry drilling</i>	39
Gambar 4.8 Penandaan titik di lapangan.....	40
Gambar 4.9 Pekerjaan <i>drilling</i>	41

Gambar 4.10 Pekerjaan <i>water pressure test</i>	41
Gambar 4.11 <i>Pressure gauge</i>	42
Gambar 4.12 WPT menggunakan mekanik <i>packer</i>	43
Gambar 4.13 WPT Menggunakan <i>Air Packer</i>	44
Gambar 4.14 Penimbangan semen grouting	46
Gambar 4.15 Pekerjaan <i>Mixxing</i>	47
Gambar 4.16 Titik-titik grouting.....	48



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana proyek akhir.....	35
Tabel 4.1 Perbandingan campuran semen dan air.....	45
Tabel 4.2 Kategori efektivitas grouting	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pencatatan Data Pekerjaan <i>Drilling</i> (Pengeboran) Blok 97C-S	58
Lampiran 2 Pencatatan Data Pekerjaan <i>Water Pressure Test</i> (WPT) Blok 97C-S	59
Lampiran 3 Pencatatan Data Pekerjaan Grouting Blok 97C-S	60
Lampiran 4 Pencatatan Data Pekerjaan <i>Drilling</i> (Pengeboran) Blok 98B-S	61
Lampiran 5 Pencatatan Data Pekerjaan <i>Water Pressure Test</i> (WPT) Blok 97B-S	62
Lampiran 6 Pencatatan Data Pekerjaan Grouting Blok 98B-S	63



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendungan merupakan konstruksi bangunan air, dimana dalam perencanaannya menggunakan berbagai bidang ilmu, seperti ilmu hidrologi, geologio, hidrolika, irigasi, pondasi, dan ilmu lingkungan untuk menganalisis dampak lingkungan dalam pembangunan sebuah bendungan. (Eliner dan Edward, 2019: 1-2)

Bangunan bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain yang spesifik. Bagian utama bendungan salah satunya yaitu pondasi, pondasi adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk menjaga kekokohan bendungan. Dan bagian ini perlu perhitungan konstruksi yang teliti untuk menentukan ukuran bendungan agar mampu menahan beban yang bekerja di atasnya.

Bendungan memiliki potensi permasalahan yang sangat besar, yaitu dampak dari proses pekerjaan konstruksi bendungan dan paska pekerjaan konstruksi atau masa pemanfaatan dari bendungan tersebut. Kegagalan dan kerusakan pada bendungan salah satunya erosi akibat mengalirnya air dari celah-celah tanah batuan pada pondasi. Apabila air dari bendungan merembes melalui pondasi bendungan urugan yang terdiri atas material tanah yang dipadatkan, maka tekanan hidroliknya akan didistribusikan pada tegangan pori yang merupakan pengikat antar butiran material. (Azdan dan Samekto, 2008)

Bendungan Beringin Sila yang berada di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa Besar merupakan bendungan yang mempunyai tubuh bendungan dari material yang di padatkan. Proyek Bendungan ini dibuat dengan tujuan sebagai sarana irigasi pertanian sebagai sumber air baku untuk masyarakat Kecamatan Utan.

Dalam perencanaan pembangunan sebuah bendungan angka permeabilitas atau nilai lugeon menjadi acuan dalam menentukan sebuah kelayakan pembangunan bendungan. Di dalam “Buku Pedoman Grouting untuk Bendungan” di sebutkan bahwa syarat angka permeabilitas (k) adalah $k \leq n \times 10^{-5}$

cm/detik dan nilai lugeon untuk pembangunan sebuah bendungan berkisar antara 1 sampai dengan 5. Untuk memenuhi syarat tersebut salah satunya dilakukan perbaikan pondasi dengan metode grouting. (Dody Setiawan, 2014: 10)

Metode grouting adalah pekerjaan mengisi rongga dan retakan pada batuan pondasi dengan menginjeksikan campuran semen dan air dengan tekanan yang disesuaikan. Metode grouting yang telah dilakukan yaitu terdiri dari campuran antara air dan semen, perbandingan campuran semen dan air ini sangat tergantung pada permeabilitas batuan dan kondisi batuan. Untuk mengetahui metode pelaksanaan dan efektivitas dari metode grouting, maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan Grouting pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Kabupaten Sumbawa?
2. Bagaimana efektivitas dari metode pelaksanaan pekerjaan Grouting pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Kabupaten Sumbawa?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diketahui tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui metode pelaksanaan pekerjaan Grouting pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila
2. Untuk mengetahui efektivitas dari metode pelaksanaan pekerjaan Grouting pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila

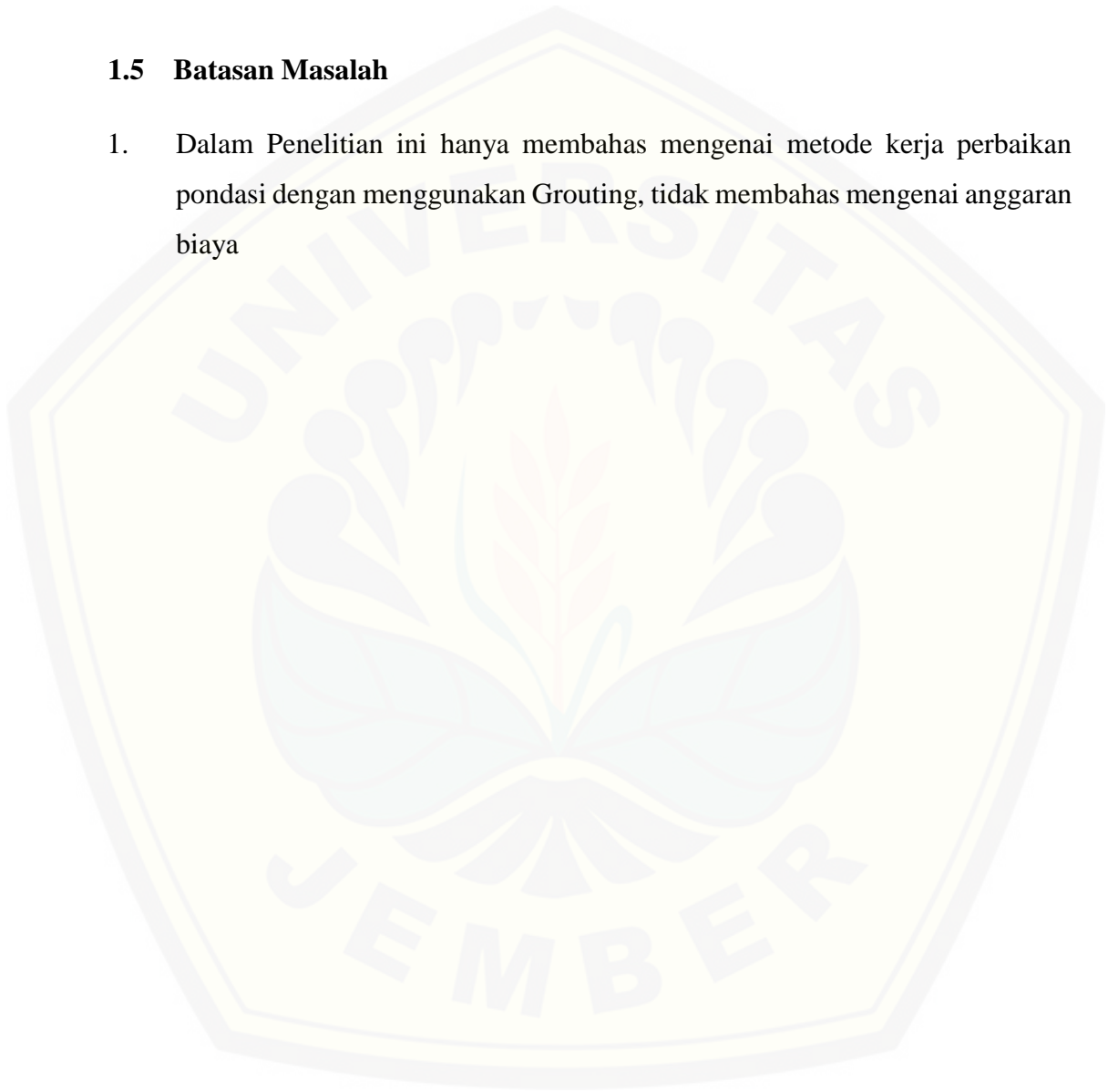
1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalaah sebagai berikut :

1. Memberi informasi mengenai metode kerja perbaikan pondasi bendungan dengan menggunakan Grouting
2. Menambah wawasan pengetahuan mengenai efektivitas metode kerja perbaikan pondasi bendungan dengan menggunakan Grouting

1.5 Batasan Masalah

1. Dalam Penelitian ini hanya membahas mengenai metode kerja perbaikan pondasi dengan menggunakan Grouting, tidak membahas mengenai anggaran biaya



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bendungan

Bendungan adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi danau, waduk, atau tempat rekreasi. Kata bendungan dapat ditelusuri kembali ke Inggris dan Belanda di abad pertengahan, seperti terlihat pada nama-nama dari banyak kota tua. Pembangunan bendungan paling awal terjadi di Mesopotamia dan Timur Tengah. Bendungan di Mesopotamia digunakan untuk mengontrol tingkat air dikarenakan pengaruh cuaca di sekitar sungai Eufrat dan Tigris yang bisa sangat tidak terduga.

Bendungan merupakan konstruksi bangunan air, dimana dalam perencanaannya menggunakan berbagai bidang ilmu, seperti ilmu hidrologi, geologi, hidrolika, irigasi, pondasi, dan ilmu lingkungan untuk menganalisis dampak lingkungan dalam pembangunan sebuah bendungan. Disamping bermanfaat untuk memenuhi berbagai kebutuhan bagi manusia, bendungan juga menyimpan potensi bahaya yang sangat besar, apabila tidak dikelola dengan baik bendungan tersebut bisa runtuh sehingga menyebabkan kerugian jiwa, materi dan hancurnya infrastruktur yang ada di daerah hilir. (Eliner dan Edward, 2019: 1-2)

Bendungan memiliki potensi permasalahan yang sangat besar, yaitu dampak dari proses pekerjaan konstruksi bendungan dan paska pekerjaan konstruksi atau masa pemanfaatan dari bendungan tersebut. Kegagalan dan kerusakan pada bendungan salah satunya erosi akibat mengalirnya air dari celah-celah tanah batuan pada pondasi. Apabila air dari bendungan merembes melalui pondasi bendungan urugan yang terdiri atas material tanah yang dipadatkan, maka tekanan hidroliknya akan didistribusikan pada tegangan pori yang merupakan pengikat antar butiran material. (Azdan dan Samekto, 2008)

Bagian bendungan yang berfungsi menghalang air adalah badan bendungan. Bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain yang spesifik. Bagian utama bendungan salah satunya yaitu pondasi, pondasi adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk menjaga kekokohan bendungan. Dan bagian ini perlu perhitungan konstruksi yang teliti untuk

menentukan ukuran bendungan agar mampu menahan beban yang bekerja di atasnya.



Gambar 2.1 Tampak bangunan bendungan

2.1.1 Fungsi Bendungan

Pembangunan bendungan memiliki tujuan sebagai penyediaan air untuk sarana irigasi pertanian ataupun sebagai persediaan air, meningkatkan kualitas navigasi, sebagai penampungan air untuk memasok cadangan kebutuhan air bagi industri, menghasilkan listrik bertenaga air, sebagai area rekreasi, wilayah bagi perikanan, menahan aliran air pada musim hujan untuk mengurangi resiko banjir pada daerah hilir, ataupun untuk mencegah aliran limbah dari pabrik ataupun dari pertambangan mengalir hingga ke sungai. Bendungan juga memiliki pintu air, sehingga dapat mengatur atau membuang air yang tidak diinginkan secara perlahan atau berkelanjutan sehingga tidak mengakibatkan tertampungnya air secara berlebih di daerah hilir.

Beberapa bendungan juga dapat berfungsi sebagai jembatan bagi pejalan kaki ataupun pengguna kendaraan bermotor di seberang sungai. Ketika penggunaan bendungan dikombinasikan dengan sumber tenaga yang sifatnya sebentar-sebentar seperti angin atau matahari, bendungan dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan air bertekanan untuk memfasilitasi pengurangan beban dasar

dari jaringan tenaga listrik. Beberapa bendungan memiliki semua tujuan ini tetapi beberapa bendungan serbaguna memiliki lebih dari satu tujuan. Berikut adalah bendungan bersama fungsinya :

1. Bendungan pengelak pendahuluan atau *primary coffer dam* adalah bendungan yang pertama-tama dibangun pada sungai yang mempunyai debit air rendah agar lokasi rencana bendungan pengelak menjadi kering yang memungkinkan pembangunan secara teknis
2. Bendungan pengelak *coffer dam* adalah bendungan yang dibangun sesudah selesainya bendungan pengelak pendahuluan sehingga lokasi rencana bendungan utama menjadi kering, kondisi ini memungkinkan pembangunan secara teknis
3. Bendungan utama atau main dam adalah bendungan yang dibangun untuk satu atau lebih tujuan tertentu
4. Bendungan *high level dam* adalah bendungan yang terletak di sisi kiri atau kanan bendungan utama, memiliki tinggi yang sama
5. Bendungan di tempat rendah/*sadlle dam*, adalah bendungan yang terletak di tepi bendungan yang jauh dari bendungan utama yang dibangun untuk mencegah keluarnya air dari bendungan, sehingga air tidak mengalir ke daerah sekitarnya
6. Tanggul merupakan bendungan yang terletak di sisi kiri atau kanan bendungan utama, di tempat dari bendungan utama yang tinggi maksimum 5 m dengan panjang mercu maksimum 5 kali tingginya
7. Bendungan limbah industri merupakan bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan limbah yang berasal dari industri
8. Bendungan pertambangan/*main tailing dam* adalah bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan hasil galian pertambangan dan bahan pembuatannya berasal dari hasil galian pertambangan

2.1.2 Macam Bendungan dan Jenis Pondasi

Macam bendungan besar sebagai penampung air dengan ketinggian lebih dari 15,00 m secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, dimana

tergantung dari faktor kegunaannya, pondasi, dan ketersediaan material, antara lain sebagai berikut:

- a) Bendungan urugan
- b) Bendungan beton (gravitasi)
- c) Bendungan beton dengan bentuk lengkung.



Gambar 2.2 Bangunan bendungan urugan

Syarat utama pondasi ketiga macam bendungan ini harus mampu menahan beban konstruksi di atasnya atau daya dukungnya cukup, dan rembesan yang timbul masih memenuhi syarat.

a. Bendungan Urugan

Bidang dasar kontak langsung dengan pondasi cukup luas, sehingga gaya beban yang didistribusi pondasi persatuan luas akan kecil kecil. Bendungan urugan bisa dibangun di berbagai jenis pondasi batuan, aluvial maupun tanah. Pada pondasi berupa batuan endapan sungai/aluvial perlu diperhatikan daya dukungnya, fenomena likuifaksi pada waktu ada gempa dan air rembesan yang besar.

Pada pondasi tanah perlu ditinjau daya dukung, daya geser / shearing strength, bahaya longsor terutama dengan adanya gempa, dan penurunan dalam jangka panjang. Macam perbaikan pondasi yang ditrapkan adalah penggalian pondasi, perbaikan permukaan pondasi serta grouting tirai, blanket dan slush grouting, disertai dengan konstruksi drainase dihilir tirai, *cut off trench* (digali dan diganti dengan tanah yang baik), atau di diaphragm wall.

b. Bendungan Beton Gravitasi

Perlu ditinjau daya dukung pondasi, mengingat berat sendiri bendungan beton gravitasi cukup besar dan bidang kontak dengan pondasi tidak begitu luas sehingga beban yang didistribusikan pondasi per satuan luas cukup besar. Selain itu stabilitas guling dan geser dari konstruksi bendungan ini harus ditinjau mengingat gaya-gaya horisontal dan gaya gempa ditambah gaya uplift harus dapat diimbangi dengan berat sendiri.

Jenis pondasi yang sesuai adalah batuan beku, sebagai contoh seperti batuan granit, dimana berupa batuan intrusif, tekstur berbutir dan struktur masif, dalam kondisi segar (tidak lapuk) daya dukung dan geser cukup baik untuk pondasi ini. Perbaikan pondasi dilakukan dengan galian seluruh batuan lapuk, perbaikan permukaan pondasi, selanjutnya grouting tirai dan grouting konsolidasi sehingga daya dukung dan daya rembesannya memenuhi syarat.

c. Bendungan Beton Lengkung

Abutmen tebing kiri dan kanan serta dasar pondasi harus kuat, karena bentuknya yang pipih dan lengkung, sebagian besar gaya bertumpu pada abutmen. Pondasi yang sesuai adalah batuan beku atau batuan metamorfosa, dimana berasal dari batuan yang membeku atau batuan sedimen yang termetamorf.

Perbaikan pondasi dilakukan dengan galian seluruh batuan lapuk, perbaikan permukaan pondasi, kekar-kekar dan sesar-sesar yang lebar diperbaiki dengan dental concrete bila perlu dengan beton bertulang dan selanjutnya grouting tirai serta grouting konsolidasi.



Gambar 2.3 Bangunan bendungan beton

Berdasarkan karakteristik geologisnya pondasi bendungan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Pondasi Batuan (*Rock Foundation*).

Rock foundation merupakan pondasi pada massa batuan yang memiliki daya dukung yang baik, walaupun biasanya terdapat pelapukan-pelapukan pada lapisan di atasnya. Daya dukung umumnya baik tergantung kekerasan material penyusun, derajat pelapukan, tingkat kompaksi dan jenis sementasinya. Kecedapannya tergantung angka pori, permeabilitas dan jarak/spasi retakannya. Sering dijumpai cacat batuan bawaan, berupa kekar, retakan, rekahan dan juga rongga-rongga terutama pada batu gamping. Bidang-bidang diskontinuitas seperti lipatan, patahan/sesar dan ketidak selarasan sering merupakan zona lemah dalam stabilitas maupun kekedapan.

Pada pondasi yang memiliki struktur batuan biasanya digunakan perbaikan pondasi dengan metode grouting, karena grouting dapat menjangkau kedalaman 5 m hingga 100 m tanpa perlu penggalian yang memerlukan alat berat berlebih, tetapi cukup dilakukan pengeboran dari permukaan.

2. Pondasi Pasir dan Kerikil (*Sand & Gravel Foundation*).

Terdiri massa pasir dan kerikil yang lepas atau tidak terkonsolidasi dan tidak terikat oleh semen. Daya dukung tergantung pada distribusi batuan penyusun, kandungan partikel halus, kerapatan massa dan stratifikasinya. Pondasi pasir dan

krikil memiliki daya geser yang baik, bahkan lebih besar dari daya geser dari urugan tubuh bendungan. Bersifat lulus air sehingga perlu pengendalian rembesan yang baik dan kalau tidak rawan bocor (*leaking*) yang mengakibatkan kerusakan pada bendungan, erosi buluh (*piping/quick sand*), dan mengakibatkan likuifaksi (*liquefaction*) pada daerah yang memiliki rawan gempa.

Perbaikan pondasi dengan metode grouting perlu dilakukan dengan berhati-hati karena berkaitan dengan bahan grouting yang dipakai dan cenderung bahan kimia (*chemical grouting*) yang mahal. Grouting memiliki metode kerja yang khusus, diantaranya metode multiple-grouting yang relatif lebih mahal.

3. Pondasi Tanah (*Soil Foundation*).

Pondasi tanah berdasarkan umur geologinya terdapat 3 (tiga) macam karakteristik, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a) Tanah tua (*paleosoil*), memiliki umur tersier kebawah. Tanah tua memiliki kepadatan, kedalaman dan daya dukung yang tinggi.
- b) Tanah muda (*young soil*), berumur kwarter. Tanah muda belum terkonsolidasi sempurna dan memiliki daya dukung yang rendah daripada tanah tua.
- c) Tanah lunak (*soft soil*), berumur kwarter. Tanah lunak tidak terkonsolidasi baik dan memiliki massa lunak.

2.1.3 Galian Pondasi Bendungan

Pekerjaan galian untuk pondasi bendungan pada prinsipnya adalah menggali lapisan tanah atau batuan untuk membuat bidang dasar pondasi bendungan sehingga penimbunan bendungan dapat dilakukan di atasnya dengan baik. Galian pondasi dilakukan dengan mengikuti garis yang biasanya dibuat oleh pelaksana surveyor, galian dilakukan dengan mengikuti garis rencana galian dan didasarkan oleh kondisi geologi pada batuan dasar. Persyaratan pondasi bendungan urugan pada umumnya harus memiliki kuat geser dan tingkat kedap air yang cukup

sesuai dengan persyaratan yang direncanakan pada desain.

Pondasi lempung dan pasir halus memiliki kuat geser yang rendah, material kompresif, mudah tererosi, tingkat porositas tinggi, pada prinsipnya tidak memiliki kelayakan pada pondasi. Akan tetapi apabila membuang lapisan tanah yang memiliki kandungan tersebut secara ekonomis terlalu mahal karena disamping penyebarannya yang luas, juga harus dilakukan upaya perbaikan pondasi. Perbaikan pondasi bendungan tergantung pada jenis pondasi bendungan dan bentuk permukaan pada pondasi.

2.1.3.1 Penggalian Pondasi Bendungan dengan Peledakan

Penggalian pondasi bendungan menggunakan alat peledak biasanya digunakan bahan dinamit yang dilakukan oleh *blaster man* ahli dan bersertifikat. Penggalian dengan peledak ini dilakukan pada pondasi dengan tipe batuan keras seperti batuan beku, batuan yang termetamorf atau batuan sedimen yang keras. Penggalian menggunakan bahan peledak sangat dibutuhkan perhitungan yang teliti karena pada saat melakukan peledakan dapat mempengaruhi kondisi batuan pondasi. Tahapan pekerjaan dari penggalian pondasi menggunakan bahan peledak dapat dibedakan seperti berikut:

1. Pemisahan (*Loosening*)

Pemisahan (*loosening*) adalah bagian pekerjaan dari peledakan yang dilakukan untuk memindahkan atau memisahkan batuan pondasi dari batuan induknya yang masih padat.

Alat - alat yang biasa digunakan dalam loosening ini adalah:

1. Untuk pembongkaran batuan lunak atau tanah biasanya dipakai *excavator* berupa *power shovel, dragline, back hoe, shovel dozer, bulldozer, bucket wheel excavator, power scraper, clam shell, grab bucket, dan hand shovel.*
2. Untuk pembongkaran batuan yang keras digunakan kabel pemotong, alat bor dan bahan peledak.

2. *Loading* (Pemuatan)

Loading adalah suatu pekerjaan pengangkutan material hasil dari pekerjaan peledakan yang dipindahkan dengan alat muat ke alat angkut yaitu *dump truck*. Macam-macam alat muat seperti *power shovel*, *dragline*, *back hoe*, *shovel dozer*, *bucket wheel excavator*, *overhead shovel loader*, dan *bulldozer* biasa digunakan dalam pekerjaan pemuatan.

3. *Hauling* (Pengangkutan)

Hauling adalah suatu pekerjaan pemindahan material hasil dari pekerjaan peledakan dari tempat penambangan ke tempat penimbunan dengan menggunakan alat angkut. Macam-macam alat angkut seperti *Truck*, *pipe transportation*, *lori lokomotip*, dan *power scraper belt*.

1.1.3.2 **Penggalian Pondasi Bendungan dengan Alat Berat**

Penggalian pondasi bendungan menggunakan alat berat biasanya digunakan pada pondasi yang memiliki kondisi berpasir dan berkerikil atau pondasi tanah. Alat berat yang digunakan untuk penggalian dan pengangkutan hampir sama dengan penggalian pondasi bendungan dengan peledakan. Alat berat yang digunakan seperti *excavator*, *truck*, *bucket wheel excavator* dll.

2.2 *Grouting*

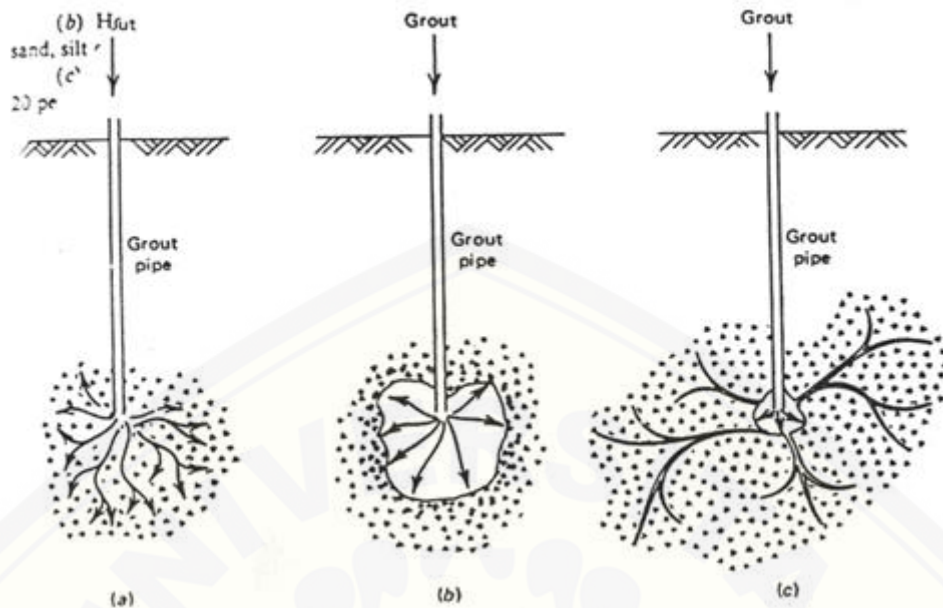
Pekerjaan *grouting* merupakan bagian dari pekerjaan konstruksi, yaitu digunakan sebagai salah satu cara untuk perbaikan pondasi (*foundation treatment*) pada bangunan air seperti bendungan. Perbaikan pondasi dengan metode *grouting* dapat digunakan pada semua tipe bendungan baik tipe urugan maupun bendungan tipe beton.

Grouting adalah perbaikan pondasi dengan cara menginjeksikan suatu cairan campuran antara semen dan air dengan menggunakan tekanan kedalam rekahan, rongga, pori dan retakan batuan yang dengan beberapa waktu tertentu

cairan tersebut akan menjadi padat secara fisik maupun kimiawi. Grouting pondasi adalah proses injeksi semen yang dimasukkan kedalam batuan pondasi bawah permukaan melalui lubang yang telah dilakukan pengeboran untuk menyumbat atau mengisi kekar, retakan, rekahan atau lubang - lubang bawah tanah agar tidak terjadi mengalirnya rembesan air pada batuan pondasi yang mengakibatkan erosi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perbaikan pondasi ini, antara lain:

1. Pondasi batuan sesuai dengan kondisi geologinya, baik dari jenis batuan penyusun maupun struktur bawah permukaan sangat variatif dari satu lokasi ke lokasi lain.
2. Perlu dicermati mengenai penampang geologi, penampang permeabilitas melintang maupun memanjang tapak bendungan untuk mempersiapkan pekerjaan pondasi bawah permukaan
3. Metode perbaikan pondasi dengan metode grouting sangat sesuai apabila digunakan pada pondasi bawah permukaan yang memiliki kedalaman 10 m hingga 100 m tanpa melakukan penggalian dan cukup dengan pengeboran dari permukaan pondasi.
4. Adapun tujuan utama perbaikan pondasi dengan grouting adalah:
 - a. Mengurangi intensitas aliran filtrasi kebocoran dari bendungan yang mengalir melalui rongga atau celah celah yang terdapat pada batuan pondasi.
 - b. Mengurangi gaya ke atas (*uplift*) pada dasar bendungan yang disebabkan oleh tekanan air tanah yang terdapat dalam lapisan pondasi bawah permukaan.
 - c. Meningkatkan daya dukung batuan yang membentuk lapisan pondasi bendungan.



Gambar 2.4 Injeksi semen

2.3 Metode Kerja Grouting di Lapangan

2.3.1 Material

Material sangat menentukan tingkat efektivitas perbaikan pondasi metode grouting, maka dari itu material yang digunakan harus sesuai dengan syarat yang ditentukan dengan menyesuaikan kondisi geologi yang ada di lapangan. Adapun beberapa material yang digunakan, antara lain:

1. Semen
 2. Air
 3. Pasir
1. Semen

Semen yang digunakan adalah *Portland Cement* tipe I yang tidak mengandung bahan aditif ataupun bahan kimia. Jenis semen ini paling mudah untuk dijangkau, selain itu harga yang relatif murah sehingga dapat meminimalisir biaya pekerjaan grouting. Karakteristik semen tipe ini sangat sesuai digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan meiliki kadar sulfat rendah, seperti kondisi tanah batuan pondasi bendungan Beringin sila yang memiliki kadar

asam yang rendah.

Material semen digunakan sebagai salah satu bahan utama dalam perbaikan pondasi ini. Bahan ini digunakan untuk injeksi ke dalam rekahan batuan pondasi, dalam jangkauan waktu menjadi padat dan mengeras sehingga dapat menahan laju rembesan air.



Gambar 2.5 Material semen

2. Air

Air digunakan untuk pencampuran bahan injeksi dan digunakan untuk membasahi lubang *drilling* bertujuan membersihkan atau mencuci lubang bor. Air yang digunakan untuk campuran bahan dan *drilling* adalah air yang bersih dan bebas dari minyak, asam, alkali, garam, zat organik, dan bebas dari suspensi lumpur agar perbaikan pondasi berjalan dan berakhir dengan maksimal.



Gambar 2.6 Tandon berisi material air

3. Pasir

Material pasir digunakan untuk pencampuran bahan penutup lubang yang sudah dilakukan *drilling* ataupun *grouting*. Pasir yang digunakan adalah pasir yang sudah lolos uji laboratorium.



Gambar 2.7 Material pasir

2.3.2 Peralatan

2.3.2.1 Peralatan Pemboran (*Drilling*)

1. Mesin Bor

Mesin bor digunakan sebagai alat untuk menjalankan pekerjaan *Drilling*. Mesin bor yang digunakan untuk *drilling* adalah mesin bor putar Tipe Spindle Hidrolik.



Gambar 2.8 Mesin bor tipe spindle hidrolis

2. Stang Bor (*Drilling Rod*)

Stang Bor memiliki panjang 3 m, digunakan untuk membantu mata bor menjangkau kedalaman lubang grouting.



Gambar 2.9 Stang bor

3. Tabung Penginti (*Core Barrel/Core Tube*)

Dalam pekerjaan *drilling grouting* terutama pada pemboran *pilot hole* dan *check hole*, ukuran diameter tabung penginti ini adalah 66 mm. Tabung penginti ini sangat diperlukan karena dalam pemboran *pilot hole* dan *check hole* terdapat

pengambilan sampel tanah batuan untuk dilakukan uji laboratorium apakah memenuhi syarat rembesan air yang direncanakan atau untuk mengetahui kondisi tanah batuan.

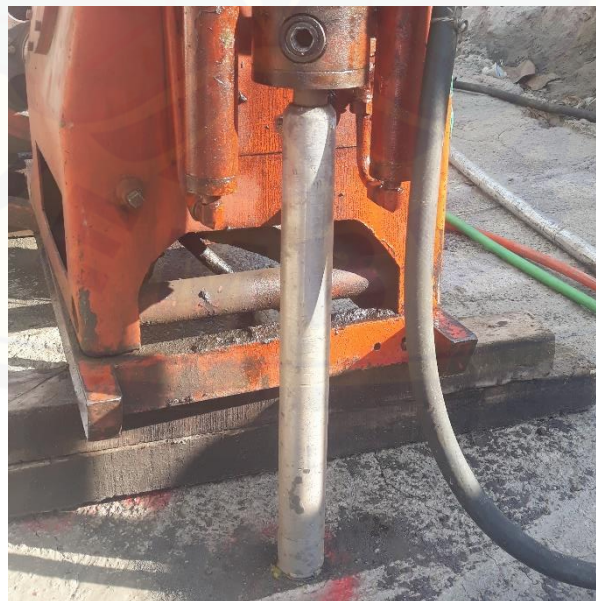


Gambar 2.10 Tabung penginti (*Core Barrel*)

4. Mata Bor (*Bit*)

Terdapat 2 (dua) jenis mata bor yang biasa dipasang berdasarkan pertimbangan formasi batuan yang akan dibor, yaitu :

- Mata bor intan (*diamond bit*), untuk batuan keras
- Mata bor metal (*metal bit*) untuk batuan lunak



Gambar 2.11 Mata bor

5. Selang Penghantar

Selang penghantar digunakan untuk mengalirkan air ke stang bor, tujuannya untuk mencuci atau membersihkan mata bor agar mengurangi daya panas terhadap mata bor akibat gaya gesekan dengan batuan. Disamping itu tujuannya adalah mengangkat batuan yang hancur untuk terbawa ke permukaan.



Gambar 2.12 Selang penghantar

2.3.2.2 Peralatan WPT (*Water Pressure Test*)

1. *Bypass*

Alat ini berbentuk angka T dan dapat menambah arah aliran air. Salah satu tujuan digunakan *bypass* untuk menambah arah aliran sehingga dapat membuang air untuk mengatur kecepatan laju air yang disemprotkan ke lubang grouting yang akan di uji WPT.



Gambar 2.13 *Bypass*

2. *Manometer Pressure Gauge* (Alat Ukur Tekanan)

Berfungsi sebagai mengukur tekanan rencana. Dalam pengerjaan tahap WPT, setiap kedalaman mempunyai tekanan rencana yang berbeda-beda sehingga menggunakan alat ukur tekanan.



Gambar 2.14 *Manometer Pressure*

3. *Meteran Air (Flow Meter)*

Alat ini digunakan untuk mengukur komulatif aliran air untuk pengerjaan WPT agar debit air bias terbaca.



Gambar 2.15 *Flow meter*

4. *Packer* (Penyekat)

Jenis Penyekat yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah *Air Packer*, *Air Packer* dikembungkan dengan pemompaan manual menggunakan kompresor udara. Penyekat ini cocok digunakan pada grouting bertekanan rendah yang dilakukan pada batuan atau tanah lunak.



Gambar 2.16 *Air Packer* dan mekanik paker

5. *Water Pump* (Pompa Air)

Pompa air digunakan untuk mengambil air dari bak tendon yang akan disemprotkan ke lubang grouting yang diuji WPT. Pompa air ini dijalankan oleh alat mesin diesel.



Gambar 2.17 Pompa air

6. Kompresor Udara

Kompresor digunakan untuk mengembangkan alat penyekat atau *Air packer*. Kompresor yang digunakan adalah komprsr listrik.



Gambar 2.18 Kompresor udara

7. Stang

Stang digunakan membantu *Air Packer* untuk menjangkau lubang WPT yang dalam. Stang ini memiliki panjang 3 m, dan dapat disambung sehingga dapat menjangkau lubang yang dalam.



Gambar 2.19 Stang

8. Kran

Kran digunakan untuk mengatur laju air yang akan disemprotkan ke lubang WPT. Tujuan kran adalah membuka atau menutup laju air yang akan disemprotkan ke lubang.



Gambar 2.20 Kran

9. Selang Penghantar

Selang penghantar digunakan sebagai tempat mengalirkan air dari bak air ke lubang yang akan diuji WPT



Gambar 2.21 Selang penghantar

10. Bak Air (Tandon)

Tandon digunakan untuk menyimpan air yang akan digunakan untuk pengujian WPT. Tandon ini dapat menampung air hingga mencapai 8000 liter.



Gambar 2.22 Bak air (Tandon)

2.3.2.3 Peralatan Grouting

1. *Grout Mixer*

Sebelum melakukan pekerjaan grouting, harus mencampur bahan yaitu air dan semen. *Grout Mixer* digunakan untuk mencampur bahan antara semen dan air.



Gambar 2.23 *Grout Mixer* dan mesin diesel

2. Mesin Diesel

Mesin diesel digunakan untuk menjalankan alat *grout mixer*.



Gambar 2.24 Mesin diesel

3. *Grout Pump*

Grout Pump merupakan alat yang berfungsi seperti pompa air, jadi berguna menyemprotkan cairan grouting.



Gambar 2.25 Grout pump

4. Hopper

Hopper digunakan untuk menampung campuran semen dan air yang sudah di campur dari grout mixer.



Gambar 2.26 Hopper

5. Timbangan

Alat ini digunakan untuk menimbang campuran semen.



Gambar 2.27 Timbangan

6. Selang Penghantar

Selang Penghantar digunakan untuk menghantarkan campuran semen ke dalam lubang yang akan digrouting



Gambar 2.28 Selang penghantar

7. Bak Air (Tandon)

Alat ini digunakan untuk menampung material air sebagai campuran bahan grouting



Gambar 2.29 Bak air (Tandon)

8. Alat Penyekat (*Air Packer*)

Alat penyekat berfungsi sebagai penahan campuran semen agar tidak tumpah keluar lubang.



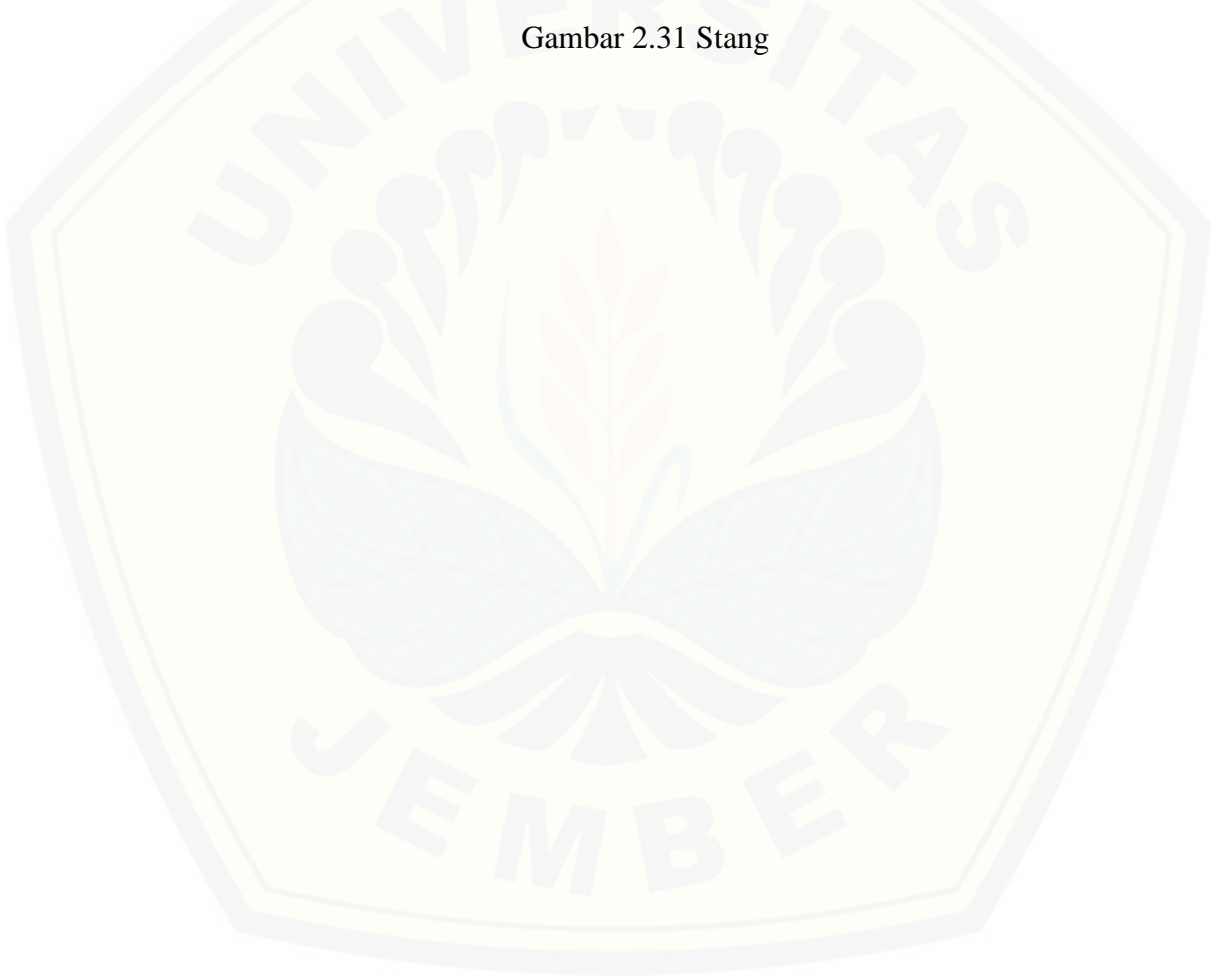
Gambar 2.30 *Air packer*

9. Stang

Stang digunakan untuk menjangkau kedalaman grouting yang tidak dapat dijangkau oleh *packer*.



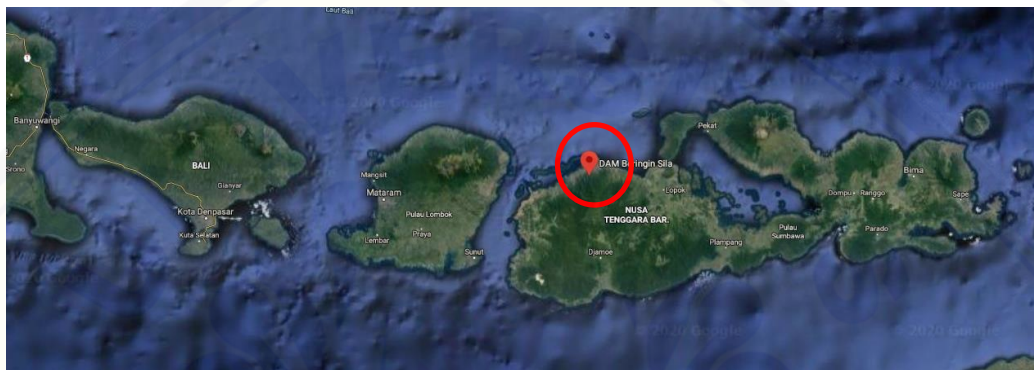
Gambar 2.31 Stang



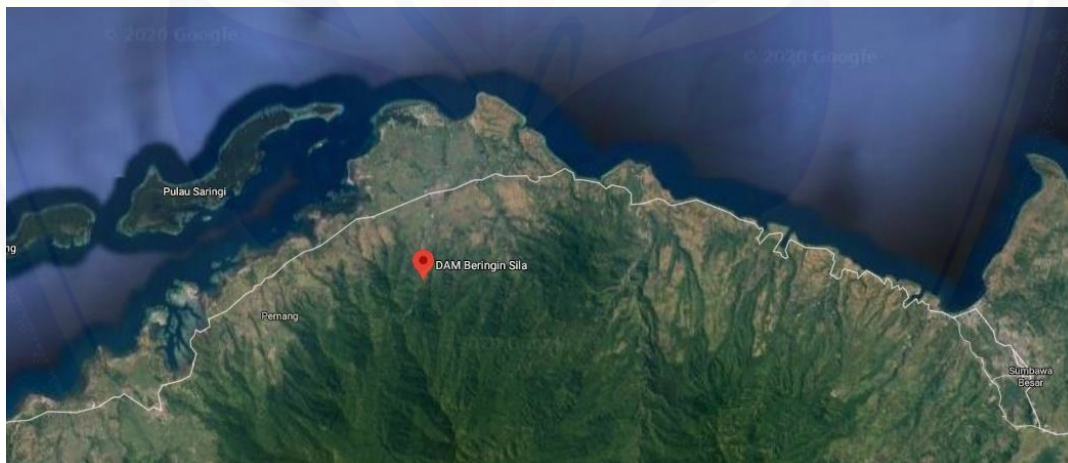
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila. Pembangunan Bendungan Beringin Sila terdapat di Desa Tengah Kecamatan utan, Kabupaten Sumbawa Besar, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 3.1 Lokasi proyek Bendungan Beringin Sila Kabupaten Sumbawa, NTB



Gambar 3.2 Lokasi proyek Bendungan Beringin Sila di Sumbawa, NTB



Gambar 3.3 Lokasi grouting

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2019/2020 tepatnya pada bulan April 2020 s/d Juli 2020

3.3 Studi Literatur

Didapat dari referensi literatur yang ada terutama yang berkaitan dengan kajian ini. Tinjauan pustaka ini dilakukan pada tahap awal penelitian, karena pada tahap ini dilakukan pencarian dan pengumpulan referensi referensi penelitian terdahulu yang sudah ada

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data sekunder. Data ini merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari PT. Nidya Karya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) Sumbawa Besar, NTB adalah data yang diperoleh dari PT. Nindya Karya berupa :

a. Metode Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara melakukan tanya jawab secara langsung kepada engineering, koordinator lapangan, pelaksana grouting. Data yang didapat dari hasil wawancara berupa data proses pelaksanaan pekerjaan grouting mulai dari tahap persiapan sampai tahap akhir pekerjaan.

b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara melihat secara langsung proses pelaksanaan pekerjaan grouting mulai dari tahap persiapan, mobilisasi alat dan bahan, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *Water Pressure Test* (WPT), pekerjaan grouting, hingga tahap penyumbatan lubang grouting (*Plugging*).

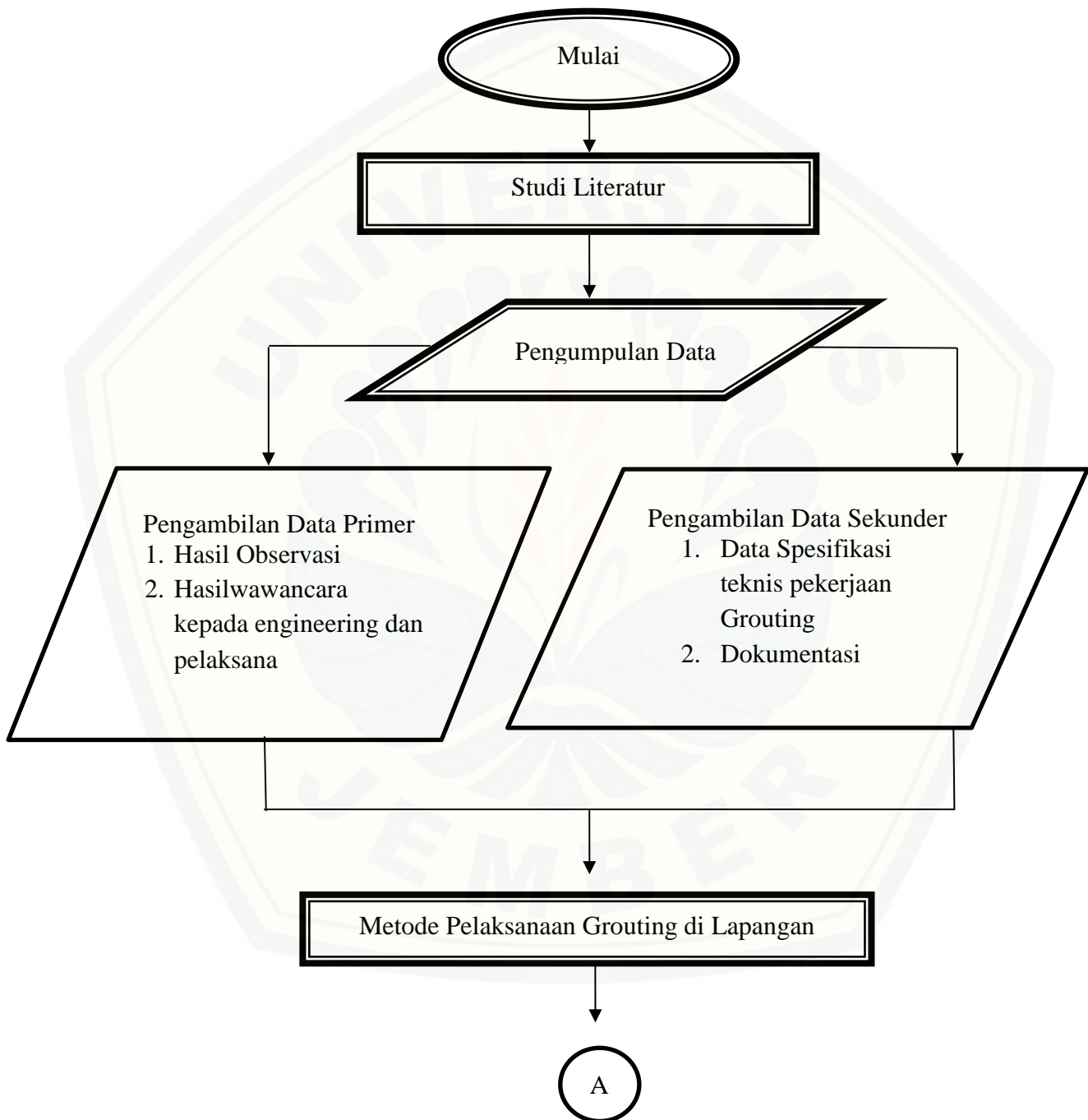
2. Data Sekunder

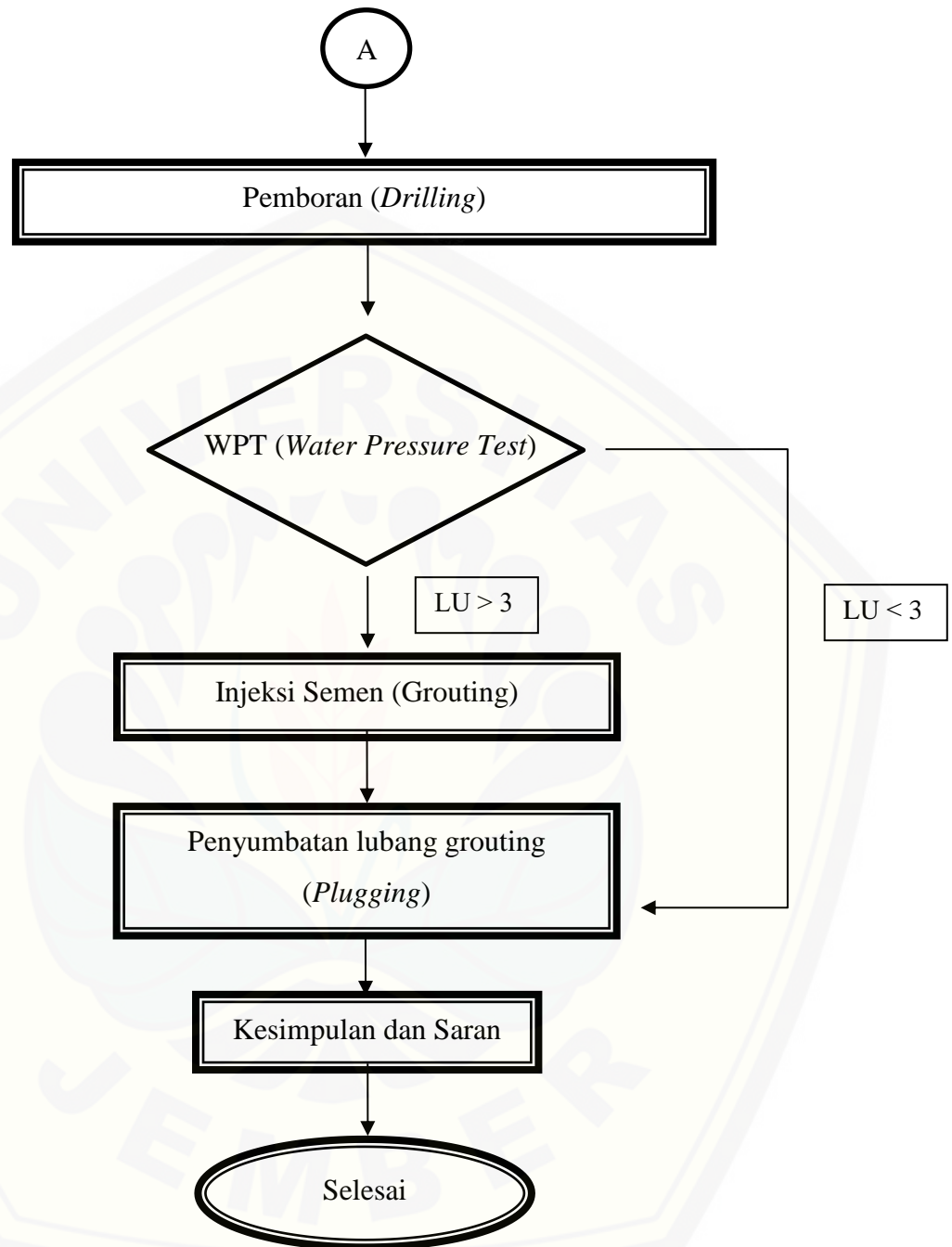
Data sekunder yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) Sumbawa Besar, NTB adalah data yang diperoleh dari perusahaan berupa :

1. Data spesifikasi teknis pekerjaan Grouting mulai dari campuran semen, air, gambar teknis titik grouting dan hal-hal yang berkaitan dengan pekerjaan grouting.
2. Dokumentasi yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan grouting mulai dari tahap persiapan, mobilisasi alat dan bahan, serta proses pelaksanaan pekerjaan.

3.5 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini tahap-tahap yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :





Gambar 3.4 *Flowchart* penelitian proyek akhir

3.6 Tabel Rencana Proyek Akhir

Tabel 3.1 Rencana proyek akhir

No.	Kegiatan	Januari 2020				Februari 2020				Maret 2020				Apr-20				Mei 2020				Juni 2020				Juli 2020			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identifikasi Masalah		■	■																									
2	Survei Lokasi dan Observasi					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Studi Literatur			■	■																								
4	Penyusunan Proposal			■	■																								
5	Pengajuan Proposal				■																								
6	Pengumpulan Berkas Proposal				■																								
7	Verifikasi Berkas Proposal PA				■																								
8	Pelaksanaan Seminar Proposal				■																								
9	Pengumpulan berkas hasil																												
10	Pelaksanaan seminar hasil																												
11	Pengumpulan berkas sidang PA																												
12	Verifikasi Berkas sidang PA																												
13	Pelaksanaan Sidang PA																												

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan perbaikan pondasi dengan metode grouting pada bendungan Beringin Sila dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode pelaksanaan dilakukan dengan standar pekerjaan grouting, yaitu dari *drilling*, uji nilai Lugeon, injeksi semen grouting, hingga pekerjaan penutupan lubang grouting. Urutan pekerjaan grouting diawali dengan titik pilot hole dan dilanjutkan pada titik sub-curtain dan curtain hingga pada titik chek hole.
2. Metode pelaksanaan perbaikan pondasi bendungan Beringin Sila didapatkan efektivitas pada Blok 97C-S 91.2% dan Blok 98B-S 90,15%. Jadi efektivitas grouting dapat dikategorikan sangat baik.

5.2 Saran

Pada pekerjaan perbaikan pondasi metode grouting di Beringin Sila dapat dikatakan efektif, tetapi alangkah baiknya pada tahapan pekerjaan *Water Pressure Test* pada titik curtain dan sub-curtain juga menggunakan uji multi *pressure test* dimana uji nilai lugeon dengan menggunakan lebih dari 1 tekanan agar diketahui lebih spesifik nilai lugeon titik tersebut dan dapat diketahui tekanan yang dapat merusak struktur batuan pada titik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2016 *Metode Analisis dan Cara Pengendalian Rembesan Air untuk Bendungan Tipe Urugan*, SNI 8065:2016. Jakarta.
- Departement Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Grouting Untuk Bendungan*. Jakarta Selatan
- Departement Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Pengendalian Rembesan Pada Bendungan Urugan*. Jakarta Selatan.
- Eliner H. Sihaloho&Edward A.M. Sihotang. 2019. Evaluasi Stabilitas Mercu Bendung Sitakkurak Di Barus Kabupaten Tapanuli Tengah. *Jurnal Teknik*. VIII(1-12): 1-2.
- Dody Setiawan. 2014. Grouting dengan Metode Tube a Manchete (TAM) di Proyek Waduk Bajulmati. *Makalah*. Dalam: Penghargaan Karya Konstruksi Indonesia Tahun 2014 di Jakarta, 12 Agustus.
- Azdan, M. D. dan Samekto, C. 2008. *Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia*. Seminar Nasional Bendungan Besar, Surabaya.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 2002. *Bendungan Tipe Urugan*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta.

Lampiran 2 Pencatatan Data Pekerjaan *Water Pressure Test (WPT)* Blok 97C-S

ITEM	Drilling & Grouting	MANOMETER HEIGHT (h1)	1.10	m	Po (Kg/ Cm2)	2.00	STA.	0 + 170
LOCATION	Saluran pelimpah	GROUND WATER LEVEL (h3)	2.55	m	P1 (Kg/ Cm2)	0.37	STAGE	1
BLOCK	97	PACKER SET (D1)	0.10	m	P (Kg/ Cm2)	2.37	DATE	14/4/2020
LINE	C (Subcurtain)	DEPTH TEST (D2)	5.00	m	HOLE DIA.(mm)	66.00	TIME	16:45-16:55
HOLE ID.	97C-S	LENGTH (L = D2 - D1)	4.90	m	SUPERVISOR	Yahya		

PERHITUNGAN NILAI LUGEON														
Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total (Ltr)	Average (Q=l/min)	Lu
Reading	90.8	102.0	112.7	124.0	135.2	145.9	156.7	167.4	178.1	188.4	199.1	108.4	10.8	9.35
Injection (Ltr)		11.2	10.7	11.2	11.2	10.7	10.7	10.7	10.7	10.2	10.7			

PERHITUNGAN NILAI PERMEABILITAS														
Panjang Ruas Uji		Jari-Jari Lubang	Tekanan			Tinggi Manometer	GWL	Tinggi Hidrostatik	Tinggi Total		Debit air		Koefisien Permeabilitas	
L'	L	r	p	hp (p x 10)	h1	h2	hg	H'	H	Q	q	k = $\frac{2,3 q}{2 \pi L H} \log \frac{L}{r}$		
(m)	(cm)	(cm)	(kg/cm ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/cm ²)	(cm)	(lt/menit)	(cm ³ /det)	(cm/det)		
4.90	490.00	3.30	2.365	3.65	1.10	2.55	3.65	0.73	730.00	10.84	180.59	4.02E-04		

$LU = \frac{10 \times Q}{P \times L}$
 $P_0 = \text{Pressure Gauge}$
 $P_1 = (h_1 + h_2)/10$
 $P = P_0 + P_1$
 $P = P_0 + (h_1 + h_2)/10$
 $a = \text{Slope degree of hole from vertical}$
 $h_1 = \text{Diff. head (Gauge to surface)}$
 $h_2 (\text{GWL}) = \text{Diff. Head (Surface to GWL)} \times \text{Cos } a$
 $h_3 (\text{Non GWL}) = \text{Diff. Head (Surface to Set packer)} + (\text{center of test section}) \times \text{cos } a = D_1 + (1/2L) \times \text{Cos } a$
 $H = \text{Height Hydrostatic}$

$LU = \frac{10 \times Q}{P \times L}$
 $P_0 = \text{Pressure Gauge}$
 $P_1 = (h_1 + h_2)/10$
 $P = P_0 + P_1$
 $P = P_0 + (h_1 + h_2)/10$
 $h_1 = \text{Diff. head (Gauge to surface)}$
 $h_2 = \text{Diff. Head (Surface to GWL)}$
 $h_3 (\text{Non GWL}) = \text{Diff. Head (Surface to Set packer)} + \text{center of test section} = D_1 + (1/2L)$
 $H = \text{Height Hydrostatic}$

Lampiran 3 Pencatatan Data Pekerjaan Grouting Blok 97C-S

ITEM		Drilling & Grouting				BLOCK		97		OPERATOR		Budi														
LOCATION		Spillway				LINE		C		SUPERVISOR		Kamran														
STA.		0 + 170				HOLE ID.		97C-S																		
GROUTING																										
Stage	Date	Depth		Lenght	Q	Lu	MIX		Specific Gravity		Pressure	Injection				Injected		Not Injected			Time					
		From	To				C	W	SG (Cement)	SG (Mix)	P	Vol	Cement	Water	Sand /	Vol.	Cement	Vol	Cement	Water	From	To	Total			
		(m)	(m)	(m)	(L/mnt)				(t/m3)	(t/m3)	(kg/Cm2)	(Ltr)	(Kg)	(Liter)	Ben.	(Liter)	(kg)	(Ltr)	(kg)	(Liter)	(h:m)	(h:m)	(h:m)			
1	14/4/2020	0.1	5	4.9	10.80	9.35	1	10	3.15	32.50	2.50	200.00	19.38	193.85	-	200.00	19.38	0.00	0.00	0.00	19:40	19:50	0:10			
							1	10	3.15	32.50	2.50	200.00	19.38	193.85	-	200.00	19.38	0.00	0.00	0.00	19:50	20:00	0:10			
							1	8	3.15	26.20	2.50	200.00	24.05	192.37	-	200.00	24.05	0.00	0.00	0.00	20:00	20:10	0:10			
							1	8	3.15	26.20	2.50	200.00	24.05	192.37	-	200.00	24.05	0.00	0.00	0.00	20:00	20:10	0:10			
							1	6	3.15	19.90	2.50	200.00	31.66	189.95	-	200.00	31.66	0.00	0.00	0.00	20:10	20:20	0:10			
							1	6	3.15	19.90	2.50	200.00	31.66	189.95	-	200.00	31.66	0.00	0.00	0.00	20:20	20:30	0:10			
							1	4	3.15	13.60	2.50	200.00	46.32	185.29	-	60.52	9.58	139.48	32.31	129.22	20:30	20:40	0:10			
									3.15	13.60	2.50	139.48	32.31	129.22	-	25.43	4.03	114.05	26.42	105.66	20:40	20:50	0:10			
									3.15	13.60	2.50	114.05	26.42	105.66	-	0.00	0.00	114.05	26.42	105.66	20:50	20:50	0:00			
															TOTAL	1,285.95	163.78									1:20

Lampiran 5 Pencatatan Data Pekerjaan *Water Pressure Test* (WPT) Blok 97B-S

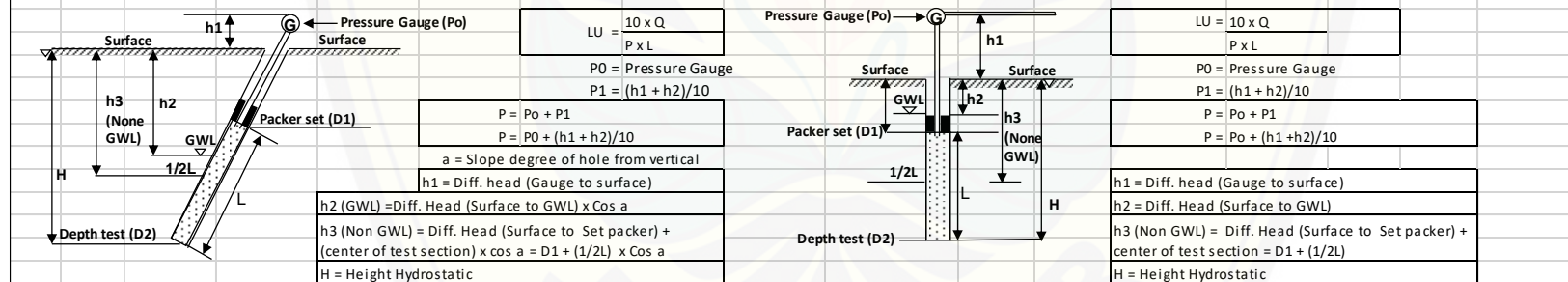
ITEM	Drilling & Grouting	MANOMETER HEIGHT (h1)	1.15	m	Po (Kg/ Cm2)	2.00	STA.	0 + 160
LOCATION	Saluran pelimpah	GROUND WATER LEVEL (h3)	2.55	m	P1 (Kg/ Cm2)	0.37	STAGE	1
BLOCK	98	PACKER SET (D1)	0.10	m	P (Kg/ Cm2)	2.37	DATE	26/4/2020
LINE	B (Curtain)	DEPTH TEST (D2)	5.00	m	HOLE DIA.(mm)	66	TIME	08:10-08:20
HOLE ID.	98B-S	LENGTH (L = D2 - D1)	4.90	m	SUPERVISOR	Yahya		

PERHITUNGAN NILAI LUGEON

Minute Reading	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total (Ltr)	Average (Q=l/min)	Lu
Injection (Ltr)	210.5	220.9	230.8	241.2	251.1	261.0	270.9	280.3	289.7	299.7	309.6	99.1	9.9	8.53

PERHITUNGAN NILAI PERMEABILITAS

Panjang Ruas Uji		Jari-Jari Lubang	Tekanan		Tinggi Manometer	GWL	Tinggi Hidrostatik	Tinggi Total		Debit air		Koefisien Permeabilitas	
L' (m)	L (cm)	r (cm)	p (kg/cm ²)	hp (p x 10) (m)	h1 (m)	h2 (m)	hg (m)	H' (kg/cm ²)	H (cm)	Q (lt/menit)	q (cm ³ /det)	k = $\frac{2,3 q}{2 \pi L H}$	
												Log $\frac{L}{r}$	
4.90	490.00	3.30	2.37	3.70	1.15	2.55	3.70	0.74	740.00	9.91	165.10	3.62E-04	



Lampiran 6 Pencatatan Data Pekerjaan Grouting Blok 98B-S

ITEM		Drilling & Grouting				BLOCK		98		OPERATOR		Budi																					
LOCATION		Spillway				LINE		B		SUPERVISOR		Kamran																					
STA.		0 + 160				HOLE ID.		98B-S																									
GROUTING																																	
Stage	Date	Depth		Lenght	Q	Lu	MIX		Specific Gravity		Pressure	Injection				Injected		Not Injected			Time												
		From	To				C	W	SG (Cement)	SG (Mix)	P	Vol	Cement	Water	Sand /	Vol.	Cement	Vol	Cement	Water	From	To	Total										
		(m)	(m)	(m)	(L/mnt)				(t/m3)	(t/m3)	(Kg/Cm2)	(Ltr)	(Kg)	(Liter)	Ben.	(Liter)	(kg)	(Ltr)	(kg)	(Liter)	(h:m)	(h:m)	(h:m)										
1	23/4/2020	0.1	5	4.9	9.91	8.53	1	10	3.15	32.50	2.50	200.00	19.38	193.85	-	200.00	19.38	0.00	0.00	0.00	19:40	19:50	0:10										
							1	10	3.15	32.50	2.50	200.00	19.38	193.85	-	200.00	19.38	0.00	0.00	0.00	19:50	20:00	0:10										
							1	8	3.15	26.20	2.50	200.00	24.05	192.37	-	200.00	24.05	0.00	0.00	0.00	20:00	20:10	0:10										
							1	8	3.15	26.20	2.50	200.00	24.05	192.37	-	200.00	24.05	0.00	0.00	0.00	20:00	20:10	0:10										
							1	6	3.15	19.90	2.50	200.00	31.66	189.95	-	200.00	31.66	0.00	0.00	0.00	20:10	20:20	0:10										
							1	6	3.15	19.90	2.50	200.00	31.66	189.95	-	200.00	31.66	0.00	0.00	0.00	20:20	20:30	0:10										
							1	4	3.15	13.60	2.50	100.00	23.16	92.65	-	5.65	0.89	94.35	21.85	87.41	20:30	20:40	0:10										
TOTAL															1,208.48	151.52																	2:20