

METODE PELAKSANAAN DAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN PONDASI DENGAN METODE *GROUTING* STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BERINGIN SILA PAKET II (Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)

Ilham Rizki Syahbani Alchaq^[1], I Gede Sastra Wibawa^[2], I Gst.Lanang Made Parwita^[3]

^[1]Mahasiswa Program Studi D-III Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: ilhamriski9@gmail.com

^[2] Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

^[3], Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Abstrak: Pada paket 2, item pekerjaan Bendungan Beringin Sila meliputi bangunan spillway, 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 yang bagus untuk bendungan normal berkisar 1 hingga 3. 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. Berdasarkan observasi 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 **Baik** dengan nilai perbaikan pada Blok 112C-S = 87,3% dan Blok 112B1-S 75,96%.

Kata Kunci; Bendungan, Permeabilitas, *Grouting*, *Lugeon*, efektivitas.

Abstract: In package 2, the Beringin Sila Dams work items include spillway, buildings facilities, and access roads. In accordance with one of the conditions in the planning of the construction of a dams, the permeability figure or lugeon value becomes a reference in

determining the feasibility of a dams. A good lugeon value for a normal dam ranges from 1 to 3. To meet these requirements, one of them is done foundation repair by grouting method. The grouting method is the job of filling cavities and cracks in foundation rocks by injecting a mixture of cement and water with adjusted pressure. To find out the method of implementation and effectiveness of grouting methods, more in-depth research is needed. Based on the observation of grouting work, the grouting working method is started with a grouting test work to determine the pattern, distance and depth of the grouting hole so that a working image can be created. Grouting work in the field begins with drilling work and continued water pressure test (WPT) work to find the value of lugeon, the value of this lugeon that determines the cement injection or grouting work. If the lugeon value < 3 , then there is no need to do grouting cement injection and if the value of lugeon ≥ 3 then cement injection is done with a ratio ratio of cement and water in accordance with the lugeon value. After the grouting work process is completed, the grouting hole is closed called plugging. The result of the level of effectiveness of foundation repair with grouting methods on the Beringin Sila Dams construction project can be categorized **Good** with improvement values in Block 112C-S = 87.3% and Block 112B1-S 75.96%.

Key Word; Dams, Permeability, Grouting, Lugeon, effective.

PENDAHULUAN

Bendungan Beringin Sila yang berada di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat merupakan bendungan yang mempunyai tubuh bendungan dari material yang dipadatkan. Proyek ini dibuat dengan tujuan sebagai sarana irigasi pertanian sebagai sumber air baku, sebagai sarana pariwisata, dan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Kecamatan Utan.

Bendungan ini dibangun berdasarkan perencanaan Bendungan Beringin Sila yakni *cofferdam* dengan tipe urugan batu dan *random*, bendungan utama merupakan tipe urugan *zonal* dengan inti tegak, bangunan pelimpah (*spillway*) menggunakan tipe pelimpah samping, bangunan pengambilan (*intake*) menggunakan tipe menara, jalan masuk, dan fasilitas umum.

Bendungan pada 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, serta bagian ini perlu perhitungan konstruksi yang teliti untuk menentukan ukuran bendungan agar mampu menahan beban yang bekerja di atasnya.

Bendungan ini memiliki potensi permasalahan yang sangat besar, yaitu dampak dari proses pekerjaan konstruksi bendungan *pasca* pekerjaan konstruksi atau masa pemanfaatan dari bendungan tersebut. Kegagalan dan kerusakan pada bendungan salah satunya erosi atau pengikisan tanah akibat mengalirnya air dari celah-celah tanah, batuan, atau 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)

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

1. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada bangunan pelimpah pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat?
2. Bagaimana efektivitas dari metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat?

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.

METODE PENELITIAN

2. Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini berada di Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila yang berlokasi di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan pada Semester ganjil tahun

2020/2021 tepatnya pada saat Magang Industri yakni bulan Agustus 2020 hingga Januari 2021. Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data ini merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari PT. Nidya Karya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Data Primer

3. Data primer yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat adalah data yang diperoleh dari PT. Nindya Karya berupa :

a. Metode Wawancara

4. 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

5. 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)*.

B. Data Sekunder

6. Data sekunder yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat adalah data yang diperoleh dari perusahaan berupa :

a. Data spesifikasi teknis pekerjaan *Grouting* mulai dari campuran semen, air, gambar teknis titik *Grouting* dan hal-hal yang berkaitan dengan pekerjaan *Grouting*.

b. Dokumentasi yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan *Grouting* mulai dari tahap persiapan, mobilisasi alat dan bahan, serta proses pelaksanaan pekerjaan.

c. Jurnal yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan *Grouting* dan analisa *Grouting*.

7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode ini dapat bekerja maksimum apabila sesuai dengan tahapan-tahapan pelaksanaan, berikut merupakan tahapan metode *Grouting* sebagai berikut :

1. Pekerjaan *Drilling* (pengeboran)

Metode ini memerlukan gambar kerja (*shop drawing*) untuk menunjang pelaksanaan dilapangan, selain itu dari *shop drawing* juga dapat menentukan posisi dan titik yang akan dilakukan pengeboran, uji *Lugeon*, dan injeksi semen. Untuk dapat mengetahui titik mana saja yang perlu dilakukan maka perlu ahli geologi yang dapat menentukan posisi titik, jarak, dan pola *Grouting*. Sehingga dapat ditentukan gambar kerja untuk pekerjaan *Grouting* di lapangan. Pekerjaan tanah dilakukan *perstage*, 1 *stage* terdiri dari kedalaman 5m. durasi untuk menyelesaikan 1 lubang pekerjaan *Grouting* tersebut berbeda-beda tergantung dari jenis batuan yang terkandung didalamnya. Berikut macam pekerjaan *drilling* :

a. Pilot Hole (PH)

Berfungsi untuk mengambil sampel tanah sedalam yang direncanakan. Setelah didapatkan sampel batuan akan diberikan kepihak konsultan. Pekerjaan ini dilakukan sebelum *rotary drilling* dilaksanakan. Berikut adalah urutan kerja pengeboran titik *Pilot Hole*.

b. Check Hole (CH)

Berfungsi untuk mengecek hasil *Grouting* yang sebelumnya sudah dilaksanakan. Berikut adalah urutan kerja pengeboran titik *Check Hole*.

c. Rotary Drilling

Pekerjaan pengeboran menggunakan mata bor diameter 66mm. Pengeboran dilakukan pada titik *curtain* dan *sub-curtain*. Pada pengeboran ini tidak dilakukan pengambilan sampel batuan, setelah pengeboran dapat diteruskan proses WPT dan *Grouting*.

2. Pekerjaan WPT (water pressure test)

Kondisi tanah dibawah permukaan bendungan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, maka dari itu perlu adanya pengecekan nilai permeabilitas tanah dibawah permukaan bendungan dengan *water pressure test*. Pekerjaan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah rembesan *volume* air permenit yang masuk kedalam tanah batuan, dari data debit air yang sudah diketahui dapat dihitung nilai *Lugeonnya*.

3. Pekerjaan *Grouting*

Pada pelaksanaan injeksi semen *Grouting* pada proyek Bendungan Beringin Sila digunakan campuran C:W = 1:10. Perubahan campuran berikutnya dilakukan apabila pemasukan semen mencapai 400 liter per 15 menit maka campuran dikentalkan diubah menjadi C:W rasio 1:8, 1:6, 1:4, 1:2, dan 1:1 dan campuran tersebut dipertahankan sampai mencapai 200 liter

4. Pekerjaan *Plugging* (penutupan lubang)

Pekerjaan penutupan lubang *Grouting* dilakukan setelah semua rangkaian pelaksanaan pekerjaan *Grouting* selesai. Penutupan lubang *Grouting* memakai *mortar* campuran semen : pasir (2:1) dan dicampur dengan air secukupnya.

Efektivitas metode *Grouting* dilihat dari nilai kelolosan air yang dialirkan dengan tekanan kedalam batuan dengan pengujian *water pressure test*, dari pengujian ini didapatkan nilai *Lugeon*. Nilai *Lugeon* inilah yang menentukan perlu adanya injeksi semen atau tidak. Apabila nilai *Lugeon* diatas angka 3 maka perlu adanya perbaikan dengan metode *Grouting*. Setelah pekerjaan injeksi semen diuji lagi dengan *water pressure test* dari titik lubang yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan kemiringan sudut 23 derajat yang mengenai titik-titik yang sudah dilakukan perbaikan dengan metode *Grouting*. Pada pembahasan efektivitas metode *Grouting* ini akan meninjau titik-titik tertentu, yaitu titik 112C-S, 112B1-S, dan 112CH.

Perhitungan :

$$Q = 7,60 : 10 = 0,76 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,76}{0,965 \times 4,90} = 1,61 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,61 lt/menit.

Tekanan kedua

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	118,	118,	119,	120,	121,	122,	123,	124,	124,	125,	126,	(Ltr)
	1	9	7	6	4	2	1	0	8	6	4	
Injection (Ltr)		0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80	8,30

Perhitungan :

$$Q = 8,30 : 10 = 0,83 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,83}{1,465 \times 4,90} = 1,16 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,16 lt/menit.

Tekanan ketiga

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	132,	133,	134,	135,	136,	137,	138,	139,	140,	141,	142,	(Ltr)
	4	4	4	5	6	6	6	7	8	8	8	
Injection (Ltr)		1,00	1,00	1,10	1,10	1,0	1,0	1,10	1,10	1,00	1,00	10,40

Perhitungan :

$$Q = 10,40 : 10 = 1,04 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,04}{1,965 \times 4,90} = 1,08 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,08 lt/menit.

Tekanan keempat

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	147,	148,	150,	151,	152,	154,	155,	157,	158,	160,	161,	(Ltr)
	2	3	0	4	9	4	9	3	8	3	8	
Injection (Ltr)		1,10	1,70	1,40	1,50	1,50	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	14,60

Perhitungan :

$$Q = 14,60 : 10 = 1,460 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,460}{2,465 \times 4,90} = 1,21 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,21 lt/menit.

Tekanan kelima

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	166, 6	167, 8	169, 0	170, 1	172, 2	173, 3	174, 5	175, 7	176, 9	178, 0	179, 2	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		1,20	1,20	1,10	2,10	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10	1,20	

Perhitungan :

$$Q = 12,60 : 10 = 1,260 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,260}{1,965 \times 4,90} = 1,31 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,31 lt/menit.

Tekanan keenam

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	185, 7	186, 7	187, 7	188, 7	189, 8	190, 9	192, 0	193, 0	194, 0	195, 0	196, 1	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		1,00	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,10	

Perhitungan :

$$Q = 10,40 : 10 = 1,040 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,040}{1,465 \times 4,90} = 1,45 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,45 lt/menit.

Tekanan ketujuh

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	202, 0	202, 8	203, 6	204, 5	205, 4	206, 3	207, 1	208, 0	208, 9	209, 8	210, 7	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	

Perhitungan :

$$Q = 8,70 : 10 = 0,87 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,87}{0,965 \times 4,90} = 1,84 \text{ lt/menit}$$

Didapatkan nilai rata-rata *Lugeon* = $\frac{1,61+1,16 + 1,08 + 1,21 + 1,31 + 1,45 + 1,84}{7} = 1,38 \text{ lt/menit}$

Evaluasi Efektivitas Grouting

8. $Efs = (100 - (KG/K))100$

9. Keterangan :

Efs = Efektivitas *Grouting* dalam persen (%)

KG = Kelolosan air (*Lugeon*) sesudah *Grouting*

K = Kelolosan air (*Lugeon*) sebelum *Grouting*

10. Berdasarkan perhitungan efektivitas *Grouting* dengan rumus di atas, maka efektivitas *Grouting* dapat dikategorikan sebagai berikut:

Efektivitas <i>Grouting</i> (%)	Pengaruh <i>Grouting</i>
> 90	Sangat Baik
60 – 90	Baik
30 – 60	Sedang
10 – 30	Kurang
< 10	Buruk

1. Block 112C-S (stage 1)

Diketahui :

$$Lu = 10,87 \text{ lt/menit}$$

$$Efs = 100 - (1,38 / 10,87) 100 = 87,30\%$$

Didapatkan nilai efektivitas 87,30 %, maka perbaikan metode *Grouting* dikategorikan **Baik**.

2. Block 112B1-S (stage 1)

Diketahui :

$$Lu = 5,74 \text{ lt/menit}$$

$$Efs = 100 - (1,38 / 5,74) 100 = 75,96\%$$

Didapatkan nilai efektivitas 75,96 %, maka perbaikan metode *Grouting* dikategorikan **Baik**.

SIMPULAN DAN SARAN

11. Berdasarkan hasil pembahasan perbaikan pondasi dengan metode *Grouting* pada bendungan Beringin Sila dapat disimpulkan bahwa :

12. 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 *check hole*. Injeksi semen *Grouting* dapat dilaksanakan apabila *Lugeon* > 3 lt/menit. Pengaturan tekanan WPT pada stage 1 minimal 0,5 Kg/Cm² maksimal 2 Kg/Cm² (7 tekanan). Pengaturan tekanan *Grouting* pada stage 1 maksimal 2,5 Kg/Cm².

13. 2. Metode pelaksanaan *Grouting* mendapat efektivitas pada Blok 112C-S 87,3% dan Blok 112B1-S 75,96%. Jadi efektivitas *Grouting* dapat dikategorikan **BAIK**, (Dikarenakan presentase efektivitas *Grouting* telah mencapai 60% – 90 % dimana masuk dalam kategori **BAIK**)

Pada pekerjaan perbaikan pondasi dengan metode *Grouting* di proyek pembangunan bendungan Beringin Sila paket II dapat dikatakan efektif, tetapi alangkah baiknya pada tahapan pekerjaan *Water Pressure Test* pada titik *curtain* dan *subcurtain* juga menggunakan uji *Multi Pressure Test* dimana uji nilai *Lugeon* dengan menggunakan lebih dari 1 tekanan supaya dapat diketahui lebih spesifik nilai *Lugeon* pada titik tersebut dan dapat diketahui tekanan yang dapat merusak struktur batuan pada titik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. 1974. Desain Of Small Dams, United States Departement Of Interior Bureau of Reclamations Oxford, IGH Publishing Co, New Delhi, Bombay, Calcuta

Candergren, H. R., Seepage, Drainage, and Flow Nets, p. 110, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1967.

Departemen Pekerjaan Umum, Panduan Perencanaan Bendungan Urugan, Juli 1999 : Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jendral Pengairan,.

Smith, N. A. F. (1971). A history of dams., Citadel Press 1972 : University of Virginia

Kementerian PUPR, 2015, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, Kementerian Pekerjaan dan Perumahan Rakyat, Jakarta

Program studi D3 Teknik Sipil 2020. Buku panduan penulisan lapran magang industri jurusan Teknik sipil program studi D3 teknik sipil. Bukit Jimbaran, Bali : POLITEKNIK NEGERI BALI

PT. INDRA-BINA-TUAH KSO, Desember 2018. Dokumen Kontrak Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila. Kab. Sumbawa : PT. Nindya-Lestari KSO

Sani, Asrul, 2008. Analisis Kapasitas Waduk dengan Metode Ripple dan Behaviour (Studi Kasus Pada Waduk Mamak Sumbawa), Yogyakarta : UMY