

**PERENCANAAN *GROUTING* PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN BENDUNGAN CIPANAS**



disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Sipil Fakultas Teknik

Oleh :

**YULI SRI WIDOWATI**

**D 100 170 150**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**PERENCANAAN *GROUTING* PADA PROYEK PEMBANGUNAN**  
**BENDUNGAN CIPANAS**

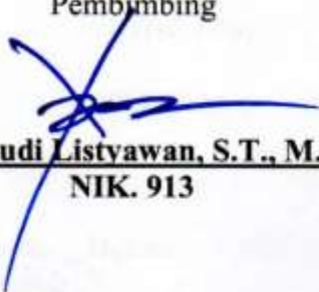
**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**YULI SRI WIDOWATI**  
**D 100 170 150**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing

  
**Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc.**  
**NIK. 913**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN *GROUTING* PADA PROYEK PEMBANGUNAN**  
**BENDUNGAN CIPANAS**

oleh:  
**YULI SRI WIDOWATI**  
**D 100 170 150**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada Hari Rabu, 25 Agustus 2021

- | Dewan Penguji:  |            |         |
|---|------------|---------|
| 1. Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc<br>(Ketua Dewan Penguji) | (NIK. 913) | (.....) |
| 2. Qunik Wiqoyah, S.T., M.T.<br>(Anggota I Dewan Penguji)   | (NIK. 690) | (.....) |
| 3. Ir. Renaningsih, M.T<br>(Anggota II Dewan Penguji)       | (NIK. 733) | (.....) |



Dekan  
  
**Rahs Fatonih, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
**NIK: 892**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya berani mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Agustus 2021

Penulis



**YULI SRI WIDOWATI**  
**D 100 170 150**

# PERENCANAAN *GROUTING* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN CIPANAS

## ABSTRAK

*Grouting* adalah suatu proses injeksi campuran semen dengan tekanan ke dalam celah yang sulit dijangkau. Latar belakang dilakukannya studi tentang *grouting* adalah untuk menganalisis diperlukannya *grouting* pada tanah atau batuan, untuk mengetahui cara menentukan jarak kedalaman dan material yang diperlukan, untuk mengetahui metode *grouting* yang tepat, serta untuk mengevaluasi efektivitas pekerjaan *grouting* yang dilaksanakan. Metode penelitian yang dilakukan adalah observasi langsung di lapangan, interview, dan studi literatur. Berdasarkan observasi langsung dan interview diketahui bahwa metode *grouting* pada *riverbed* Bendungan Cipanas menggunakan metode bertahap turun dengan penyekat (*downstage with packer*). Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan disimpulkan bahwa pada Bendungan Cipanas diperlukan perbaikan fondasi, karena keadaan struktur fondasi tersusun dari batuan sedimen tufaan, nilai *Lugeon* yang diperoleh dari *water pressure test* (WPT) > 3 yaitu sebesar 17,765 Lu, serta nilai  $K > n \times 10^{-5}$  yaitu sebesar  $2,4 \times 10^{-4}$ . Jarak antar lubang dari hasil trial *grouting* adalah 2 meter pada *curtain grouting* sedangkan jarak pada *subcurtain* dan *blanket grouting* adalah 3 meter. Kedalaman minimal pada *curtain grouting* adalah 50 meter, *subcurtain* sedalam 10 meter dan *blanket grouting* sedalam 5 meter. Evaluasi efektivitas *grouting* dilakukan dengan *check hole*. Hasil menunjukkan bahwa efektivitas *grouting* tergolong baik sampai sangat baik. Berdasarkan evaluasi nilai *lugeon* terhadap efektivitas *grouting*, disimpulkan bahwa metode *split-spacing* dapat digunakan pada pekerjaan *grouting* Bendungan Cipanas.

**Kata Kunci :** Bendungan, *Grouting*, *Lugeon*, efektivitas *grouting*

## ABSTRACT

*Grouting* is a process of injection of a cement mixture under pressure into hard-to-reach gaps. The background of conducting a study on *grouting* is to analyze the need for *grouting* on soil or rock, to find out how to determine the depth and material required, to determine the appropriate *grouting* method, and to evaluate the effectiveness of the *grouting* work carried out. The research method used is direct observation in the field, interviews, and literature studies. Based on direct observation and interviews, it is known that the *grouting* method on the Cipanas Dam *riverbed* uses a *downstage* method with packers. Based on the results of the analysis and discussion, it is concluded that the Cipanas Dam needs foundation repair, because the condition of the foundation structure is composed of tuffaceous sedimentary rocks, the *Lugeon* value obtained from the *water pressure test* (WPT) > 3 is 17.765 Lu, and the *K* value >  $n \times 10^{-5}$  that is equal to  $2.4 \times 10^{-4}$ . The distance between the holes from the results of the trial *grouting* is 2 meters in *curtain grouting* while the distance between the *subcurtain* and *blanket grouting* is 3 meters. The minimum depth for *curtain grouting* is 50 meters, *subcurtains* as deep as 10 meters and *blanket grouting* as deep as 5 meters. Evaluation of the effectiveness of *grouting* is done by checking holes. The results showed that the effectiveness of *grouting* was classified as good to very good. Based on the evaluation of the *lugeon* value on the effectiveness of *grouting*, it is concluded that the *split-spacing* method can be used in the *grouting* work of the Cipanas Dam.

**Keywords:** Dam, *Grouting*, *Lugeon*, *grouting* effectivity.

## 1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Nomor 72/PRT/1997, Bendungan adalah setiap bangunan penahan air buatan, jenis urugan atau jenis lainnya yang menampung air atau dapat menampung air, termasuk fondasi, bukit/tebing tumpuan, serta bangunan pelengkap dan peralatannya, termasuk juga bendungan limbah galian, tetapi tidak termasuk bendung dan tanggul. Akibatnya, pekerjaan pondasi membutuhkan pengawasan yang lebih dalam pelaksanaannya dibandingkan dengan item pekerjaan lainnya.. Hal ini dikarenakan jika fondasi bendungan dibangun pada kondisi tanah yang kurang baik (terdapat sesar, rekahan) berarti fondasi tersebut mempunyai daya dukung tanah yang kecil, dan jika pekerjaan fondasi dilakukan pada jenis tanah yang mempunyai daya permeabilitas besar maka dapat menyebabkan adanya rembesan air. Pembangunan bendungan Cipanas terletak di Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Dalam pembangunan bendungan perlu memperhitungkan faktor daya dukung tanah atau aspek geologi lainnya seperti daerah gempa dan daerah patahan. Untuk menangani keadaan tersebut maka dilakukan perbaikan pondasi dengan cara *grouting*. *Grouting* adalah suatu proses injeksi campuran semen dengan tekanan ke dalam celah yang sulit dijangkau. Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 03 – 2393 - 1991 “Tata Cara Pelaksanaan Injeksi Semen Pada Batuan” dan SNI 2411 : 2008 “Cara Uji Kelulusan Air Bertekanan di Lapangan”.

Beberapa *grouting* direncanakan untuk pemadatan setelah injeksi baik segera maupun dengan periode waktu tertentu. Tujuan utama dari *grouting* adalah untuk memproduksi tanah atau batuan yang lebih kuat, lebih padat, kurang permeable. Juga untuk mengisi ruang kosong yang mungkin tidak dapat diakses tanpa adanya tekanan tertentu (Hatmoko, J.T., 2020). Menurut Suprpto (2005), *grouting* adalah penyuntikan bahan semen kental (*slurry material*) ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor, dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah. Ada tiga jenis fungsi *grouting* di tanah atau batu yaitu : Penetrasi atau penembusan, kompaksi atau pemadatan dan rekahan hidrolis.

Sari (2018) melakukan penelitian dengan judul “Metode Pelaksanaan dan Evaluasi Efektivitas Pekerjaan *Grouting* Pada *River Bed* Proyek Pembangunan Karian *Multipurpose Dam* Banten” Berdasarkan observasi langsung dan interview diketahui bahwa metode *grouting* pada *river bed* Bendungan Karian menggunakan metode bertahap naik dengan penyekat (*upstage with packer*). Apabila terjadi kendala di lapangan seperti keruntuhan

tanah atau batuan (*collapse*), maka digunakan metode bertahap turun dengan penyekat (*downstage with packer*). Hasil menunjukkan bahwa efektivitas *grouting* pada river bed rendah dan perlu ditambahkan lubang uji untuk meningkatkan efektivitasnya.

Tujuan Utama dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi terkait proses perencanaan *grouting* yang dilakukan pada proyek pembangunan bendungan Cipanas dan juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pekerjaan *grouting* yang dilaksanakan di bendungan Cipanas Sumedang Jawa Barat.

Rumus-rumus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut, untuk menentukan nilai lugeon menurut SNI 2411 : 2008 menggunakan rumus  $Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L}$  dengan Q adalah debit air yang masuk per menit (l/m), P adalah tekanan uji (kg/cm<sup>2</sup>) dan L adalah kedalaman stage (m). Untuk menentukan koefisien permeabilitas (K) menurut USBR adalah  $K = \frac{Q}{2 \pi L H} \ln \frac{L}{R}$ , dengan R adalah radius lubang bor (cm) dan H adalah beda tinggi tekanan (cm). Yang terakhir yaitu menentukan efektivitas *grouting* yaitu dengan rumus  $Efs = 100 - \left(\frac{KG}{K}\right) \times 100$ , dengan KG adalah kelulusan air sesudah digrouting dan K adalah kelulusan air sebelum digrouting.

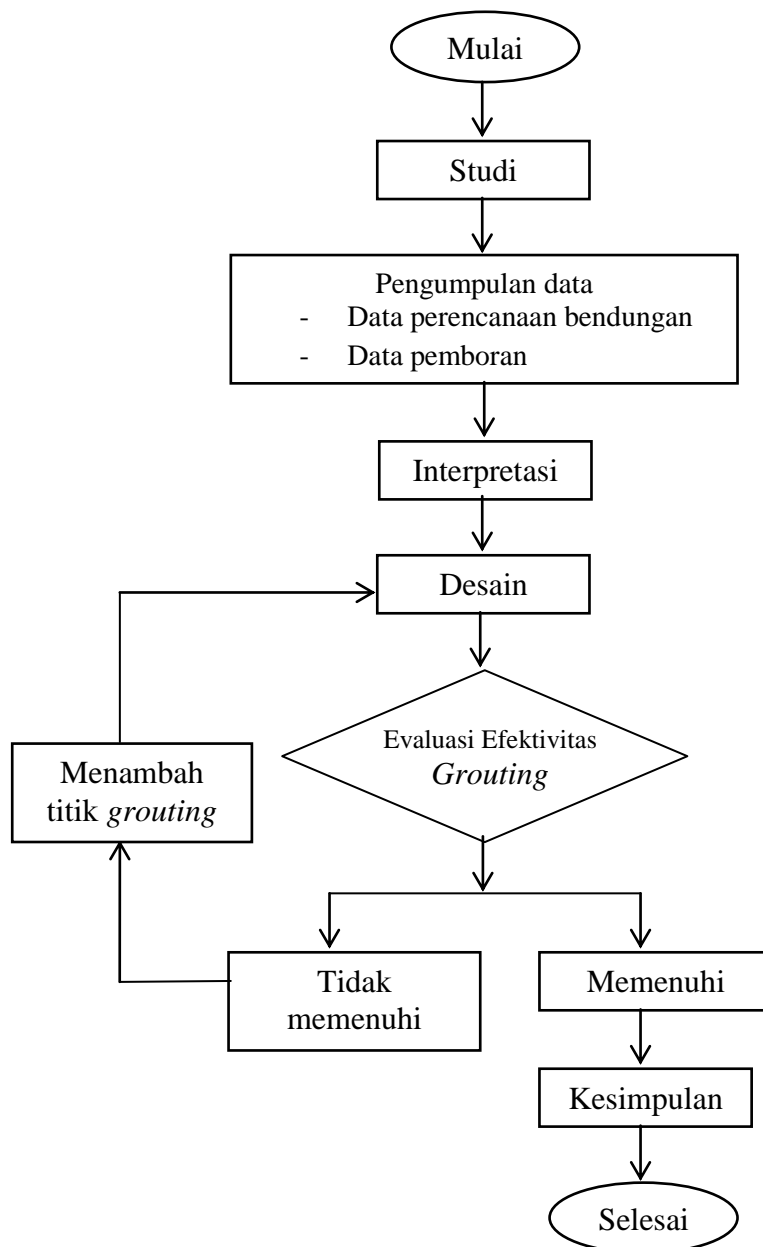
## 2. METODE

### Metode Pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan teknik dokumentasi berupa pengumpulan data dari proyek. Pada penelitian ini, tanah yang dianalisis berlokasi di Bendungan Cipanas Sumedang, Jawa Barat. Data yang digunakan berupa *boring log*, data *Water Pressure Test* (WPT). Mengevaluasi pekerjaan *grouting* pada pondasi bendungan dalam analisis nilai *lugeon*.

### Metode analisis data

Sebelum melakukan analisis data lebih lanjut, dilakukan proses studi literatur yaitu dengan mencari dasar-dasar teori seperti jurnal dan buku referensi untuk mendapatkan langkah-langkah perencanaan *grouting* dan rumus-rumus yang dipakai dalam menghitung nilai *lugeon* untuk diketahui efektivitasnya. Langkah-langkah penelitian dilihat pada gambar bagan alir penelitian berikut.



Gambar 1 Bagan Alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Investigasi geologi untuk *grouting*

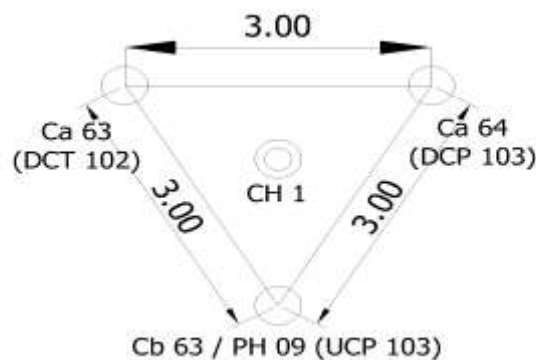
Dalam perencanaan *grouting* hal yang harus dilakukan pertama kali adalah melakukan investigasi geologi. Data yang digunakan adalah data pemboran inti di salah satu titik. Diambil titik *Pilot Hole 9* yang berada di sandaran kiri bendungan Cipanas. Berdasarkan data analisis nilai koefisien permeabilitas (K) profil hasil pemboran sebesar 0,000241, berdasarkan tabel maka tanah adalah semi kedap. Dari



hasil analisis *Water Pressure Test* didapat nilai *lugeon* pada profil lapisan batuan dengan nilai relatif tinggi yaitu 17,765 maka perlu dijamin dengan *grouting* untuk menghindari rembesan air. Nilai RQD yang didapat rata-rata adalah 30 % - 50 %, sehingga batuan ini memiliki kualitas yang buruk. Dari hasil analisis pemboran inti yang dilakukan, memberikan kesimpulan bahwa kondisi batuan/tanah masih belum layak untuk dilakukan pembangunan/pembebanan tubuh bendungan, sehingga perlu dilakukan *grouting*.

### ***Trial Grouting***

Percobaan *grouting* biasanya diperlukan sebelum *grouting* yang sebenarnya dilaksanakan untuk mendapatkan pola dan jarak lubang paling efektif, tekanan *grouting*, cara pelaksanaan, perkiraan jumlah bahan campuran dan mengetahui efektivitas hasil *grouting*. Harga *lugeon* yang akan dicapai dalam perbaikan pondasi dengan *grouting* adalah 1 – 2 untuk bendungan beton dan 2 -5 pada bendungan urugan.



Gambar 2 Desain titik *trial grouting*

Untuk menentukan apakah jarak dan kedalaman *grouting* sudah efektif maka dapat dihitung nilai efektifitas dengan rumus

$$Efs = 100 - \frac{KG}{K} \times 100$$

Dimana : Efs = Efektivitas grouting dalam persen (%)

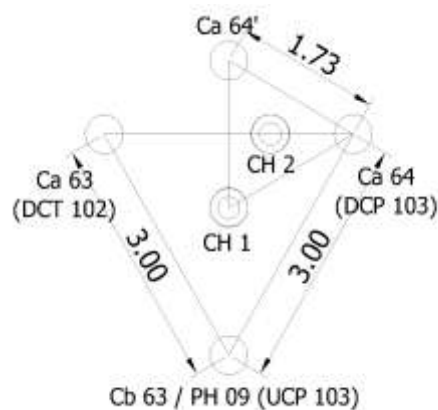
    Kg = Kelulusan air sesudah grouting

    K = Kelulusan air sebelum grouting

Tabel 1 Efektivitas

NO	KEDALAMAN	KOE.SEBELUM GROUTING	KOE.SETELAH GROUTING	EFEKTIVITAS (%)	Ket
1	5	6,41E-04	3,28E-04	48,87	SEDANG
2	10	4,50E-04	4,67E-05	89,62	BAIK
3	15	3,28E-04	2,26E-04	31,16	SEDANG
4	20	1,80E-04	3,26E-05	81,91	BAIK
5	25	3,30E-04	3,29E-05	90,05	BAIK
6	30	2,02E-04	3,42E-05	83,07	BAIK
7	35	1,65E-04	2,95E-05	82,18	BAIK
8	40	1,00E-05	3,03E-05	-201,30	-
9	45	5,87E-06	3,61E-05	-515,56	-
10	50	5,48E-06	3,61E-05	-559,52	-

Rata-rata efektivitas menunjukkan bahwa pengaruh *grouting* yang dilakukan baik. Namun masih ada nilai *lugeon* setelah *digrouting* yang lebih dari 5 maka masih terlalu rawan apabila digunakan jarak 3 meter. Untuk itu ditambahkan titik tambahan yaitu titik Ca 64', maka jarak yang digunakan adalah 2 meter.



Gambar 3 Skema tambahan titik *grouting*

Seperti sebelumnya maka didapatkan efektivitas kedalaman, yang dapat dilihat dari tabel berikut

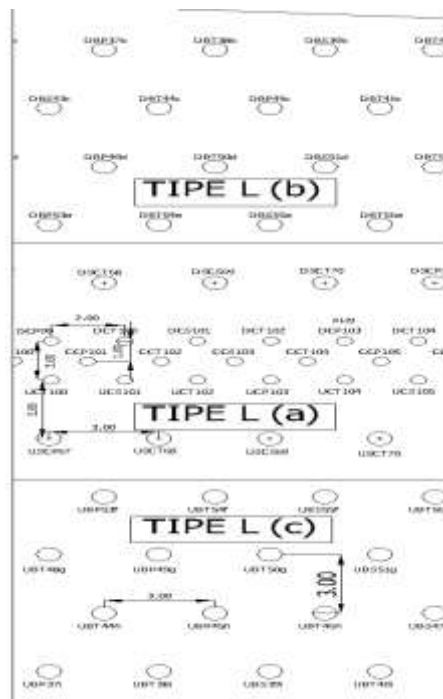
Tabel 2 efektivitas *trial grouting*

NO	KEDALAMAN	KOE.SEBELUM GROUTING	KOE.SETELAH GROUTING	EFEKTIVITAS (%)	Ket
1	5	6,41E-04	3,54971E-05	94,46	SANGAT BAIK
2	10	4,50E-04	8,22175E-06	98,17	SANGAT BAIK
3	15	3,28E-04	1,07013E-05	96,74	SANGAT BAIK
4	20	1,80E-04	5,08965E-06	97,18	SANGAT BAIK
5	25	3,30E-04	9,52678E-06	97,12	SANGAT BAIK
6	30	2,02E-04	3,13209E-05	84,50	BAIK
7	35	1,65E-04	2,17942E-05	86,83	BAIK
8	40	1,00E-05	1,85316E-05	-84,42	-
9	45	5,87E-06	1,97061E-05	-235,56	-
10	50	5,48E-06	1,72265E-05	-214,29	-

Pada kedalaman 40-45 m, diperoleh nilai koefisien permeabilitas pada CH lebih besar daripada PH. Maka tidak dapat dihitung efektivitasnya atau hasilnya menjadi minus. Masalah tersebut biasa terjadi di lapangan karena pada saat injeksi semen dengan menggunakan tekanan tertentu maka bisa mengakibatkan rekahan sekitar melebar dan nilai koefisien permeabilitasnya menjadi besar. Selain itu campuran *grouting* yang masuk juga mengganggu kestabilan tanah, karena pada dasarnya bahan yang dimasukkan ke tanah tidak sebaik tanah asli. Namun untuk keadaan tersebut tidak menjadi masalah dengan syarat nilai *lugeon* sudah kurang dari 3 yang berarti tanah tidak perlu dilakukan *grouting* lagi.

Rata-rata efektivitas menunjukkan bahwa pengaruh *grouting* yang dilakukan sangat baik dan nilai *lugeon* pada CH tidak ada yang lebih dari 5, maka dapat digunakan jarak spasi 2 meter pada *curtain grouting*. Sedangkan untuk *subcurtain* dan *blanket* tetap menggunakan jarak 3 meter karena pada *subcurtain* hanya sebagai transisi dari *blanket* dan *curtain*. Namun apabila nilai *lugeon* rata-rata pada *subcurtain* dan *blanket* di salah satu blok masih terlalu besar dapat ditambahkan titik *grouting* agar nilai *lugeon* menjadi kecil. Penambahan titik tersebut atas persetujuan dari konsultan.

Untuk denah lubang *grouting* pada blok L dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 4 Detail titik grouting pada blok L

### Rencana Campuran *Grouting*

Untuk menentukan perlu atau tidaknya pekerjaan *grouting*, dapat dilihat dari nilai *Lugeon* dari hasil *Water Pressure Test*. Sesuai spesifikasi teknis pada dokumen kontrak, perlu

dilakukan *grouting* jika nilai *Lugeon* hasil WPT lebih dari 3. Komposisi campuran semen : air secara jelas berdasarkan nilai *lugeon* dapat dilihat pada tabel campuran *grouting* berikut

Tabel 3 Campuran *grouting*

Lu	Campuran	Semen (Kg)	Air (Liter)	Pasir (Kg)	Batch	Vol. 1 Batch (Lt)	Vol. Total (Lt)	Vol. Kumulatif (Lt)	Total Semen (Kg)	Total Kumulatif Semen (Kg)
3 < Lu < 10	1 : 10	20	200		3	206,37	619,11	619,11	60	60
	1 : 5	25	125		4	132,96	531,84	1150,95	100	160
	1 : 3	50	150		4	165,92	663,68	1814,63	200	360
	1 : 2	50	100		3	115,92	347,76	2162,39	150	510
	1 : 1	150	150		3	197,77	593,31	2755,7	450	960
	1 : 0.5	200	100		2	163,69	327,38	3083,08	400	1360
	1 : 1 : 0.5	100	100	50	42	150,93	6339,06	9422,14	4200	5560
10 < Lu < 20	1 : 5	25	125		4	132,96	531,84	531,84	100	100
	1 : 3	50	150		4	165,92	663,68	1195,52	200	300
	1 : 2	50	100		4	115,92	463,68	1659,2	200	500
	1 : 1	150	150		4	197,77	791,08	2450,28	600	1100
	1 : 0.5	200	100		3	163,69	491,07	2941,35	600	1700
	1 : 1 : 0.5	100	100	50	46	150,93	6942,78	9884,13	4600	6300
Lu > 20	1 : 3	50	150		3	165,92	497,76	497,76	150	150
	1 : 2	50	100		4	115,92	463,68	961,44	200	350
	1 : 1	150	150		5	197,77	988,85	1950,29	750	1100
	1 : 0.5	200	100		6	163,69	982,14	2932,43	1200	2300
	1 : 1 : 0.5	100	100	50	46	150,93	6942,78	9875,21	4600	6900

### Metode Pelaksanaan *Grouting*

Metode pelaksanaan *grouting* pada Bendungan Cipanas menggunakan metode bertahap ke bawah dengan *packer* karena pada awal investigasi keadaan tanah mudah runtuh maka metode inilah yang aman digunakan. Sedangkan metode yang digunakan untuk pemindahan titik *grout* adalah metode pisah split (*split-spacing*). Metode ini menggunakan pola Primer (P) – Primer (P) – Sekunder (S) – Sekunder (S) – Tersier (T) – Tersier (T) di dalam satu baris. Pola ini ditujukan agar *grouting* yang dilakukan pada sebuah lubang tidak mengganggu *grouting* lubang yang lainnya. Idealnya jarak antara primer ke primer lebih dari 3 meter.



Gambar 5 *Split Spacing Method*

### Evaluasi Keberhasilan *Grouting*

Untuk mengetahui efektivitas dari *grouting* yang pertama dilakukan menghitung nilai *lugeon* pada CH dan PH yang didapat dari hasil *Water Pressure Test*. Tabel berikut ini hasil dari perhitungan nilai *lugeon* pada PH 8 dan CH J (Blok J).

Tabel 4 Nilai *Lugeon* PH 8

No. Lubang	Stage	Kedalaman (m)	L (m)	Tanggal WPT & Grouting	Lugeon (Lu)
<b>DCP 91 (PH 08)</b>	1	5	5	14-Aug-20	30,00
	2	10	5	15-Aug-20	17,09
	3	15	5	15-Aug-20	16,46
	4	20	5	16-Aug-20	16,58
	5	25	5	19-Aug-20	18,83
	6	30	5	23-Aug-20	35,52
	7	35	5	24-Aug-20	15,73
	8	40	5	25-Aug-20	11,19
	9	45	5	26-Aug-20	2,60
	10	50	5	28-Aug-20	2,60
Rata-rata nilai lugeon					16,66

Tabel 5 Nilai *Lugeon* CH J

No. Lubang	Stage	Kedalaman (m)	L (m)	Tanggal WPT & Grouting	Lugeon (Lu)
<b>CH J</b>	1	5	5	15-Oct-20	2,84
	2	10	5	15-Oct-20	2,94
	3	15	5	15-Oct-20	2,95
	4	20	5	16-Oct-20	2,8
	5	25	5	17-Oct-20	2,67
	6	30	5	17-Oct-20	2,8
	7	35	5	17-Oct-20	2,83
	8	40	5	17-Oct-20	2,74
	9	45	5	18-Oct-20	2,71
	10	50	5	18-Oct-20	2,92
Rata-rata nilai lugeon					2,82

Selanjutnya dilakukan perhitungan permeabilitas. Tabel berikut menunjukkan hasil dari perhitungan nilai *permeabilitas* pada PH 8 dan CH J (Blok J).

Tabel 6 Koefisien *permeability* PH 8

No. Lubang	Stage	Kedalaman (m)	L (m)	Tanggal WPT & Grouting	Lugeon (Lu)	K (cm/sec)
<b>DCP 91 (PH 08)</b>	1	5	3	14-Aug-20	30,00	7.83E-05
	2	10	5	15- Aug -20	17,09	4.46E-05
	3	15	5	15- Aug -20	16,46	4.30E-05
	4	20	5	16- Aug -20	16,58	4.44E-05
	5	25	5	19- Aug -20	18,83	4.92E-05
	6	30	5	23- Aug -20	35,52	9.27E-05
	7	35	5	24- Aug -20	15,73	4.11E-05
	8	40	5	25- Aug -20	11,19	2.92E-05
	9	45	5	26- Aug -20	2,36	6.15E-05
	10	50	5	28- Aug -20	2,60	6.80E-05

Tabel 7 Koefisien *permeability* CH J

No. Lubang	Stage	Kedalaman (m)	L (m)	Tanggal WPT & Grouting	Lugeon (Lu)	K (cm/sec)
CH J	1	5	5	15-Oct-20	2,84	7.40E-06
	2	10	5	15- Oct -20	2,94	7.67E-06
	3	15	5	15- Oct -20	2,95	7.71E-06
	4	20	5	16- Oct -20	2,8	7.32E-06
	5	25	5	17- Oct -20	2,67	6.87E-06
	6	30	5	17- Oct -20	2,8	7.32E-06
	7	35	5	17- Oct -20	2,83	7.38E-06
	8	40	5	17- Oct -20	2,74	7.16E-06
	9	45	5	18- Oct -20	2,71	7.08E-06
	10	50	5	18- Oct -20	2,92	7.62E-06

Efektivitas pekerjaan *grouting* di blok J masing-masing stagenya pada tabel berikut

Tabel 8 Efektivitas *grouting* Blok J

NO	KEDALAMAN	KOE.SEBELUM GROUTING	KOE.SETELAH GROUTING	EFEKTIVITAS (%)	Ket
1	5	7,83E-05	7,40E-06	90,55	SANGAT BAIK
2	10	4,46E-05	7,67E-06	82,80	BAIK
3	15	4,30E-05	7,71E-06	82,07	BAIK
4	20	4,44E-05	7,32E-06	83,51	BAIK
5	25	4,92E-05	6,87E-06	86,04	BAIK
6	30	9,27E-05	7,32E-06	92,10	SANGAT BAIK
7	35	4,11E-05	7,38E-06	82,04	BAIK
8	40	2,92E-05	7,16E-06	75,48	BAIK
9	45	6,15E-05	7,08E-06	88,49	BAIK
10	50	6,80E-05	7,62E-06	88,79	BAIK

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *grouting* yang dilakukan pada blok J mempunyai pengaruh yang baik atau sudah efektif.

Evaluasi pekerjaan *grouting* dengan melihat nilai *lugeon*. Karakteristik penyebaran dimulai dari lubang pilot kemudian disusul primer, sekunder, tersier dan lubang uji makin sempit dan nilai *Lugeon* makin kecil. Berikut adalah table nilai *lugeon* dari metode *split – spacing* seluruh blok.

Tabel 9 Nilai *lugeon* dari metode *split – spacing*

Uraian	Blok	Pilot hole	Lubang Primer	Lubang Sekunder	Lubang Tersier	<i>Check hole</i>
Harga rata-rata Lu	A1	32,74	15,56	15,35	13,96	2,36
	A	-	15,57	15,79	13,96	-
	B	25,97	19,19	16,22	16,12	-
	C	-	24,05	19,10	18,96	2,23
	D	20,79	17,96	21,86	15,76	-
	E	-	24,40	20,95	17,49	2,39
	F	26,50	25,99	21,70	15,63	1,95
	G	-	28,63	23,29	15,49	2,22
	H	-	28,81	23,99	17,46	-
	H1	20,54	28,13	23,70	16,65	2,49
	I1	27,33	17,04	16,15	10,54	2,58
	I2	-	37,65	29,90	12,92	2,65
	I3	21,74	29,62	24,38	12,54	2,74
	I4	-	29,50	21,17	14,55	2,74
	J	32,45	27,94	19,95	14,47	2,82
	K	-	27,73	23,95	18,35	2,76
	L	25,67	24,62	24,05	19,89	2,69
	M	-	38,83	33,44	27,14	1,73
	N	29,28	38,98	32,91	29,94	1,84
	O	-	38,65	33,90	28,86	1,74
	P	22,84	30,23	22,39	20,93	1,85
	Q	-	27,25	21,94	19,24	0,99
	R	22,94	21,01	17,54	15,16	1,59
	S	-	20,37	18,74	12,39	1,51
T	29,42	21,60	21,07	12,68	-	
U	-	20,36	15,03	13,95	1,68	
V	20,94	21,15	20,99	17,61	2,19	
W	-	24,98	22,31	22,24	2,01	
X	26,35	25,38	25,04	20,67	-	
Y	-	17,34	14,99	10,24	2,27	
Rata-rata		25,70	25,62	22,06	17,19	2,17

Seperti yang terlihat pada tabel di atas, bahwa hasil perhitungan menunjukkan penurunan dari nilai *lugeon* secara signifikan dari lubang pilot, lubang primer, lubang sekunder, lubang tersier dan terakhir lubang uji. Berdasarkan evaluasi nilai *lugeon* terhadap efektifitas *grouting*, disimpulkan bahwa metode *split-spacing* dapat digunakan pada pekerjaan *grouting* Bendungan Cipanas.

#### 4. PENUTUP

Setelah dilakukan *review* perencanaan *grouting* bendungan dan menghitung efektivitas pada bendungan Cipanas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- A. Berdasarkan data dari pemboran inti didapatkan nilai koefisien permeabilitas (K) profil hasil pemboran sebesar 0,000241 maka tanah termasuk semi kedap, dari hasil nilai RQD didapat rata-rata sebesar 30% - 50% yaitu memiliki kualitas batuan yang buruk.
- B. Satuan Batuan yang membentuk daerah penelitian adalah batuan sedimen vulkanik yaitu; Satuan Batupasir Tufaan, dan Satuan Batulempung Tufaan.
- C. Berdasarkan hasil dari *Trial grouting* didapat desain akhir dengan jumlah 527 titik *curtain grouting* sedalam 50 meter dengan jarak antar lubang sebesar 2 meter, 728 titik *blanket grouting* sedalam 5 meter dengan jarak antar lubang 3 meter, dan 222 titik *subcurtain grouting* sedalam 10 meter dengan jarak antar lubang 3 meter.
- D. Metode pelaksanaan *grouting* pada Bendungan Cipanas menggunakan metode bertahap ke bawah dengan *packer (downstage with packer)*.
- E. Berdasarkan rumus perhitungan perubahan nilai *lugeon*, efektivitas pekerjaan *grouting* pada bendungan Cipanas adalah baik sampai sangat baik.
- F. Berdasarkan evaluasi nilai *lugeon* terhadap efektifitas *grouting*, disimpulkan bahwa metode *split-spacing* dapat digunakan pada pekerjaan *grouting* Bendungan Cipanas.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraeni, Sari Dian. 2018. *Metode Pelaksanaan dan Evaluasi Efektivitas Grouting pada Proyek Pembangunan Karian Multi Purpose DAM Banten*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Badan Standardisasi Nasional. 1991. *Tata Cara Pelaksanaan Injeksi Semen Pada Batuan (SNI 03-2393-1991)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia Cara Uji Kelulusan Air Bertekanan di Lapangan*. Jakarta.
- DPU. 2005. *Pedoman Grouting Untuk Bendungan*. Direktorat Jendral Sumber Daya Air.
- Hatmoko, J.T. dan Hendra, S. 2020. *Teknologi Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: 2020
- 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.
- Pemerintah Indonesia. 1997. Peraturan Menteri Nomor 72/PRT/1997 tentang Keamanan Bendungan. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Suprpto, dan Dwiyanto, J. 2005. *Pelatihan Grouting*. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Dinas Pengelolah Sumber Daya Air. Semarang.