

Metode Pelaksanaan dan Evaluasi Biaya Pekerjaan *Drilling* dan *Grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 di Kabupaten Trenggalek (MYC)

Edwardo Pradana Anugerah Nurtjahja (23-835)

Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 di Kabupaten Trenggalek (MYC),

Divisi Operasi 2, PT. Brantas Abipraya (Persero)

E-mail : edwardprdn@gmail.com

Abstrak

Bendungan memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya air, baik untuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, maupun penyediaan air bersih. Oleh karena itu, pembangunan bendungan harus dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek teknis yang sangat detail untuk menjamin keamanan, stabilitas, dan fungsionalitasnya. Agar stabilitas tanah pada tubuh bendungan baik, dilakukan perbaikan tanah berupa drilling dan grouting. Drilling dan grouting bertujuan untuk memperbaiki kekuatan tanah dan mengurangi permeabilitasnya, sehingga dapat mendukung beban struktural bendungan dengan lebih baik. Pada artikel ini menjelaskan metode kerja dan evaluasi biaya dari pekerjaan drilling dan grouting pada Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1.

Kata Kunci: *Drilling dan Grouting, Metode Pelaksanaan, Evaluasi biaya.*

Abstract

Dams play a crucial role in water resource management, whether for irrigation, hydropower generation, flood control, or clean water supply. Therefore, the construction of dams must be carried out with careful consideration of various technical aspects to ensure safety, stability, and functionality. To ensure the stability of the soil within the dam structure, soil improvement measures such as drilling and grouting are performed. Drilling and grouting aim to enhance the soil's strength and reduce its permeability, thereby better supporting the dam's structural load. This article explains the working methods and cost evaluation of the drilling and grouting works in the Bagong Dam Construction Project, Package 1.

Keywords: *Drilling and Grouting, Work Methods, Cost Evaluation.*

PENDAHULUAN

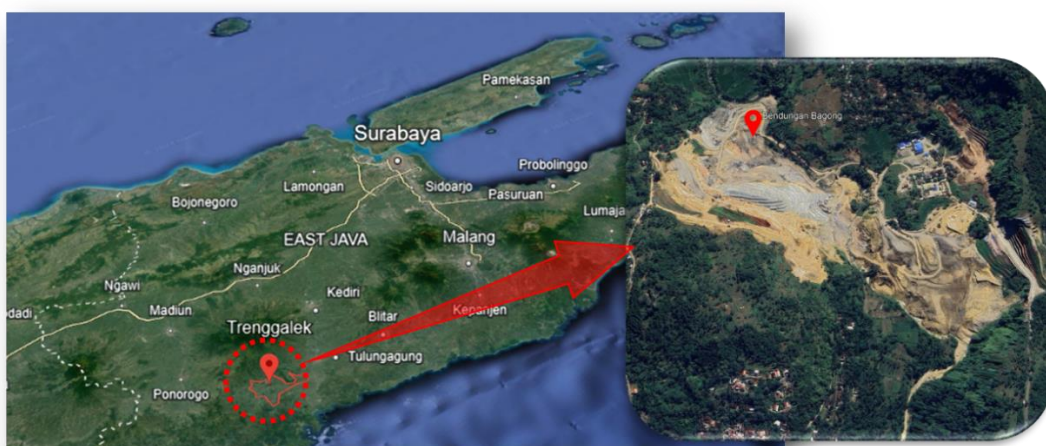
Bendungan memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya air, baik untuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, maupun penyediaan air bersih. Oleh karena itu, pembangunan bendungan harus dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek teknis yang sangat detail untuk menjamin keamanan, stabilitas, dan fungsionalitasnya. Salah satu proyek yang tengah dilaksanakan oleh PT. Brantas Abipraya adalah pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 di Kabupaten Trenggalek, yang merupakan bagian dari upaya pemerintah untuk meningkatkan infrastruktur sumber daya air (SDA) di Indonesia.

Dalam proses pembangunan bendungan bagong paket 1 menghadapi tantangan geoteknik yang signifikan, terutama terkait dengan kondisi tanah dasar yang tidak merata dan berpotensi mempengaruhi stabilitas struktur bendungan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penanganan khusus pada pondasi bendungan, salah satunya melalui pekerjaan *drilling* dan *grouting*. Metode ini digunakan untuk memperbaiki kekuatan tanah dan mengurangi permeabilitasnya, sehingga dapat mendukung beban struktural bendungan dengan lebih baik.

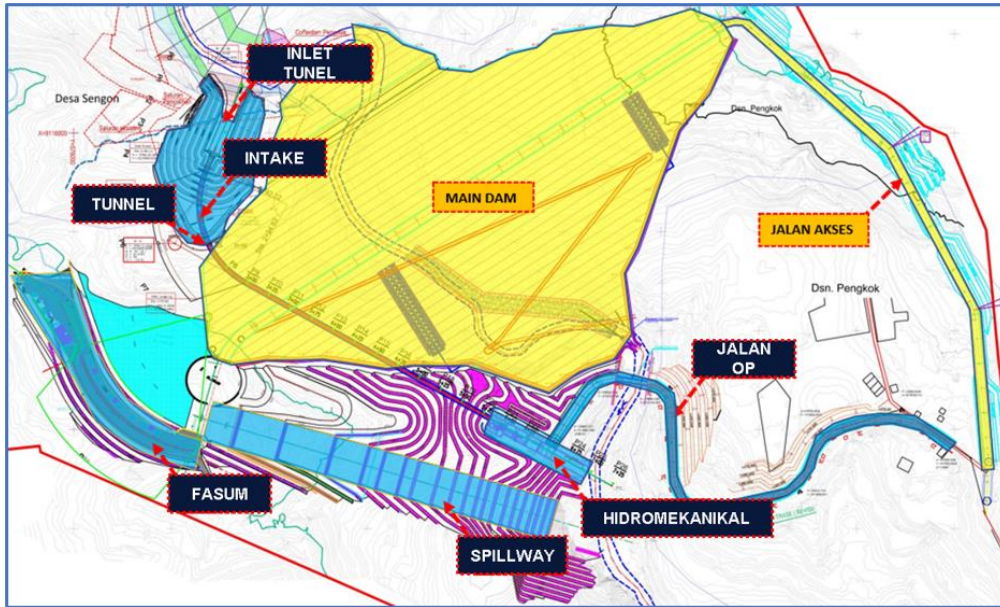
Artikel ini bertujuan untuk menjelaskan metode pelaksanaan pekerjaan *drilling* dan *grouting* pada proyek pembangunan bagong paket 1 serta mengevaluasi biaya dari item pekerjaan tersebut, sehingga dapat diketahui apakah item pekerjaan tersebut menghasilkan laba atau rugi.

METODE

Artikel ini dilakukan di Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Proyek ini dikerjakan oleh kontraktor pelaksana yaitu Abipraya – SACNA , KSO. Sedangkan untuk Konsultan Supervisi yaitu Raya Konsultan – BSI – CEC, KSO. Peta lokasi pekerjaan dan *layout* Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2, sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Pekerjaan Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1.



Gambar 2. *Layout* Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1.

Adapun tahapan dalam pembuatan artikel ini yaitu: pertama, tahapan persiapan, dimulai dari menyiapkan materi, literatur atau studi yang berkaitan dengan artikel ini. Kedua, mengumpulkan data terkait *drilling* dan *grouting* serta data lapangan yang berkaitan dengan artikel ini.

Diagram alir metode pembuatan artikel dapat dilihat pada Diagram 1, sebagai berikut:

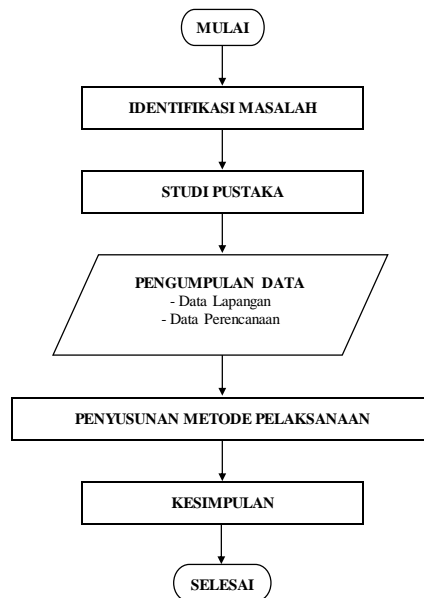


Diagram 1. Diagram Alir Metode Pembuatan Artikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

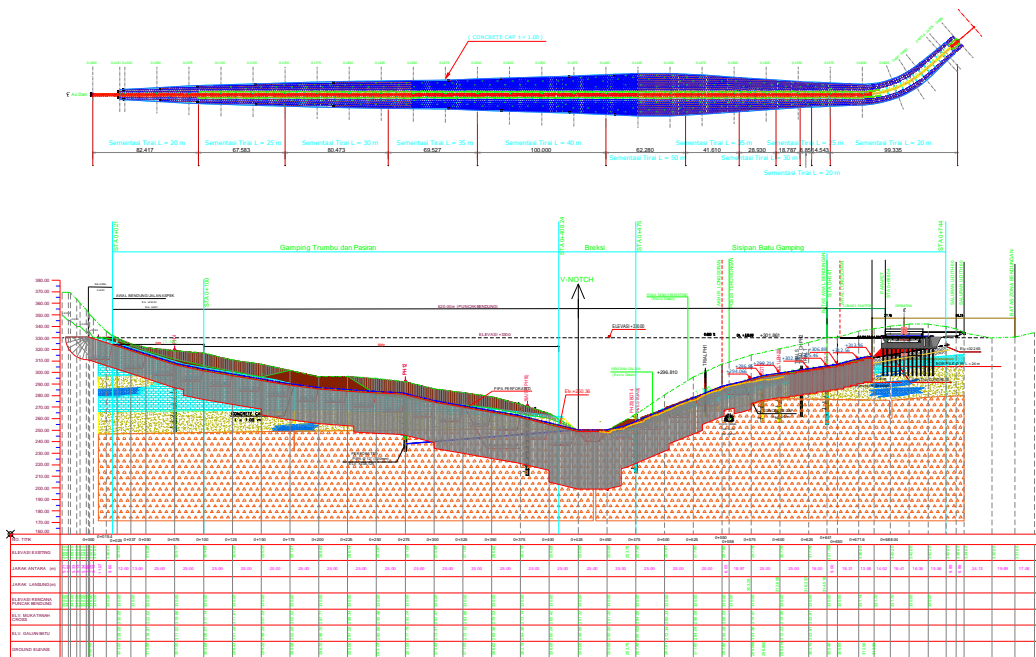
Grouting digunakan sebagai salah satu cara untuk perbaikan pondasi (*foundation treatment*) pada bangunan air seperti bendungan. Perbaikan pondasi dengan metode *grouting* dapat dilakukan di semua tipe bendungan baik tipe urugan maupun tipe beton. Secara garis besar *grouting* pada pondasi adalah proses injeksi beton yang dimasukkan ke dalam pondasi bawah permukaan tanah melalui lubang yang telah dilakukan pengeboran sebelumnya. Dengan dilakukannya perbaikan pondasi menggunakan *grouting* ini diharapkan tidak terjadinya aliran rembesan air pada pondasi bendungan yang dapat mengakibatkan erosi.

Dalam BOQ Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1, pekerjaan *grouting* dibagi atas beberapa pekerjaan, antara lain:

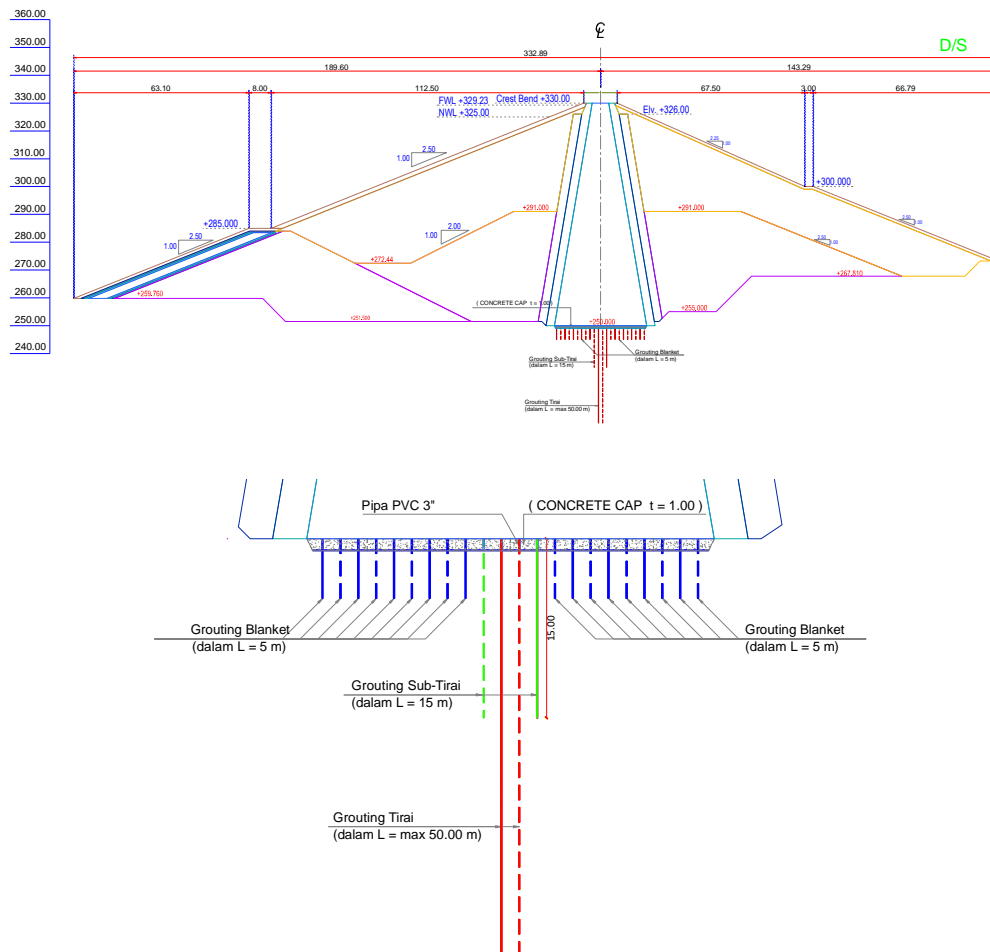
NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KONTRAK/ ADDENDUM
			VOLUME
3.2.	Pekerjaan Drilling dan Grouting		
1	Drilling untuk lubang curtain Grouting		
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	5,472.00
b	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 10 m - 20 m	m	5,082.00
c	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 20 m - 30 m	m	3,426.00
d	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman > 30 m	m	2,214.00
2	Drilling untuk lubang sub curtain		
a	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 0 - 10 m	m	5,376.00
b	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 10 - 20 m	m	2,688.00
3	Drilling untuk lubang Blanket		
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	8,568.00
4	Drilling, untuk check hole dan pilot hole, termasuk pengambilan core sampel:		
a	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 0 - 10 m	m	3,330.00
b	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 10 - 20 m	m	3,117.00
c	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 20 - 30 m	m	2,121.00
d	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman > 30 m	m	1,374.00
5	Grouting (operasional dan material)	ton	2,552.40
6	Tes Tekanan air/Lugeon tes untuk pilot hole dan checkhole		
a	Water pressure test untuk lubang curtain grouting (1 tekanan)	kali	8,411.33
b	Water pressure test untuk pilot & check hole (7 tekanan)	nos	428.00
7	Beton K-225	m ³	863.39
8	Besi Tulangan Ulir	ton	38.85
9	Bekisting Non Expose	m ²	1,333.86
10	Pemasangan Pipa Pelindung	m	2,347.00
11	Redrilling	kali	-
11.a	Redrilling Untuk Lubang Curtain dan Sub Curtain Grouting		
a	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	-
b	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	-
c	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 20 m - 30 m	m	-
d	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman > 30 m	m	-
e	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	-
f	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	-
g	Soil Nailing D25	m	1,308.00
h	Pelaksanaan MASW (Multi-Channel Surface Wave)	Ls	1.00

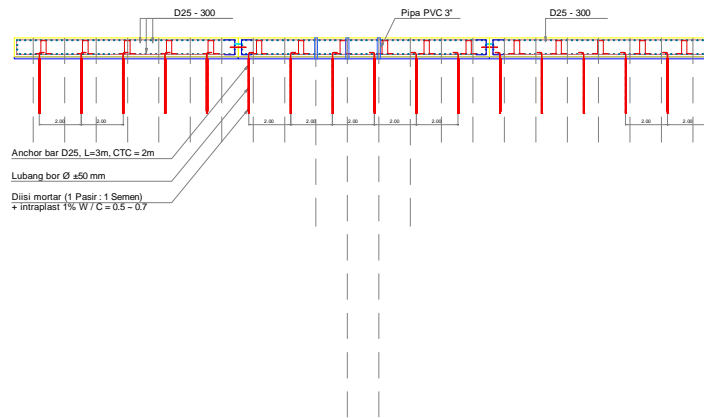
Gambar 3. BOQ Pekerjaan *Drilling Dan Grouting*.

Pekerjaan *drilling* dan *grouting* akan dilaksanakan di lokasi *maindam* seperti gambar di bawah ini:

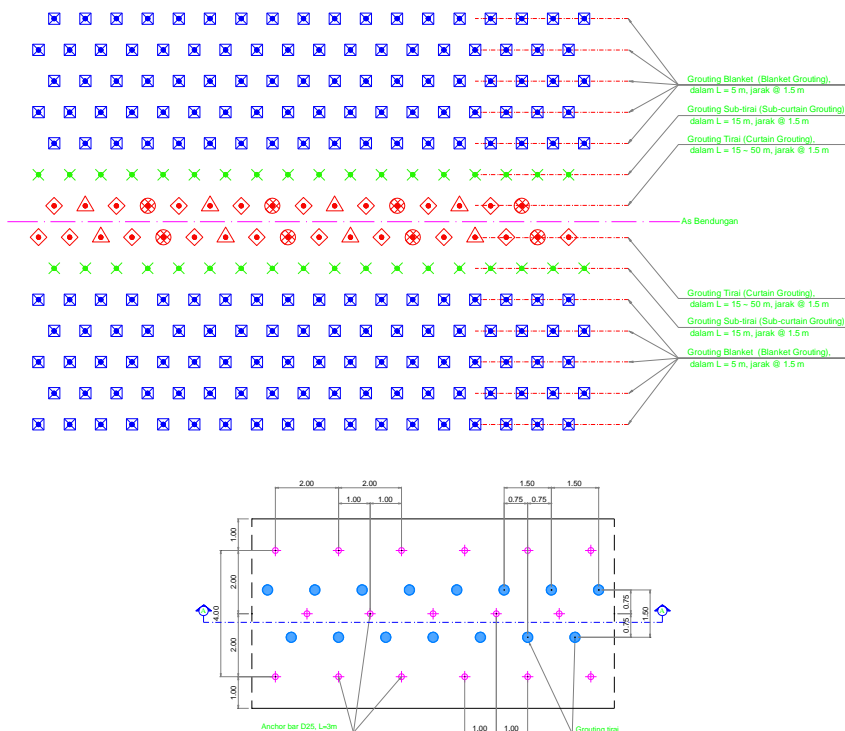


Gambar 4. Potongan Memanjang Pekerjaan *Drilling* dan *Grouting*.





Gambar 5. Potongan Melintang Pekerjaan *Drilling* dan *Grouting*.



Gambar 6. Gambar Detail Pekerjaan *Drilling* dan *Grouting*.

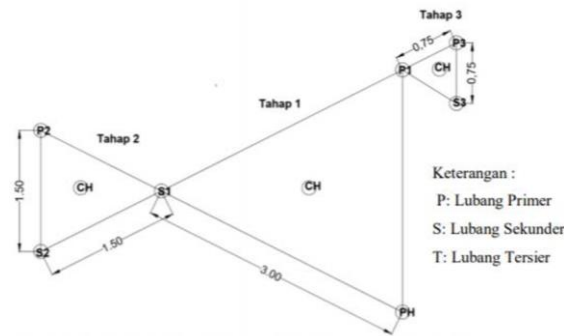
Urutan pelaksanaan *drilling* dan *grouting* adalah sebagai berikut:



1. Trial Grouting

Sebelum dilakukannya pekerjaan *drilling* dan *grouting* akan dilakukan *trial grouting*, tujuan dilaksanakannya *trial grouting* adalah untuk mendapatkan pola dan jarak yang paling efektif, besar tekanan *grouting*, cara pelaksanaannya, perkiraan jumlah beban campuran dan mengetahui efektivitas hasil *grouting*.

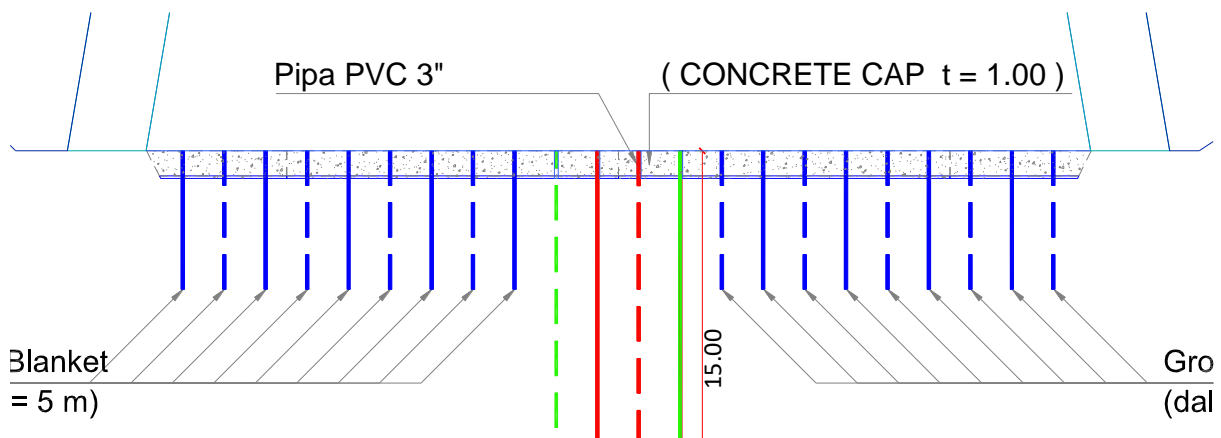
Terdapat beberapa tahapan pada *trial grouting*, pada tahap pertama *grouting* akan dilakukan dengan pola segitiga dengan jarak 3 meter. Apabila hasil belum memenuhi maka akan dilakukan *trial* tahap dua, pada tahap kedua masih dengan pola segitiga namun dengan jarak 1.5 meter. Apabila masih belum memenuhi maka akan dilaksanakan *trial grouting* tahap tiga, dengan pola segitiga dengan jarak yang lebih kecil. Ilustrasi pelaksanaan *trial grouting* dapat dilihat pada gambar ilustrasi berikut:



Gambar 7. Ilustrasi *Trial Grouting*.

2. Pekerjaan *Grout Cap*

Grout cap dilaksanakan di awal dengan tujuan untuk meningkatkan stabilitas dan permeabilitas lapisan permukaan pondasi dan membantu mencegah munculnya material *grouting* keluar ke permukaan ketika pelaksanaan *grouting* nantinya.



Gambar 8. *Concrete Cap* pada pekerjaan *Drilling* dan *Grouting*.

Pekerjaan pembetonan dimulai setelah pekerjaan galian pondasi selesai dilaksanakan, setelah itu pemasangan bekisting dan pembesian, setelah itu melakukan pembersihan dan persiapan beton dan lab, setelah itu pekerjaan pengecoran, *curing* dan pembongkaran bekisting. Pengecoran maksimum pada satu hari ± 200 m³/hari untuk jam kerja normal atau ± 400 m³/hari untuk 2 *shift* kerja.

Pelaksanaan pekerjaan beton (*grout cap*) dilakukan dengan membagi per bagian menjadi beberapa blok, sedangkan dalam satu blok akan dilaksanakan sekaligus setinggi

rencana *capping* (tebal *capping* 1 m). Pembagian blok berdasarkan pada segmen rencana dalam gambar teknis.

Pada pekerjaan bekisting menggunakan bekisting berbahan kayu dan multipleks dengan ketebalan 3 mm, pemasangan bekisting dilengkapi dengan plastik cor, separator, *tie rod* dan balok *support*. Sebelum dilakukan pengecoran, bagian bekisting yang akan terkena semen akan di olesi *oil form* atau material pelapis bekisting lainnya.

Pekerjaan pemasangan pembesian dilaksanakan sesuai dengan gambar pembesian yang sudah disetujui oleh konsultan dan direksi dan sudah sesuai dengan kode besi (*bar list*) yang diambil dari *bar bender* dan *bar cutter workshop*.

Pada persiapan pengecoran, campuran semen akan ditentukan melalui tes campuran atau *Job Mix Test* dengan acuan kekuatan beton, nilai *slump* dan lainnya sesuai dengan spesifikasi teknis. Beton diproduksi menggunakan *batching plant* yang di dirikan oleh proyek di lokasi proyek dan beton akan di mobilisasikan ke lokasi pekerjaan menggunakan *truck mixer*.

Setelah pelaksanaan pengecoran, dilaksanakan pekerjaan *curing/perawatan*. *Curing* beton dilakukan selama 7 hari. Selama proses *curing*, beton akan ditutup dengan *geotextile* dan dilakukan penyiraman secara berkala. Pada sambungan antar segmen di pasang *waterstop*, yang bertujuan untuk mencegah rembesan air yang ada pada sambungan beton.

Untuk menghasilkan pekerjaan pembetonan yang kualitas dan mutunya sesuai dengan yang diprasyaratkan, maka harus dilakukan kontrol terhadap kualitas dan mutunya oleh tim laboratorium bersama tim *engineering* mulai dari belum dimulainya pekerjaan hingga pekerjaan selesai dilaksanakan. Kontrol kualitas yang dilakukan antara lain: tes material (agregat, semen, air), pelaksanaan *Job Mix*, Pengontrolan komposisi material selama produksi di *batching plant*, pelaksanaan *slump test*, pengambilan sampel untuk tes kuat tekan beton di laboratorium dan melakukan pelaksanaan tes kuat tekan beton baik di laboratorium maupun pada struktur yang sudah jadi bila diperlukan.

3. Pekerjaan *Drilling & Grouting*

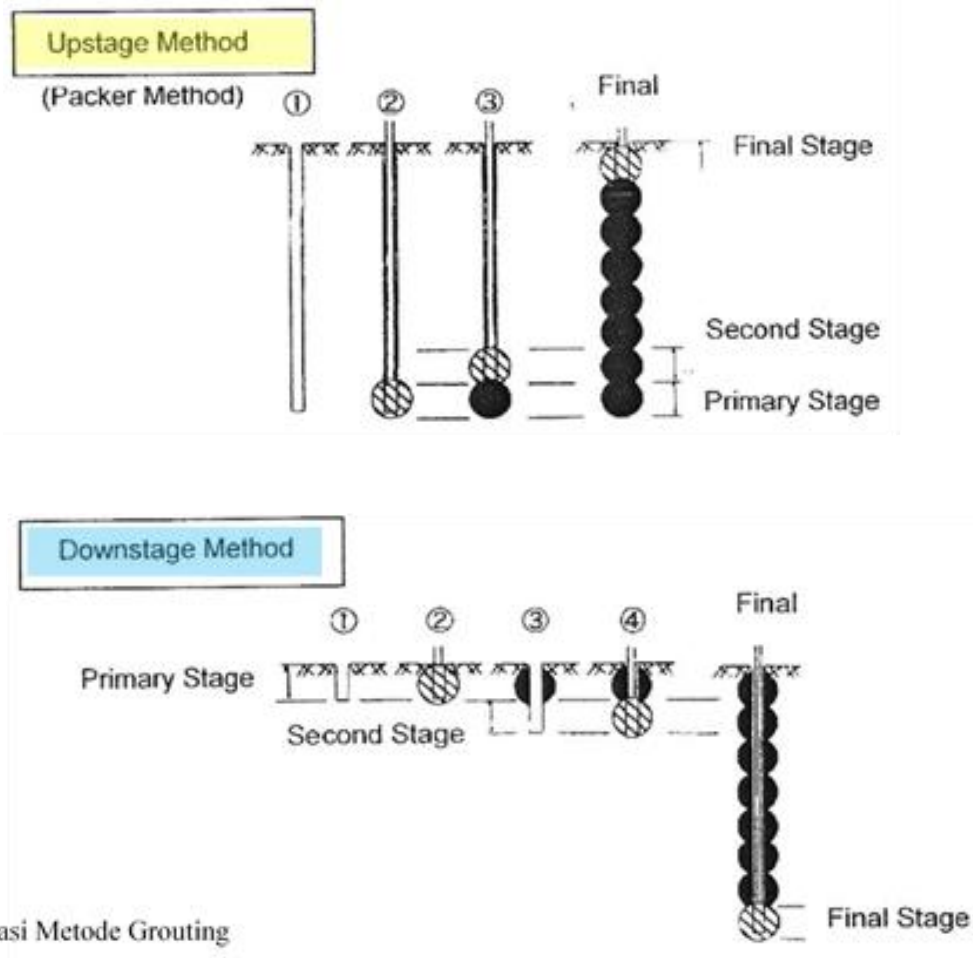
Curtain grouting berfungsi untuk membentuk tabir atau penyekat di pondasi bendungan dengan menyuntikkan semen *grouting* dengan tekanan tertentu ke dalam lubang yang telah di bor sebelumnya. Tujuannya untuk membentuk lapisan vertikal kedap air di bawah permukaan sehingga aliran air bawah tanah tidak bisa merembes ke dalam pondasi bendungan dan juga untuk menambah daya dukung pondasi bendungan.

Sedangkan *blanket grouting* dilaksanakan bersamaan atau sebelum *curtain grouting*, berfungsi membentuk zona permeabilitas rendah di bagian yang landai pada batu pondasi bendungan di sekitar daerah *curtain grouting* untuk menghindari kebocoran dan untuk membuat penyebaran *curtain grouting* yang efektif, dan juga untuk menghindari kontak berbahaya pada dasar inti kedap air dengan arus rembesan air yang melalui pondasinya.

Check hole merupakan kegiatan di akhir proses pekerjaan, hal ini diperlukan untuk mengetahui apakah tanah yang di *grout* sudah terekatkan oleh semen atau belum. Proses

check hole dilakukan setelah injeksi *grout* pada satu blok selesai, *check hole* dilakukan dengan cara mengambil sampel *core* tanah dengan mengebor tanah di antara dua titik *grout*.

Terdapat dua metode pelaksanaan *grouting* yang digunakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 yaitu metode *Upstage* dan metode *Downstage*, ilustrasi metode *grouting* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gbr. Ilustrasi Metode Grouting

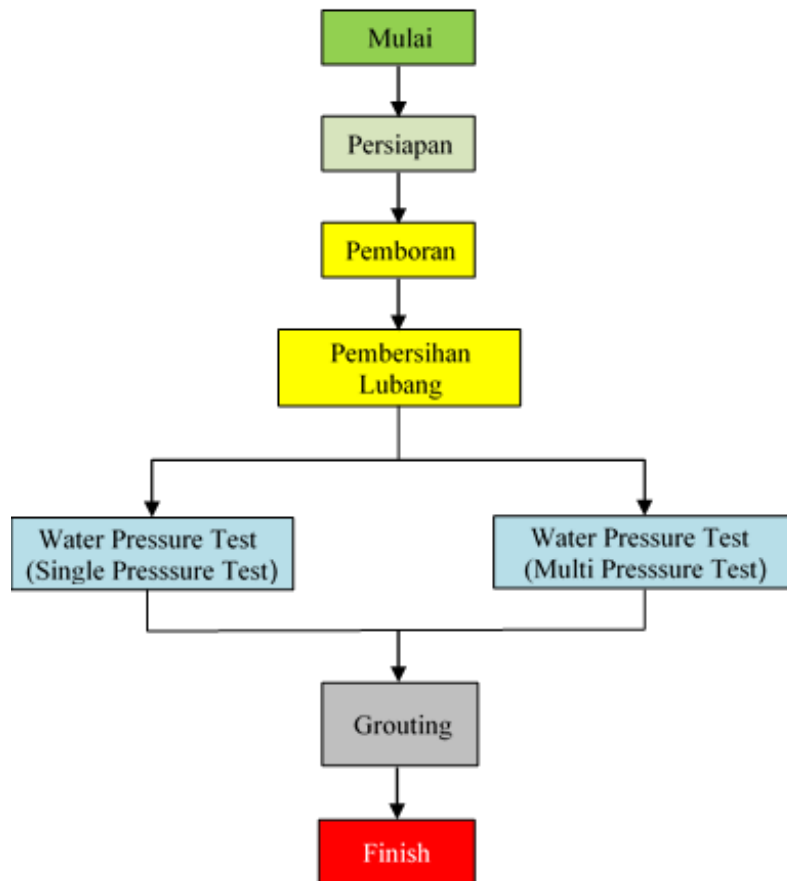
Gambar 9. Ilustrasi Metode *Grouting Downstage Method*.

Dari ilustrasi di atas, dapat dipahami bahwa pada metode *grouting Upstage*, pengeboran lubang *grouting* dilakukan sampai kedalaman yang di rencanakan, selanjutnya melakukan pembersihan dengan memasukkan air bertekanan hingga air yang keluar dari lubang tidak kotor dan di beri jeda minimal 4 jam, selanjutnya pemasangan *packer*, melakukan *Water Pressure Test (WPT)* dan pelaksanaan *grouting*. Setelah itu pemasangan *packer* pada kedalaman yang di atasnya dan melakukan injeksi *grout*, ulangi hingga final stage dan terakhir menutup lubang *grouting* dengan semen *backfill*. Metode ini digunakan jika tidak terjadi keruntuhan tanah pada waktu pengeboran lubang *grouting*.

Sedangkan pada metode *grouting Downstage*, dimulai dari pengeboran *stage* awal hingga kedalaman awal (5 m) dan dilakukan pembersihan dengan air bertekanan dan diberi jeda 4 jam, kemudian di pasang *packer* dan melaksanakan *Water Pressure Test (WPT)*, lalu

menginjeksikan *grout* ke dalam lubang dengan menggunakan pompa bertekanan, setelah semen mengeras dilakukan *redrilling* sampai *stage* ke dua, pasang kembali *packer* pada *stage* ke dua dan injeksi *grout* ulangi proses ini hingga *final stage* atau kedalaman akhir, lalu menutup lubang *grout* dengan mortar dan semen *backfill*. Metode ini digunakan ketika kondisi tanah di lapangan gampang mengalami keruntuhan atau rawan mengalami longsor akibat kondisi tanah yang kurang baik, namun waktu pelaksanaannya menjadi lebih lama.

**FLOW CHART PELAKSANAAN
PEMBORAN DAN GROUTING**



Gambar 10. Flow Chart Pelaksanaan Drilling dan Grouting.

1. Persiapan *Drilling* dan *Grouting*

Sebelum memulai pekerjaan, dilakukan studi geoteknik untuk memahami kondisi tanah atau batuan di bawah bendungan. Ini melibatkan pengeboran uji dan pengujian laboratorium untuk menentukan karakteristik tanah, seperti permeabilitas, kekuatan, dkehadiran retakan atau rongga. Selain itu hal yang perlu dipersiapkan yaitu melakukan *trial grouting*, menentukan titik-titik *grouting*, menyiapkan lahan pekerjaan *grouting*, menyiapkan material, alat dan pekerja untuk pekerjaan *drilling* dan *grouting* dengan pengadaan atau mobilisasi.

2. Pelaksanaan Pengeboran

Pada pelaksanaan pengeboran, lubang *grouting* dibuat menggunakan mesin bor yang dilengkapi dengan mata bor yang sesuai untuk jenis tanah atau batuan yang akan ditembus.

Pengeboran dilakukan secara hati-hati untuk menghindari gangguan yang berlebihan pada struktur tanah atau batuan. lubang *grouting* tidak boleh kurang dari 45 mm, sedangkan lubang pilot dan *check hole* berdiameter luar 76 mm dan diameter dalam 73 mm. Lubang *blanket grouting* berdiameter 46 mm, lubang *sub-curtain* dan *curtain* berdiameter 65 mm, Tahapan *drilling* dilaksanakan dengan kedalaman per 5 m.



Gambar 11. Gambar Pelaksanaan *Boring*.

3. Pembersihan Lubang

Setelah selesai pelaksanaan *drilling* maka selanjutnya dilakukan pembersihan lubang *grouting* dari material lepas yang masuk ke dalam lubang. Pembersihan lubang dilakukan dengan cara menyemprotkan air bertekanan ke dalam lubang selama kurang lebih 10 menit sampai air yang keluar dari lubang dalam kondisi bersih.



Gambar 12. Gambar Pelaksanaan Pembersihan Lubang *Grouting*.

4. Proteksi Lubang *Grouting*

Proteksi lubang *grouting* dilakukan setelah selesai pembersihan lubang dan sambil menunggu tahap berikutnya, pekerjaan ini dilakukan untuk mencegah masuknya kotoran di sekeliling lubang. Proteksi lubang *grouting* dilakukan dengan cara menutup lubang menggunakan kayu atau material penutup lain yang layak sebagai bahan penutup.

5. *Water Pressure Test (WPT)*

Water Pressure Test (WPT) adalah sebuah metode pengujian yang digunakan untuk menilai kemampuan tanah atau batuan dalam mengalirkan air, yang diukur dengan memompa air ke dalam lubang bor pada tekanan tertentu dan mencatat respons hidrauliknya. Tes ini sangat penting dalam pekerjaan *drilling* dan *grouting* karena membantu menentukan kondisi geoteknik dari substrat yang akan diperkuat atau diisi dengan *grout*. *Water Pressure Test (WPT)* dilaksanakan pada semua lubang *grouting*.

6. Pelaksanaan *Grouting*

Material *grouting* yang digunakan terdiri dari campuran semen, air, pasir halus, dan campuran lainnya yang telah di setujui oleh direksi. *Grout* diinjeksikan ke dalam lubang bor menggunakan pompa bertekanan tinggi. Injeksi dilakukan secara bertahap untuk memastikan distribusi *grout* yang merata dan untuk menghindari tekanan berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur tanah atau batuan. Setelah injeksi *grout* selesai, lubang bor ditutup dan dipadatkan untuk memastikan bahwa tidak ada rongga yang tersisa dan bahwa *grout* telah sepenuhnya mengisi area yang diinginkan.

7. Penutupan Lubang (*Plugging*)

Setelah *grouting* mengeras, akan terjadi susut, maka akan dilakukan penutupan lubang dengan semen *backfill* sehingga lubang *grouting* rata dan tertutup dari air permukaan tanah.

8. *Check Hole*

Tujuan dari dilakukannya *check hole* adalah untuk mengecek apakah hasil *grouting* dari beberapa titik sudah sesuai dengan rencana, dengan cara mengambil sampel di 1/3 lebar blok *grouting* dan pengambilan *sample* dilakukan miring. Setelah *sample* selesai diambil, *sample* tersebut akan dibawa ke laboratorium untuk di teliti apakah pelaksanaan *grouting* sudah sesuai apa belum. Pada proses *check hole* juga dilakukan uji *Water Pressure Test (WPT)* untuk mengetahui nilai *lugeon* dari titik *check hole* tersebut.



Gambar 13. *Sample Hasil Drilling Check Hole.*

Evaluasi biaya pekerjaan *drilling* dan *grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Paket 1 dimulai dari mengumpulkan data terkait BOQ kontrak, RBP dan mencari harga realisasi atau DC. Dalam BOQ kontrak, sub pekerjaan *drilling* dan *grouting* pada Bendungan Bagong paket 1 bernilai Rp. 35,721,942,109.- dengan uraian item seperti berikut.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KONTRAK/ ADDENDUM		
			HARGA SATUAN (Rp.)	VOLUME	JUMLAH (Rp.)
3.2. Pekerjaan Drilling dan Grouting					
1	Drilling untuk lubang curtain Grouting				
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	312,871	5,472.00	1,712,030,112
b	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 10 m - 20 m	m	380,320	5,082.00	1,932,786,240
c	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 20 m - 30 m	m	605,608	3,426.00	2,074,813,008
d	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman > 30 m	m	635,467	2,214.00	1,406,923,938
2	Drilling untuk lubang sub curtain				
a	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 0 - 10 m	m	312,871	5,376.00	1,681,994,496
b	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 10 - 20 m	m	380,320	2,688.00	1,022,300,160
3	Drilling untuk lubang Blanket				
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	312,871	8,568.00	2,680,678,728
4	Drilling, untuk check hole dan pilot hole, termasuk pengambilan core sampel:				
a	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 0 - 10 m	m	784,472	3,330.00	2,612,291,760
b	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 10 - 20 m	m	859,835	3,117.00	2,680,105,695
c	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 20 - 30 m	m	905,355	2,121.00	1,920,257,955
d	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman > 30 m	m	1,014,502	1,374.00	1,393,925,748
5	Grouting (operasional dan material)	ton	3,202,044	2,552.40	8,172,897,106
6	Tes Tekanan air/Lugeon tes untuk pilot hole dan checkhole				
a	Water pressure test untuk lubang curtain grouting (1 tekanan)	kali	145,555	8,411.33	1,224,311,623
b	Water pressure test untuk pilot & check hole (7 tekanan)	nos	299,427	428.00	128,154,756
7	Beton K-225	m ³	1,458,522	863.39	1,259,273,310
8	Besi Tulangan Ulir	ton	31,893,952	38.85	1,239,161,365
9	Bekisting Non Expose	m ²	202,023	1,333.86	269,470,399
10	Pemasangan Pipa Pelindung	m	40,413	2,347.00	94,849,311
11	Redrilling	kali	312,871	-	-
11.a	Redrilling Untuk Lubang Curtain dan Sub Curtain Grouting				
a	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	156,436	-	-
b	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	190,160	-	-
c	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 20 m - 30 m	m	302,804	-	-
d	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman > 30 m	m	317,734	-	-
e	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	156,436	-	-
f	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	190,160	-	-
g	Soil Nailing D25	m	1,553,300	1,308.00	2,031,716,400
h	Pelaksanaan MASW (Multi-Channel Surface Wave)	Ls	184,000,000	1.00	184,000,000
JUMLAH					35,721,942,109

Gambar 14. BOQ Kontrak Pekerjaan *Drilling* dan *Grouting*.

Setelah mengetahui BOQ kontrak, dikumpulkan kembali data RBP untuk sub pekerjaan *drilling* dan *grouting*. Pada RBP terdapat biaya alat, material, upah dan sub-kon, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	RBP					JUMLAH HARGA (Rp.)
			HARGA SATUAN (Rp.)					
			ALAT	MATERIAL	UPAH	SUBKON	TOTAL	
3.2.	Pekerjaan Drilling dan Grouting							
1	Drilling untuk lubang curtain Grouting							
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	191,853	6,792	94,452	-	293,097	1,603,826,784
b	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 10 m - 20 m	m	234,487	6,792	115,444	-	356,723	1,812,866,286
c	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 20 m - 30 m	m	301,485	6,792	148,427	-	456,704	1,564,667,904
d	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman > 30 m	m	422,080	6,792	207,800	-	636,672	1,409,591,808
2	Drilling untuk lubang sub curtain							
a	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 0 - 10 m	m	191,847	6,792	94,452	-	293,091	1,575,657,216
b	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 10 - 20 m	m	234,487	6,792	115,444	-	356,723	958,871,424
3	Drilling untuk lubang Blanket							
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	191,853	6,792	94,452	-	293,097	2,511,255,096
4	Drilling, untuk check hole dan pilot hole, termasuk pengambilan core sampel:							
a	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 0 - 10 m	m	351,733	64,400	173,166	-	589,299	1,962,365,670
b	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 10 - 20 m	m	439,666	63,042	216,458	-	719,166	2,241,640,422
c	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 20 - 30 m	m	502,475	63,042	247,380	-	812,897	1,724,154,537
d	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman > 30 m	m	586,221	63,042	288,610	-	937,873	1,288,637,502
5	Grouting (operasional dan material)	ton	290,015	1,514,349	108,228	-	1,912,592	4,881,699,821
6	Tes Tekanan air/Lugeon tes untuk pilot hole dan checkhole							
a	Water pressure test untuk lubang curtain grouting (1 tekanan)	kali	99,250	2,500	32,468	-	134,218	1,128,952,337
b	Water pressure test untuk pilot & check hole (7 tekanan)	nos	198,500	2,500	64,920	-	265,920	113,813,760
7	Beton K-225	m ³	53,793	887,622	129,602	-	1,071,017	924,705,368
8	Besi Tulangan Ulir	ton	616,000	11,798,650	1,653,333	-	14,067,983	546,577,013
9	Bekisting Non Expose	m ²	10,017	119,387	60,400	-	189,804	253,171,963
10	Pemasangan Pipa Pelindung	m	500	22,706	17,466	-	40,672	95,457,184
11	Redrilling	kali					-	-
11.a	Redrilling Untuk Lubang Curtain dan Sub Curtain Grouting							
a	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	-	-	-	133,895	133,895	-
b	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	-	-	-	162,895	162,895	-
c	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 20 m - 30 m	m	-	-	-	208,466	208,466	-
d	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman > 30 m	m	-	-	-	290,496	290,496	-
e	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	-	-	-	133,895	133,895	-
f	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	-	-	-	162,895	162,895	-
g	Soil Nailing D25	m	-	-	-	1,245,000	1,245,000	1,628,460,000
h	Pelaksanaan MASW (Multi-Channel Surface Wave)	ls	-	-	-	145,550,000	145,550,000	145,550,000
JUMLAH								28,371,922,095

Gambar 15. RBP sub Pekerjaan *Drilling dan Grouting*.

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa jumlah biaya hingga selesai pada sub pekerjaan *drilling dan grouting* adalah 28,371,922,095.- yang mana lebih rendah dibandingkan dengan harga kontrak, yang berarti Bendungan Bagong paket 1 mendapat keuntungan sebesar Rp. 7,350,020,014.- dari sub item tersebut yang bisa dipakai untuk biaya BTL, PP maupun masuk ke dalam laba proyek.

Setelah mengetahui biaya di RBP, selanjutnya mencari biaya yang ter-realisasikan di proyek. Pada realisasinya biaya material hanya ada pada item besi tulangan ulir dan item pipa pelindung yaitu untuk pengadaan besi tulangan ulir dan pengadaan pipa pelindung, sedangkan item lainnya dikerjakan dengan sub-kon (CV. Mondoroko Bangun Abadi). Rincian biaya realisasi dapat dilihat pada gambar berikut.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	REALISASI					
			HARGA SATUAN (Rp.)					JUMLAH (Rp.)
			ALAT	MATERIAL	UPAH	SUBKON	TOTAL	
3.2.	Pekerjaan Drilling dan Grouting							
1	Drilling untuk lubang curtain Grouting							
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m				260,000	260,000	1,422,720,000
b	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 10 m - 20 m	m				320,000	320,000	1,626,240,000
c	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 20 m - 30 m	m				415,000	415,000	1,421,790,000
d	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman > 30 m	m				560,000	560,000	1,239,840,000
2	Drilling untuk lubang sub curtain							
a	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 0 - 10 m	m				260,000	260,000	1,397,760,000
b	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 10 - 20 m	m				320,000	320,000	860,160,000
3	Drilling untuk lubang Blanket							
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m				260,000	260,000	2,227,680,000
4	Drilling, untuk check hole dan pilot hole, termasuk pengambilan core sampel:							
a	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 0 - 10 m	m				540,000	540,000	1,798,200,000
b	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 10 - 20 m	m				650,000	650,000	2,026,050,000
c	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 20 - 30 m	m				740,000	740,000	1,569,540,000
d	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman > 30 m	m				850,000	850,000	1,167,900,000
5	Grouting (operasional dan material)	ton				1,875,000	1,875,000	4,785,750,000
6	Tes Tekanan air/Lugeon tes untuk pilot hole dan checkhole							
a	Water pressure test untuk lubang curtain grouting (1 tekanan)	kali				115,000	115,000	967,303,333
b	Water pressure test untuk pilot & check hole (7 tekanan)	nos				235,000	235,000	100,580,000
7	Beton K-225	m ³				992,775	992,775	857,152,007
8	Besi Tulangan Ulir	ton	11,798,650			1,550,000	13,348,650	518,629,092
9	Bekisting Non Expose	m ²				170,000	170,000	226,756,200
10	Pemasangan Pipa Pelindung	m		30,000			30,000	70,410,000
11	Redrilling	kali						-
11.a	Redrilling Untuk Lubang Curtain dan Sub Curtain Grouting							
a	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m				125,000	125,000	-
b	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m				155,000	155,000	-
c	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 20 m - 30 m	m				205,000	205,000	-
d	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman > 30 m	m				290,000	290,000	-
e	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m				130,000	130,000	-
f	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m				160,000	160,000	-
g	Soil Nailing D25	m				945,000	945,000	1,236,060,000
h	Pelaksanaan MASW (Multi-Channel Surface Wave)	Ls				145,550,000	145,550,000	145,550,000
	JUMLAH							25,666,070,632

Gambar 16. Biaya Realisasi Sub Pekerjaan *Drilling dan Grouting*.

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa jumlah biaya hingga selesai pada sub pekerjaan *drilling dan grouting* yaitu Rp. 25,666,070,632.- dengan mayoritas biaya sub-kon. Secara total jika dibandingkan dengan biaya RBP, biaya realisasi lebih rendah Rp. 2,705,851,463.- yang digunakan untuk menambah kontribusi atau laba proyek dengan item yang menguntungkan.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KONTRAK/ ADDENDUM			RBP		REALISASI	
			HARGA SATUAN (Rp.)	VOLUME	JUMLAH (Rp.)	HARGA SATUAN TOTAL	JUMLAH HARGA (Rp.)	HARGA SATUAN TOTAL	JUMLAH (Rp.)
3.2.	Pekerjaan Drilling dan Grouting								
1	Drilling untuk lubang curtain Grouting								
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	312,871	5,472.00	1,712,030,112	293,097	1,603,826,784	260,000	1,422,720,000
b	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 10 m - 20 m	m	380,320	5,082.00	1,932,786,240	356,723	1,812,866,286	320,000	1,626,240,000
c	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 20 m - 30 m	m	605,608	3,426.00	2,074,813,008	456,704	1,564,667,904	415,000	1,421,790,000
d	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman > 30 m	m	635,467	2,214.00	1,406,923,938	636,672	1,409,591,808	560,000	1,239,840,000
2	Drilling untuk lubang sub curtain								
a	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 0 - 10 m	m	312,871	5,376.00	1,681,994,496	293,091	1,575,657,216	260,000	1,397,760,000
b	Pemboran lubang sub curtain grouting, kedalaman 10 - 20 m	m	380,320	2,688.00	1,022,300,160	356,723	958,871,424	320,000	860,160,000
3	Drilling untuk lubang Blanket								
a	Pemboran lubang curtain grouting, kedalaman 0 m - 10 m	m	312,871	8,568.00	2,680,678,728	293,097	2,511,255,096	260,000	2,227,680,000
4	Drilling, untuk check hole dan pilot hole, termasuk pengambilan core sampel:								
a	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 0 - 10 m	m	784,472	3,330.00	2,612,291,760	589,299	1,963,365,670	540,000	1,798,200,000
b	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 10 - 20 m	m	858,835	3,117.00	2,680,105,695	719,166	2,241,640,422	650,000	2,026,050,000
c	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman 20 - 30 m	m	905,355	2,121.00	1,920,257,955	812,897	1,724,154,537	740,000	1,569,540,000
d	Pemboran inti untuk pilot & check hole, kedalaman > 30 m	m	1,014,502	1,374.00	1,393,925,748	937,873	1,288,637,502	850,000	1,167,900,000
5	Grouting (operasional dan material)	ton	3,202,044	2,552.40	8,172,897,106	1,912,592	4,881,699,821	1,875,000	4,785,750,000
6	Tes Tekanan air/Lugeon tes untuk pilot hole dan checkhole								
a	Water pressure test untuk lubang curtain grouting (1 tekanan)	kali	145,555	8,411.33	1,224,311,623	134,218	1,128,952,337	115,000	967,303,333
b	Water pressure test untuk pilot & check hole (7 tekanan)	nos	299,427	426.00	126,154,756	265,920	113,813,760	235,000	100,580,000
7	Beton K-225	m ³	1,458,522	863.39	1,259,273,310	1,071,017	924,705,368	992,775	857,152,007
8	Besi Tulangan Ulir	ton	31,893,952	38.85	1,239,161,365	14,067,983	546,577,013	13,348,650	518,629,092
9	Bekisting Non Expose	m ²	202,023	1,333.86	269,470,399	189,804	253,171,963	170,000	226,756,200
10	Pemasangan Pipa Pelindung	m	40,413	2,347.00	94,849,311	40,672	95,457,184	30,000	70,410,000
11	Redrilling	kali	312,871	-	-	-	-	-	-
11.a	Redrilling Untuk Lubang Curtain dan Sub Curtain Grouting								
a	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	156,436	-	-	133,895	-	125,000	-
b	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	190,160	-	-	162,895	-	155,000	-
c	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman 20 m - 30 m	m	302,804	-	-	208,466	-	205,000	-
d	Redrilling untuk lubang curtain grouting, Kedalaman > 30 m	m	317,734	-	-	290,496	-	290,000	-
e	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 0 m - 10 m	m	156,436	-	-	133,895	-	130,000	-
f	Redrilling untuk lubang sub curtain grouting, Kedalaman 10 m - 20 m	m	190,160	-	-	162,895	-	160,000	-
g	Soil Nailing D25	m	1,553,300	1,308.00	2,031,716,400	1,245,000	1,628,460,000	945,000	1,236,060,000
h	Pelaksanaan MASW (Multi-Channel Surface Wave)	Ls	184,000,000	1.00	184,000,000	145,550,000	145,550,000	145,550,000	145,550,000
	JUMLAH				35,721,942,109		28,371,922,095		25,666,070,632

Gambar 17. Harga Kontrak vs RBP vs Realisasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari artikel yang telah di tulis oleh penulis, dapat di tarik kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Metode pekerjaan *drilling* dan *grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Bagong paket 1 yaitu dimulai dari persiapan, yaitu memahami kondisi lapangan, mempersiapkan lahan, melaksanakan trial grouting untuk mengetahui efektifitas dan menentukan titik *grouting* dan mempersiapkan material dan sub-kon. Setelah itu pengeboran, dimana menggunakan mesin bor yang dilengkapi mata bor yang sesuai dengan jenis tanah, dan dilaksanakan per 5 meter. Setelah pengeboran selesai dilakukan pembersihan lubang dari material lepas dan dengan air dengan tekanan tertentu selama kurang lebih sepuluh menit dan dipasang pipa pelindung, selanjutnya melakukan *Water Pressure Test* (WPT) dengan cara mengalirkan air dengan tekanan tertentu dan mencatat respons hidrauliknya. Selanjutnya pelaksanaan *grouting*, yaitu menginjeksikan semen *grout* ke dalam lubang secara bertahap dengan tekanan tertentu dan pastikan distribusi *grout* merata dan setelah *grout* selesai lubang dapat di tutup dengan backfill
2. Evaluasi biaya pada pekerjaan *drilling* dan *grouting* proyek Pembangunan Bendungan Bagong paket 1 dapat menambah kontribusi proyek, dimana jika kita membandingkan harga kontrak dengan RBP terdapat laba sebesar Rp. 7,350,020,014.- dari sub item tersebut yang bisa dipakai untuk biaya BAU, PP maupun masuk ke dalam laba proyek, dan apabila membandingkan biaya RBP dengan biaya realisasi terdapat laba lagi sebesar Rp. 2,705,851,463.- untuk menambah kontribusi atau laba proyek. Item pekerjaan pada sub pekerjaan *drilling* dan *grouting* menguntungkan

Adapun beberapa saran yang ingin di utarakan oleh penulis dari data yang telah di dapatkan, yaitu sebagai berikut:

1. Dalam melaksanakan pekerjaan *drilling* dan *grouting* pada proyek Pembangunan Bendungan Bagong paket 1, hendaknya dilakukan dengan hati-hati dan meningkatkan keselamatan kerja, rapikan kabel listrik yang berserakan, pembersihan area kerja dari genangan air dan lumpur dan sebaiknya pekerjaan dengan kemiringan hendaknya diberikan pengaman berupa *railing* dan tangga.
2. Tetap memonitor biaya realisasi sub pekerjaan *drilling* dan *grouting* secara periodik dan detail, agar proyek dapat menjaga kontribusi tambahan atau bahkan menambahkan kontribusi proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Houlsby, 1990, *Construction and Design of Cement Grouting*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Budiyanto, K.Y., 2000, *Pelaksanaan Grouting Bendungan Sangiran Ngawi Jawa Timur*, Pelaksana Boring dan Grouting Bendungan Sangiran.
- Pangesti, D. R., 2005, *Pedoman Grouting Untuk Bendungan*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Direktorat Sungai, Danau dan Waduk, Jakarta.
- Fadil Wahyu Susanto, 2020, Laporan Kerja Praktek Proyek Pembangunan *Spillway* Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur, Universitas Sebelas Maret.
- Pembangunan Bendungan Sepaku Semoi. 2022, *Metode kerja Treatment Pondasi dan Timbunan, Kalimantan Timur, Divisi Operasi 2*.
- PT Waskita – Adhi, KSO, 2022, *Metode Konstruksi Pekerjaan Drilling dan Grouting, Pembangunan Bendungan Leuwikeris Paket 2*.