

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini dibutuhkan bahan pertimbangan dan bahan referensi, oleh karena itu akan dijelaskan hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini untuk menghindari adanya duplikasi.

2.1.1 Penelitian terdahulu tentang metode *precedence diagram*

Suputra (2011) melakukan penelitian dengan perbandingan metode PDM dan RPWM (*Ranked Position Weight Method*) pada penjadwalan sebuah proyek. Penjadwalan menggunakan PDM mempertimbangkan hubungan ketergantungan antar aktivitas dan durasi setiap aktivitas. Sedangkan dengan RPWM, perataan sumber daya akan disesuaikan dengan bobot yang diterima masing-masing aktivitas.

Priyo dan Sumanto (2016) melakukan penelitian mengenai penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja menggunakan metode yang efektif. Durasi proyek normal selama 196 hari dapat berkurang menjadi 139 hari dengan biaya efektif sebesar Rp 16.133.558.292,57 dari biaya normal sebesar Rp 16.371.654.833,56.

Suherman dan Ilma (2016) melakukan penelitian mengenai pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya dengan metode PDM, PERT, dan *Crash Project*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui biaya optimal, jalur kritis pada proyek, dan probabilitas dalam penyelesaian sebuah proyek. Jika dibandingkan dari ketiga metode tersebut, PDM memperoleh biaya optimal proyek sebesar Rp 1.168.150.740,68 dengan percepatan durasi kegiatan *finishing* sebanyak 5 hari dan probabilitas proyek selama 110 hari (52%).

Aprilyanti (2019) melakukan penelitian dengan membandingkan metode PDM dan metode CPM pada proyek pembangunan Pasar Kedungmaling Mojokerto. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan durasi singkat dari kedua metode tersebut. Percepatan dengan metode CPM memperoleh hasil 98 hari

atau 18,6 % lebih cepat dari durasi normal. Sedangkan menggunakan metode PDM diperoleh durasi 106 hari atau 11,7 % lebih cepat dari durasi normal. Sehingga metode CPM lebih efektif daripada metode PDM.

Hutagaol (2013) melakukan penelitian mengenai perbandingan metode CPM, PDM, dan LOB terhadap proyek repetitive. Hasil dari penelitian ini dapat diketahui jika dengan metode CPM dan PDM akan memiliki tampilan visual yang lebih kompleks sehingga sulit memahami dan jika mengalami gangguan maka sulit untuk diidentifikasi. Sedangkan dengan metode LOB akan mudah untuk mendeteksi kegiatan dalam penjadwalan namun keterkaitan antar pekerjaan tidak dapat ditunjukkan secara spesifik.

Maulana dan Kurniawan. (2019) melakukan penelitian mengenai pembangunan Gedung Departement Kelautan dengan metode PDM mampu menghasilkan periode penyelesaian proyek yang lebih singkat daripada metode CPM dan PERT yaitu selama 30 minggu. Jadi paa proyek ini metode PDM lebih sesuai untuk diterapkan karena waktu yang dibutuhkan lebih optimal.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Manajemen konstruksi

Menurut Rani (2016), manajemen konstruksi yaitu usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap kegiatan-kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.

Sasaran manajemen konstruksi adalah untuk menata pekerjaan konstruksi supaya pekerjaan dapat berlangsung efektif dan efisien. Apabila diurutkan mengenai penataan suatu proyek maka diperlukan :

- a. Studi kelayakan
- b. Rekayasa desain
- c. Pengadaan
- d. Pelaksanaan konstruksi
- e. Pemanfaatan
- f. Pemeliharaan

2.2.2 *Network planning*

Network planning merupakan suatu kondisi dan situasi yang dihadapi seorang manajer dengan menempatkan analisis pada segi waktu dan biaya dalam setiap keputusan yang dibuat, khususnya yang berkaitan dengan jaringan (Fahmi, 2014). Metode menyusun jadwal yaitu analisis jaringan kerja/ *network planning* menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan pada proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitan dengan waktu.

Menurut Handoko (2010), *network planning* ini memiliki manfaat yang sangat membantu dalam penjadwalan proyek yaitu sebagai berikut :

- a. Suatu proyek yang kompleks dapat dilakukan sebuah perencanaan.
- b. Penjadwalan pekerjaan dapat dibuat dalam urutan yang praktis dan efisien.
- c. Mengadakan pembagian kerja dari tenaga kerja dan dana yang tersedia.
- d. Apabila terdapat hambatan dalam proyek maka bisa dilakukan penjadwalan ulang.
- e. Menentukan kemungkinan pertukaran antara waktu dan biaya.
- f. Menentukan probabilitas penyelesaian suatu proyek tertentu.

2.2.3 Jenis penjadwalan proyek atau *Time Schedule*

Jenis-jenis *time schedule* adalah metode penjadwalan yang dipilih untuk dapat diterapkan dalam pembuatan *time schedule*. Jenisnya yaitu sebagai berikut :

- a. *Bar chart* atau *gant chart* yang digunakan untuk proyek dengan skala kecil.
- b. Kurva S yang akan menunjukkan kapasitas proyek berdasarkan item pekerjaan, durasi, dan bobot pekerjaan.
- c. *Network diagram* yang digunakan untuk proyek berskala besar dan rumit yang terdiri dari :
 - 1) CPM (*Critical Path Method*) yaitu metode keseimbangan waktu dan biaya.
 - 2) PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*) yaitu metode acak.
 - 3) PDM (*Precedence Diagram Method*) yaitu metode dengan prasyarat.

2.2.4 Jaringan rencana kerja

Jaringan rencana kerja dapat disusun berulang-ulang sebelum akhirnya diperoleh perencanaan atau jadwal yang realistis. Jaringan rencana kerja ini dapat mengetahui waktu perkiraan penyelesaian proyek dan dapat mengetahui sifat kegiatan yang kritis atau tidak. Berdasarkan jenisnya, *network diagram* ada tiga macam yaitu :

a. CPM (*Critical Path Method*)

CPM merupakan suatu metode yang berfungsi mengoptimalkan biaya proyek yang dapat ditentukan kapan pertukaran biaya dan waktu harus dilakukan untuk memenuhi jadwal penyelesaian proyek dengan biaya yang seminimal mungkin.

b. PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*)

PERT merupakan suatu metode yang membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek yang kompleks dengan menentukan jadwal kegiatan serta anggaran biaya sehingga keduanya tepat dan berkesinambungan.

c. PDM (*Precedence Diagram Method*)

PDM atau AON merupakan suatu metode untuk membuat kegiatan rencana penjadwalan dalam proyek. Metode ini dilakukan dengan membuat diagram jaringan jadwal proyek yang menggunakan kotak untuk mewakili kegiatan dan menghubungkan kegiatan untuk menunjukkan ketergantungan.

Aktivitas atau item pekerjaan yang ditunjukkan oleh metode PDM ini menggunakan nodes dengan bentuk kotak yang berisikan durasi, kode item pekerjaan, hubungan logis kegiatan, serta *float* yang terjadi.

2.2.5 Biaya total proyek

Terdapat dua jenis biaya dalam memperhitungkan estimasi biaya suatu proyek konstruksi yaitu sebagai berikut :

a. Biaya langsung atau *direct cost*

Biaya langsung merupakan biaya yang langsung berhubungan dengan seluruh pekerjaan proyek di lapangan. Biaya langsung ini dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut :

- 1) Biaya material
- 2) Biaya upah tenaga kerja

3) Biaya peralatan

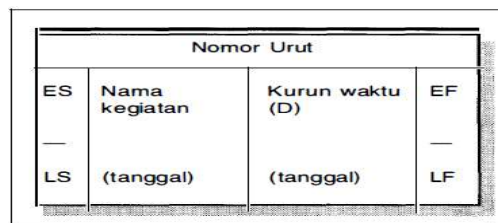
b. Biaya tidak langsung atau *indirect cost*

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan seluruh pekerjaan proyek di lapangan, namun harus ada dan tidak dapat terlepas. Biaya yang termasuk ke dalam biaya tidak langsung yaitu sebagai berikut :

- 1) Biaya tak terduga atau *unexpected costs*
- 2) Keuntungan atau *profit*
- 3) Biaya *overhead*

2.2.6 Metode *precedence diagram*

Metode *precedence diagram* (PDM) yaitu jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity on Node*) dengan noda untuk menuliskan kegiatan dan anak panah untuk menunjukkan kegiatan yang bersangkutan. Dalam PDM, *node* menjadi tanda suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas dan durasinya. Ruang dalam *node* dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang berisi keterangan dari kegiatan antara lain kurun waktu (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan ES (*Early Start*), LS (*Latest Start*), EF (*Earliest Finish*), dan LF (*Latet Finish*). *Node* pada PDM digambarkan seperti pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Denah pada *node* PDM

Sumber : Tjaturono, 2004

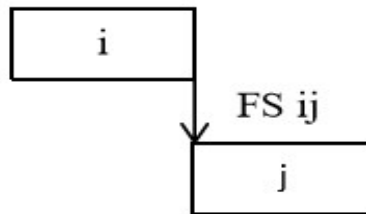
Jalur kritis pada PDM yang termasuk klasifikasi AON (*Activity on Node*) yaitu sebagai berikut :

- a. Waktu mulai awal dan akhirnya harus sama ($ES=LS$)
- b. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF=LF$)
- c. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($D=LF-ES$).

- d. Jika hanya sebagian dari ketiga syarat diatas terpenuhi, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

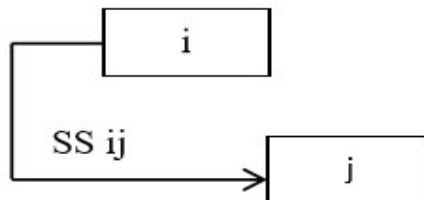
Dalam metode *precedence diagram* (PDM) terdapat 4 macam pembatasan yang bervariasi yaitu sebagai berikut :

- a. *Finish to Start* (FS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya kegiatan berikutnya tergantung dengan selesainya kegiatan yang sebelumnya.



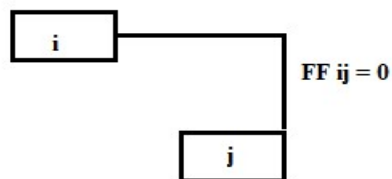
Gambar 2.2 Konstrain FS

- b. *Start to Start* (SS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya kegiatan berikutnya tergantung pada mulainya kegiatan yang selanjutnya.



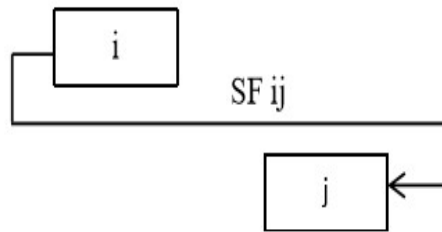
Gambar 2.3 Konstrain SS

- c. *Finish to Finish* (FF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya kegiatan berikutnya tergantung dengan selesainya kegiatan yang sebelumnya.



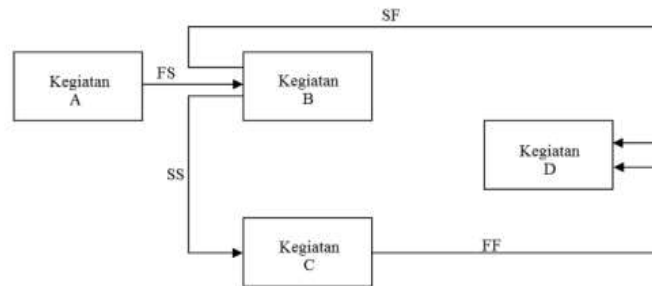
Gambar 2.4 Konstrain FF

- d. *Start to Finish* (SF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya kegiatan berikutnya tergantung dengan mulainya kegiatan yang sebelumnya.



Gambar 2.5 Konstrain SF

Waktu tunda untuk kegiatan FF dan FS sering disebut *Lag Time*. Sedangkan waktu tenggang untuk kegiatan SS dan SF sering disebut *Lead Time*.



Gambar 2.6 Hubungan kegiatan dalam metode PDM

2.2.7 Percepatan durasi proyek

Menurut Rachman (2013), *crashing project* merupakan suatu metode untuk mempersingkat lamanya waktu proyek dengan mengurangi waktu dari satu atau lebih kegiatan proyek yang penting menjadi kurang dari waktu normal kegiatan. Tujuan dari *crashing project* ini diharapkan muncul penjadwalan proyek yang dapat dipercepat dengan kenaikan biaya yang minimal.

Percepatan durasi pada sebuah proyek akan menyebabkan perubahan pada biaya dan waktu. Terdapat dua nilai waktu yang akan ditunjukkan tiap aktivitas dalam suatu jaringan kerja saat terjadinya percepatan yaitu sebagai berikut :

- a. Kurun waktu normal

Kurun waktu normal merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dengan cara yang efisien namun diluar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha lainnya.

b. Biaya normal

Biaya normal merupakan biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal. Biaya normal ini dapat berupa biaya normal bahan dan biaya normal upah. Rumus biaya normal yaitu

$$\text{Koefisien} = \frac{\text{Biaya bahan/upah}}{\text{Biaya bahan dan upah}} \dots\dots\dots (2.1)$$

c. Kurun waktu dipersingkat atau *crash time*

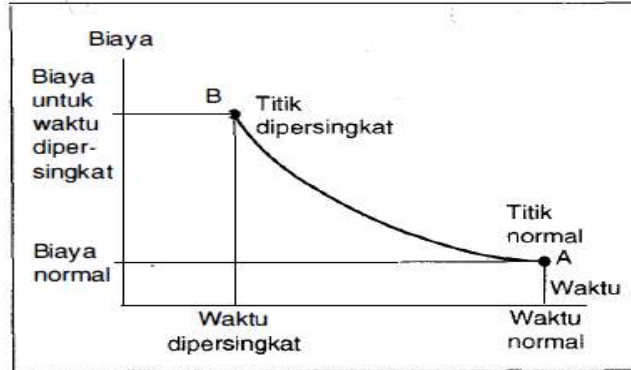
Crash time waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin untuk dilakukan. Sumber daya dianggap bukan merupakan sebuah hambatan. Rumus menghitung *crash time* yaitu

$$\text{Crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja shift x Jumlah tenaga kerja}} \dots\dots\dots (2.2)$$

d. Biaya untuk waktu dipersingkat atau *crash cost*

Crash cost merupakan jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat. Rumus menghitung *crash cost* yaitu

$$\text{Upah} = ((\text{Upah shift pagi} + \text{Upah shift malam}) \times \text{Durasi proyek} \times \text{Jumlah tenaga kerja}) \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2.7 Hubungan waktu dan biaya yang normal dan dipersingkat

Sumber : Soehartono 1997

Dengan dipercepatnya durasi proyek, maka akan muncul pertambahan biaya suatu kegiatan yang disebut *cost slope*. Sehingga *cost slope* yaitu perbandingan antara pertambahan biaya dengan percepatan waktu dalam penyelesaian proyek.

Rumus *cost slope* yaitu

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dalam melakukan percepatan durasi proyek, terdapat tiga metode yaitu :

a. Metode lembur atau *overtime*

Overtime merupakan cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat sebuah pekerjaan dengan memberdayakan sumber daya atau tenaga kerja yang ada di lapangan dengan penambahan biaya yang dibebankan pada pihak kontraktor. Waktu kerja lembur adalah waktu kerja yang melebihi 7 jam sehari untuk 6 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau 8 jam sehari untuk 8 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau waktu kerja pada saat istirahat mingguan dan atau pada hari libur resmi yang ditetapkan oleh Pemerintah (Peraturan Menteri No.102/MEN/VI/2004 Pasal 1 ayat 1). Waktu lembur dapat dilakukan maksimal 3 jam/hari dan 14 jam dalam 1 minggu diluar istirahat mingguan atau hari libur resmi.

Jam kerja normal pada proyek Bendungan Pidekso ini berdurasi 8 jam yaitu mulai pukul 08.00 sampai 17.00 WIB. Waktu istirahat yang diberlakukan selama 1 jam yaitu mulai pukul 12.00 sampai 13.00 WIB. Sedangkan jam kerja lembur akan dilaksanakan jika jam kerja normal telah selesai dilakukan.

b. Metode *shift*

Menurut Kuswadji (1997), *shift* kerja adalah pengaturan jam kerja sebagai pengganti atau tambahan kerja siang hari sebagaimana yang biasa dilakukan. *Shift* kerja memiliki berbagai definisi namun biasanya disamakan dengan pekerjaan yang dibentuk di luar jam kerja biasa (08.00 – 17.00).

c. Metode penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja adalah menambah jumlah tenaga kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan untuk menghindari keterlambatan suatu proyek. Untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan maka perlu adanya kapasitas kerja per hari yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas kerja} = \frac{1}{\text{Koefisien tenaga kerja}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Setelah memperoleh besaran kapasitas kerja, maka menentukan jumlah tenaga kerja dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja} \times \text{Durasi pekerjaan}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Metode percepatan durasi proyek di atas memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang akan dijelaskan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan metode percepatan durasi proyek

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Lembur atau <i>Overtime</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proyek akan mengalami percepatan. 2. Perusahaan dapat menekan biaya untuk proses rekrutmen. 3. Pekerja akan memperoleh tambahan penghasilan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produktivitas pekerja menurun karena faktor letih dan kurang energi karena penambahan durasi pekerjaan. 2. Perusahaan mengeluarkan biaya tambahan yang lebih besar dibandingkan biaya normal.
Shift	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proyek akan mengalami percepatan. 2. Menurunnya produktivitas akan terhindar karena perbedaan tenaga kerja. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Upah yang akan dikeluarkan oleh perusahaan akan lebih tinggi dibandingkan biaya normal. 2. Jadwal yang ditetapkan juga akan sedikit menyulitkan.
Penambahan tenaga kerja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proyek akan mengalami percepatan. 2. Tidak akan mengalami penurunan produktivitas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rekrutmen yang dilakukan akan mengalami kesulitan dan butuh waktu. 2. Akan terjadi peningkatan biaya langsung karena jumlah tenaga kerja yang bertambah. 3. Kurang efektif dilakukan jika bobot dari item pekerjaan terlalu kecil.

2.2.8 Denda akibat keterlambatan

Proyek konstruksi yang mengalami keterlambatan pelaksanaan yang disebabkan oleh berbagai faktor dapat dikenakan hukuman berupa denda dengan besaran 1/1000 (satu perseribu/satu permil) dari nilai total sebuah proyek. Rumus untuk menghitung denda yang dibebankan jika mengalami keterlambatan yaitu :

$$\text{Total denda} = \text{Total waktu keterlambatan} \times \text{denda perhari} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.2.9 Bendungan

Menurut Permen Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan, diartikan bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu. Selain untuk menahan air, bendungan juga dapat dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang dan menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Berdasarkan penggunaannya, bendungan terdiri dari :

- a. Bendungan penampung air yang mampu menyimpan air pada masa surplus dan digunakan saat mengalami kekurangan air. Bendungan yang memiliki fungsi rekreasi, perikanan, dan pengendali banjir termasuk ke dalam jenis bendungan penampung air.
- b. Bendungan pembelok (*diversion dam*) yang memiliki fungsi meninggikan muka air yang biasanya untuk mengalirkan air ke dalam system aliran menuju ke tempat yang membutuhkan.
- c. Bendungan penahan (*detention dam*) yang memiliki fungsi memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak.

2.2.10 Metode konstruksi bendungan

Bendungan merupakan bangunan yang berfungsi untuk menaikkan elevasi muka air sungai dan mengalirkan sebagian aliran air sungai yang ada ke arah tepi kanan dan kiri sungai untuk mengalirkannya ke dalam saluran melalui sebuah bangunan pengambilan jaringan irigasi.

- a. Suatu konstruksi sebuah bendung dapat dibuat dari urukan tanah, pasangan batu kali, dan bronjong atau beton. Bendungan Pidekso ini termasuk ke dalam jenis bendungan urukan tanah. Metode konstruksi bendungan sebagai berikut : Pembuatan bendungan dimulai dengan pembuatan *diversion channel* atau saluran pengalihan yang dibangun di sebelah kanan sungai.
- b. Setelah *diversion channel* selesai dibuat, selanjutnya *diversion work* dikerjakan dengan menggali tanah dan pembuatan tanggul untuk mengalihkan aliran sungai. Setelah proses pengalihan aliran sungai dilakukan, maka lokasi bendungan dapat dilakukan proses pengeringan atau *dewatering*.

- c. Selanjutnya pekerjaan bendungan dilanjutkan dengan galian tanah menggunakan *excavator*. Hasil galian akan diangkut menggunakan *dump truck* untuk dibuang ke *disposal area* atau dapat disimpan untuk cadangan material sesuai dengan jenis dan spesifikasi tanah. Apabila ditemukan tanah keras, maka dilakukan pekerjaan galian batu.
- d. Sebelum pekerjaan beton fondasi dimulai pekerjaan yang perlu dilakukan yaitu *finishing* permukaan batuan dengan membersihkan semua *loose material* dan menutup permukaan dengan *splash grouting*. *Splash grouting* merupakan campuran semen, pasir, dan air yang disemprotkan ke permukaan batuan.
- e. Tahap selanjutnya yaitu pekerjaan beton untuk fondasi, tubuh bendung, kolam olak, dan *piers* serta *column*.
- f. Setelah bagian utama terlaksana, diikuti bangunan lantai apron dan lantai *stilling basin* yang diikuti pekerjaan *backfill* dengan material yang terseleksi.