

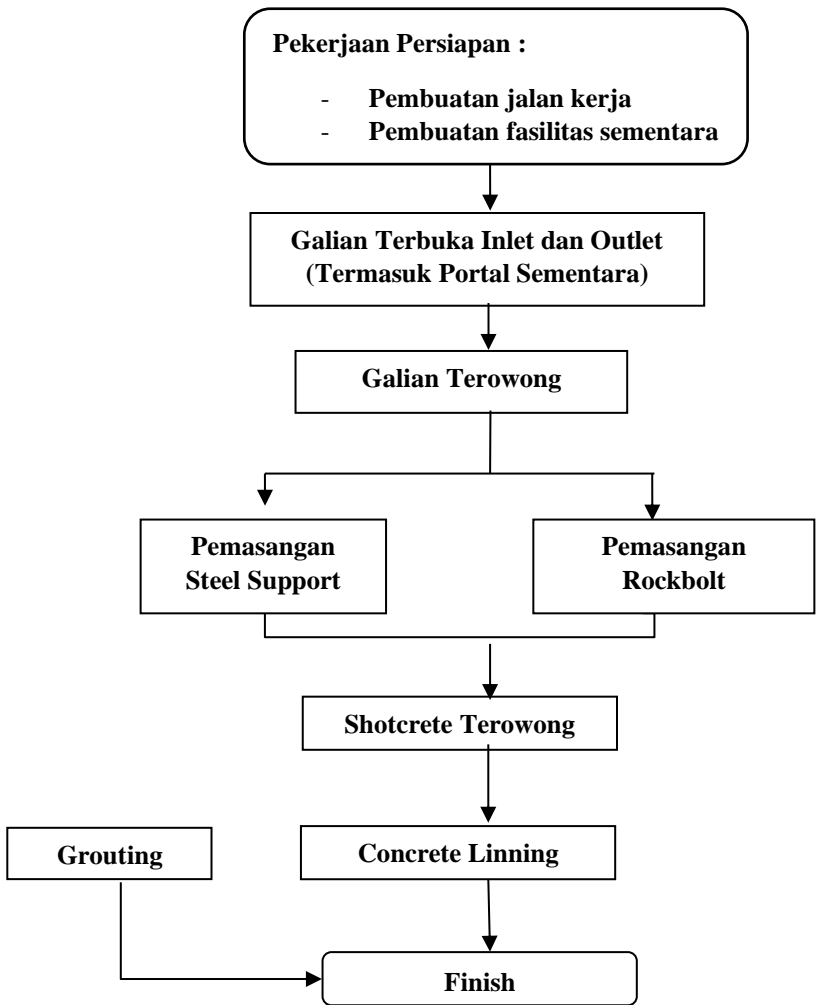
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode New Austrian Tunneling Method (NATM)

Profesor Austria Rabcewicz dan Müller (1950) mengemukakan metode penggalian pembuatan terowongan dengan *New Austria Tunneling Metode* (NATM) serta telah diumumkan dalam artikel-artikelnya pada tahun 1960–1970. Metode ini umumnya diterapkan pada kondisi batuan yang relatif lunak, dimana pada prinsipnya adalah memasang penyangga seawal mungkin pada saat selesai melakukan penggalian batuan terowong dengan panjang 1 (satu) segmen dan bentuk tertentu sesuai profil galiannya, guna mengendalikan deformasi dari efek pekerjaan galian tersebut, atau usaha mencegah permukaan batuan pada hasil galian untuk mengembang bebas. Hal ini bertujuan agar sebisa mungkin kekuatan daya lekat antara molekul-molekul batuan yang telah terbuka itu tetap dipertahankan. Penyangga yang dimaksud disini adalah konstruksi pendukung yang masih belum cukup masif atau permanen, dan nantinya akan disusul dengan pemasangan konstruksi yang permanen yaitu dengan beton *lining*.

Pengertian Pekerjaan Terowongan Pengelak adalah sebuah bangunan pelengkap yang berada atau dibuat dalam proses pembangunan bendungan dengan fungsi mengelakan aliran sungai ke dalam terowong agar pekerjaan di hilir bisa di kerjakan. Kelebihan metode ini dapat ditunjukkan dengan membandingkan mekanika batuan yang dilapisi dengan *shotcrete* dengan batuan yang tidak *shotcrete*. Kelebihan lain dari *shotcrete* adalah interaksinya dengan batuan sekeliling. Suatu lapisan *shotcrete* yang diberikan pada permukaan batuan yang baru saja digali akan membentuk permukaan keras dan dengan demikian batuan yang keras ditransformasikan menjadi suatu permukaan yang stabil dan keras Dalam pekerjaan konstruksi terowong sendiri ada alur pekerjaan sebagai berikut :



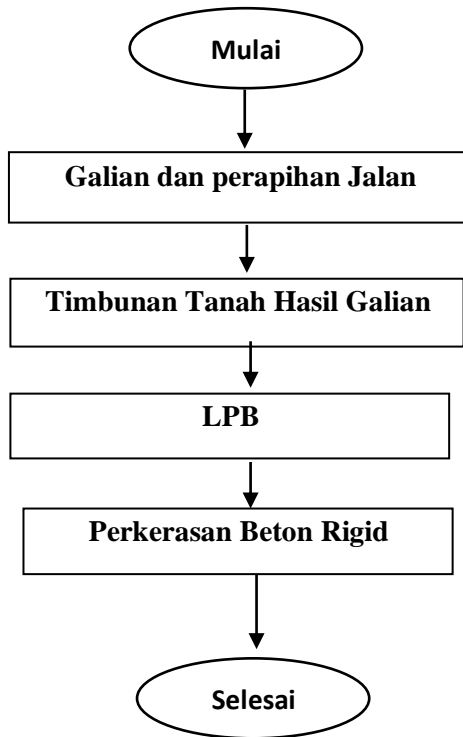
Gambar 2.1: Bagan Alir Pekerjaan Terowongan
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

2.2 Jenis Pekerjaan Terowong

2.2.1 Pekerjaan Persiapan

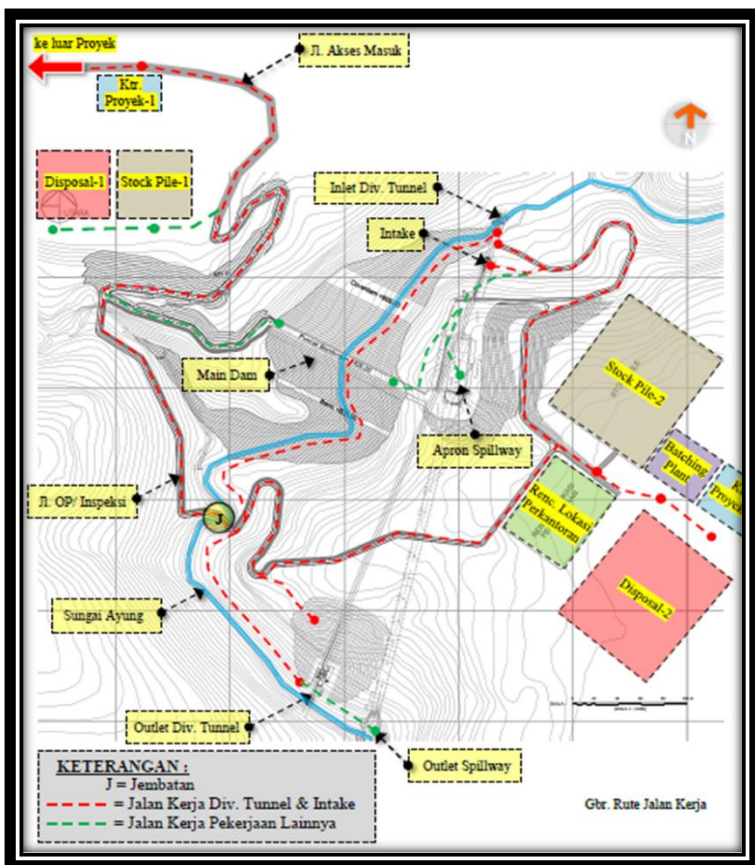
Definisi umum

Pekerjaan persiapan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menyiapkan segala sumber daya untuk memenuhi terlaksananya pekerjaan utama.. Untuk memenuhinya perlu dilakukan tahapan perencanaan mulai dari segi biaya, waktu pelaksanaan dan juga target pelaksanaan.



Gambar 2.2.1: Bagan Alir Pekerjaan Persiapan

Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



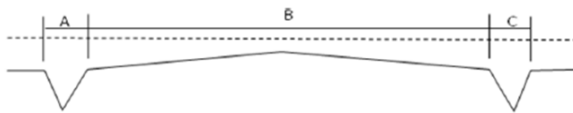
Gambar 2.2.1: Lay out jalan kerja

Sumber : Data Teknis BWS Bali-Penida 2018



Gambar 2.2.1: Proses pembuatan jalan kerja

Sumber : Dokumentasi PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gbr. Jalan tingkat nol

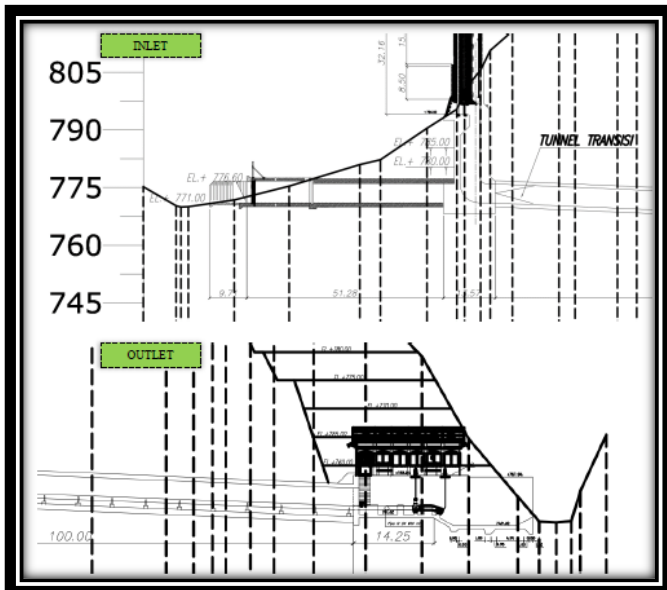


Gambar 2.2.1 : Fasilitas Sementara

Sumber : Dokumentasi PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

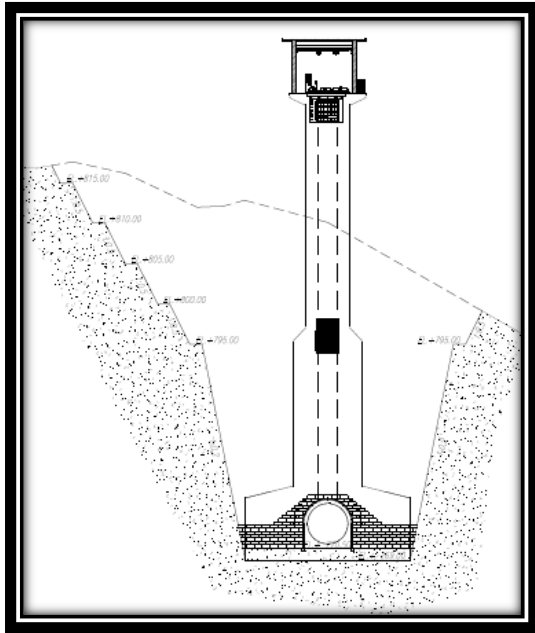
2.2.2 Pekerjaan Galian Terbuka Inlet dan Outlet

Pekerjaan galian terbuka yaitu pekerjaan galian tanah atau batu yang posisinya berada di area rencana pekerjaan terowong pengelak. Dimana pekerjaan ini dilaksanakan dengan metode terasiring dengan penentuan kemiringan sesuai desain rencana yakni 1:0,5. Setelah pekerjaan galian sudah mencapai elevasi rencana akan langsung dilaksanakan pekerjaan pemasangan portal di muka *inlet* dan juga *outlet* terowongan, metode ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat keamanan dalam proses penggalian terowong baik dari arah *inlet* ataupun *outlet* terowong. Fungsi utamanya adalah menjaga agar di awal penggalian terowong tanah disekitarnya tidak runtuh yang diakibatkan oleh aktifitas alat berat dan menjaga para pekerja dari reruntuhan material galian.

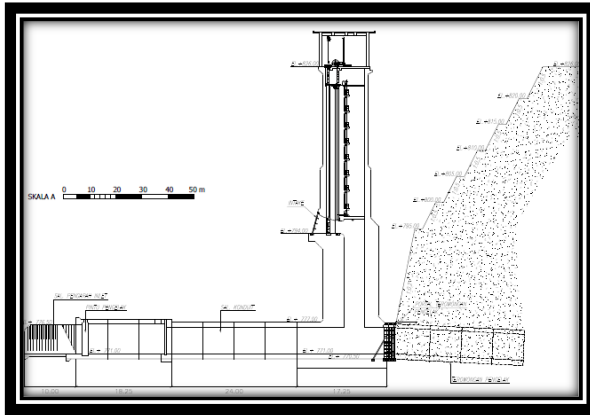


Gambar 2.2.2: penampang melintang galian terbuka inlet dan outlet terowong

Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

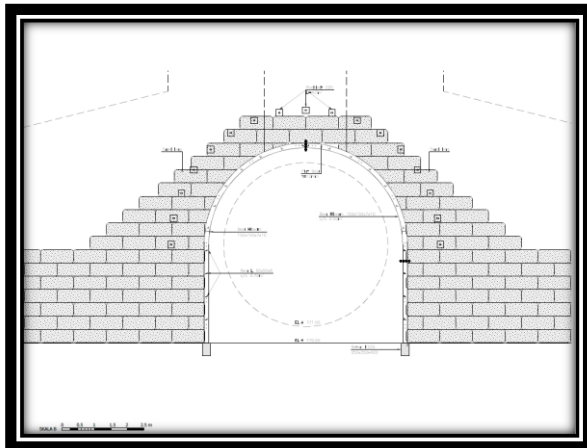


Gambar 2.2.2: penampang melintang portal terowong
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abiprava (Persero) 2018



Gambar 2.2.2: Penampang memanjang portal terowong

Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.2: Tampak depan portal terowong

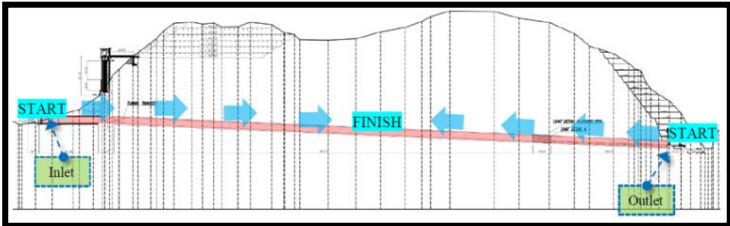
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

2.2.3 Pekerjaan Galian Terowong

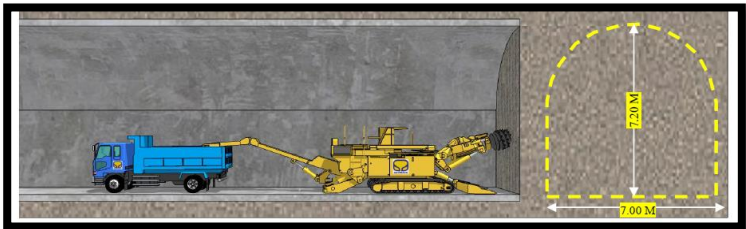
Dalam pekerjaan ini dijelaskan bagaimana pekerjaan pembuatan terowongan tanpa dilakukan dengan cara peledakan melainkan digali segmen demi segmen menggunakan alat berat bor mekanis elektrik yang disebut dengan nama *Road Header*.

Pekerjaan terowong diikuti dengan pekerjaan penunjang lain diantaranya adalah :

1. Penyediaan instalasi air bersih ;
 2. Penyediaan instalasi listrik ;
 3. Penyediaan udara bersih dan ventilasinya ;
 4. Penyediaan saluran pembuang sepanjang pekerjaan terowong ;
- Pekerjaan pengurasan air hasil dari buangan air saluran terowong (*dewatering*).



Gambar 2.2.3: Arah pekerjaan galian terowong
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



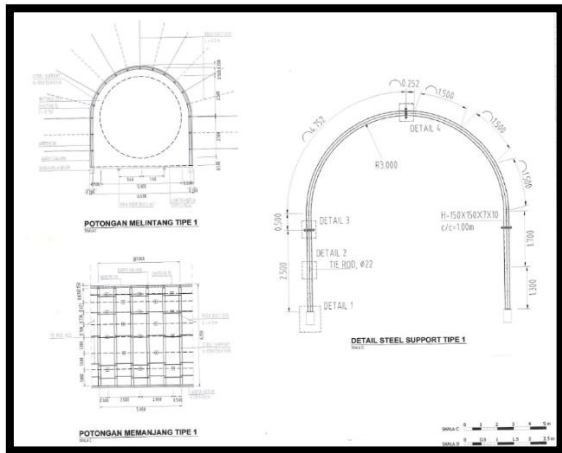
Gambar 2.2.3.: galian terowong menggunakan road header
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.3: Simulasi pekerjaan pembuangan tanah hasil galian terowong
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

2.2.4 Pekerjaan Pemasangan Steel Support (Baja penyangga)

Pemasangan *steel support* berfungsi sebagai penopang utama terowongan dari keruntuhan. Material menggunakan baja H (*H beam*) ukuran 150x150x70 mm yang dibentuk dengan bantuan *banding machine* sesuai dengan bentuk muka *tunnel*. Pemasangan *steel support* dilakukan setiap selesai satu putaran waktu pekerjaan kedalaman penggalian (± 4.0 meter).



Gambar 2.2.4: Detail gambar steel support
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.4: Proses pemasangan steel support
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

2.2.5 Pekerjaan Pemasangan Rock bolt

Pemasangan *Rock Bolt* (Baut batu) berfungsi sebagai perkuatan terakhir dari sistem support/ penyangga terowongan. Urutan pelaksanaan sebagai berikut :

1. Pengeboran

Pekerjaan ini bertujuan untuk membuat lubang untuk penanaman rockbolt sesuai dengan dimensinya. Pekerjaan pengeboran ini menggunakan alat *Leg Drill* yaitu alat bor manual dengan air sebagai media utama pengeboran (air dialirkan melalui selang dan dengan tekanan tinggi melewati batang bor menembus tanah yang dibor).

2. Pembersihan

Setelah pengeboran selesai dilanjutkan pembersihan lubang pengeboran dengan penyemprotan air bertekanan ke dalam lubang sampai air yang keluar bersih dan dilanjutkan penutupan lubang-lubang tersebut dengan penyumbat sementara menggunakan batang kayu atau material lain agar lubang terjaga kebersihannya.



Gambar 2.2.5 : Proses pemasangan rockbolt
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

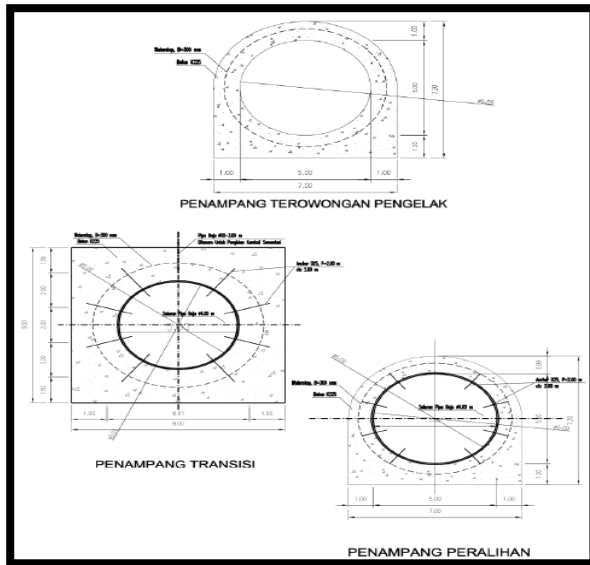
2.2.6 Pekerjaan Shotcrete Terowong

Untuk pekerjaan *Shotcrete* (penyemprotan cor beton) berfungsi sebagai proteksi dari tanah yang telah digali dan menjaga reruntuhnya agar tidak membahayakan pekerja didalam terowong, sama halnya dengan *steel support* yang memiliki peranan utama sebagai salah satu pemenuhan standar keamanan dalam bekerja di dalam terowong. Dan pekerjaan ini terbagi dalam 2 tahap pekerjaan sebagai berikut:

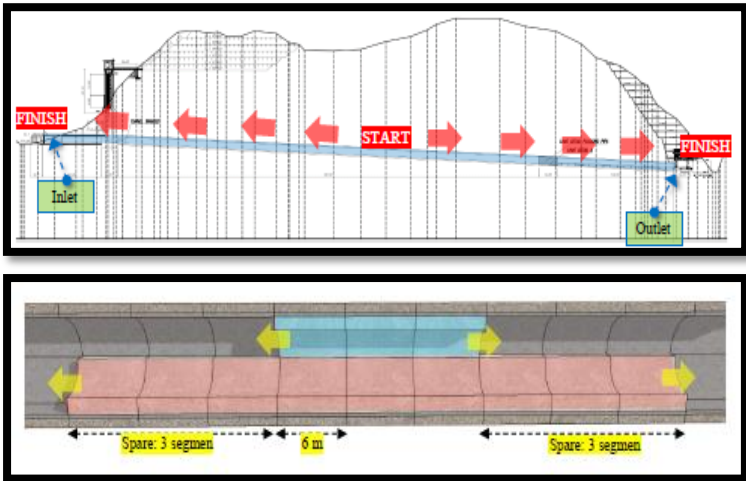
1. Lapis pertama shotcrete (*1st layer shotcrete*) berfungsi sebagai pengaman pertama bagi pekerja dan alat-alat kerja dari reruntuhan tanah/ atap terowongan dengan ukuran material kecil maupun besar dan digunakan sebagai landasan awal untuk pemasangan *Steel Support* dan *Wire Mesh* dan untuk ketebalan primary shotcrete ± 5 cm.
2. Lapis kedua shotcrete (*2nd layer shotcrete*) sebelum pekerjaan ini dilaksanakan terlebih dulu dilaksanakan pemasangan *wire mesh* ukuran 4 mm untuk tulangan *secondary shotcrete* sehingga *shotcrete* dapat menempel pada dinding dan atap terowongan dengan baik dan kuat. Setelah pemasangan wire mesh selesai dilanjutkan pelaksanaan *shotcrete* dengan ketebalan ± 10 cm.

2.2.7 Pekerjaan Concrete Lining

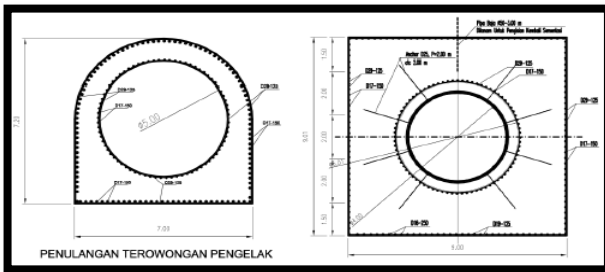
Dalam pelaksanaan pekerjaan terowongan, tahapan ini adalah yang terakhir dari seluruh rangkaian pekerjaan utama dari salah satu bangunan pelengkap dalam Bendungan Sidan ini. Dengan definisi yakni pekerjaan pembetonan untuk menyelimuti pekerjaan sebelumnya seperti, *Shotcrete 1st layer dan 2nd layer*, Pemasangan *steel support* dan *rock bolt*. Dikarenakan adalah pekerjaan tahap akhir maka pelaksanaan pekerjaan mulai dari fabrikasi besi, penyiapan bekisting (*slidding form*), penyiapan sparing lubang pipa untuk *grouting* peralatan pengecoran, material beton siap pakai dan juga sumber daya tenaganya harus benar-benar disiapkan sebaik mungkin. Karena jika salah langkah atau metodenya tidak berurutan maka akan menghambat pekerjaan dan berakibat mundurnya target waktu pelaksanaan. Berikut gambar visualisasi pekerjaan *Concrete Lining* :



Gambar 2.2.7 : Spesifikasi lining terowong
Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



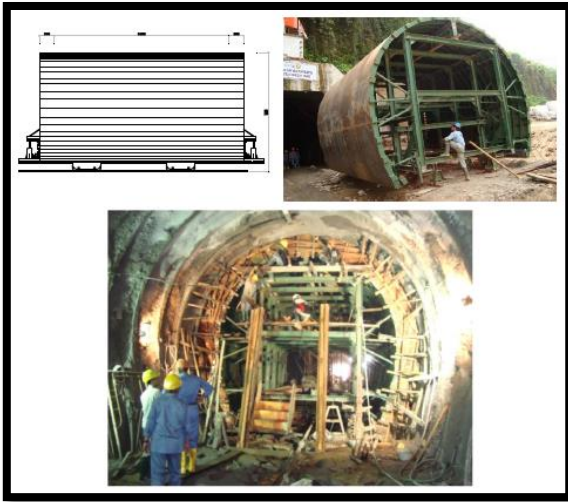
Gambar 2.2.7: Arah tahapan pelaksanaan lining terowong
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.7: Detail penulangan lining concrete
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



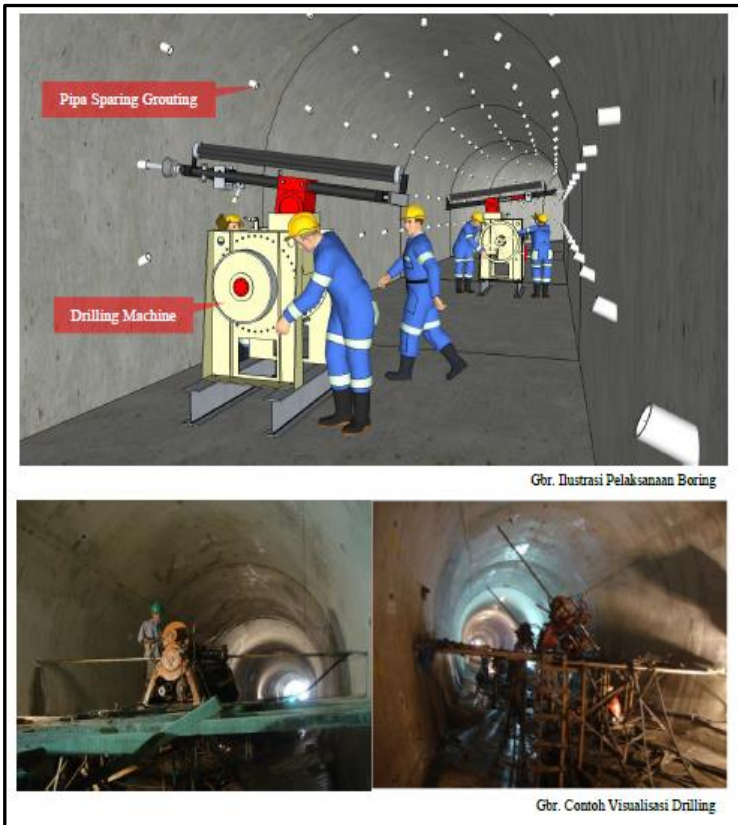
Gambar 2.2.7: Pemasangan tulangan besi lining concrete
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.7: Pemasangan bekisting Lining Concrete
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.7: Proses pengecoran lining concrete
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.2.7: Proses pelaksanaan backfill grouting
 Sumber : Data Teknik PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

2.3 Peraturan dan Kebijakan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Dalam pelaksanaan pekerjaan pembuatan terowongan di bendungan sidan, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan

Kerja (SMK3) menjadi hal yang utama selain pengerjaan percepatan progres pekerjaan. Dasar penerapan SMK3 adalah untuk mencapai terkendalinya risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja yang efektif, terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif serta untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan lingkungan dan mengelola aspek lingkungannya. Dengan penerapan SMK3 yang sesuai prosedur maka akan dapat mengidentifikasi dan mengendalikan risiko yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan.

Untuk pelaksanaan pekerjaan selalu dilakukan penyusunan metode pelaksanaan yang dapat didefinisikan dengan melakukan atau melaksanakan pekerjaan berdasarkan urutan kegiatan yang realistis atau logis berdasarkan item per itemnya yang dikerjakan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Untuk melaksanakan metode tersebut harus dilengkapi dengan sumber daya baik, alat, material dan tenaga. Dalam hal ini diatur dalam peraturan yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai berikut :

1. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 34/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Pelaksanaan Sistem Pengendalian Manajemen Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum, dan didefinisikan Sistem Pengendalian yang disingkat Sisdalmen Jasa Pemborongan, adalah Pedoman Pelaksanaan Sistem Pengendalian Manajemen Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum
2. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 06/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Pengawasan Penyelenggaraan Pekerjaan dan Pelaksanaan Pemeriksaan Konstruksi di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum, dan didefinisikan sebagai acuan dalam melakukan pengawasan dan pemeriksaan terhadap penyelenggaraan jasa konstruksi baik fisik maupun non fisik dengan penekanan terhadap tertib penyelenggaraan konstruksi yang meliputi aspek perencanaan pekerjaan konstruksi, pengadaan, manajemen pengendalian, pelaksanaan kontrak yang didukung kompetensi penyelenggaraan konstruksi.
3. Keputusan Direktur Jenderal Sumber Daya Air Nomor: 325/KPTS/D/2011 Tentang Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Terowongan Untuk Bendungan yang

diperuntukan sebagai pemberi petunjuk kepada perencana dan pelaksana bendungan serta informasi dari seluruh aspek gambaran mengenai desain dan juga pelaksanaannya maupun kinerja terowongan pada bendungan. Untuk metode pelaksanaan detailnya mengacu pada *Pre Construction Meeting* yang dibuat oleh tim dari PT Brantas Abipraya (Persero) – PT. Universal Suryaprima

2.4 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

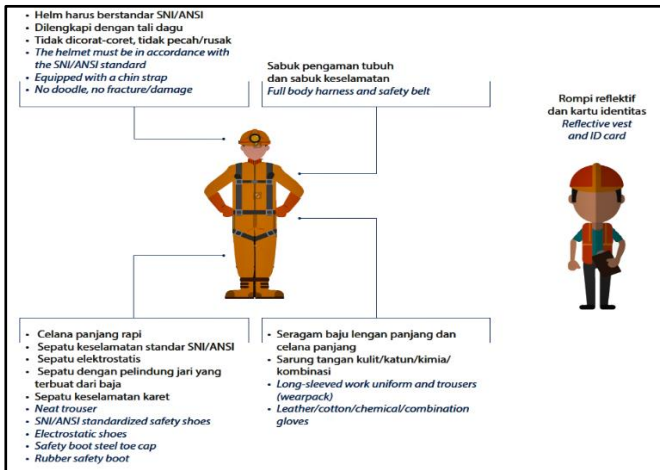
Disamping pekerjaan diatas, diatur juga perihal Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Karena hal ini berperan penting dalam faktor terlaksananya pekerjaan tersebut dengan berhasil atau tidaknya dengan peraturan yang tertuang dalam Perundang-undangan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebagai berikut:

1. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No. 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja ;
2. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-08/MEN/VII/2010 Tentang Alat Pelindung Diri ;
3. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-09/MEN/VII/2010 Tentang Operator dan Petugas Pesawat Angkat dan Angkut ;
4. Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan RI No. Kep.113/DJPPK/IX/2006 Tentang Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Ruang Terbatas ;
5. Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan RI No. Kep.53/DJPPK/VIII/2009 Tentang Pedoman Pelatihan dan Pemberian Lisensi Petugas Petugas Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan di Tempat Kerja.

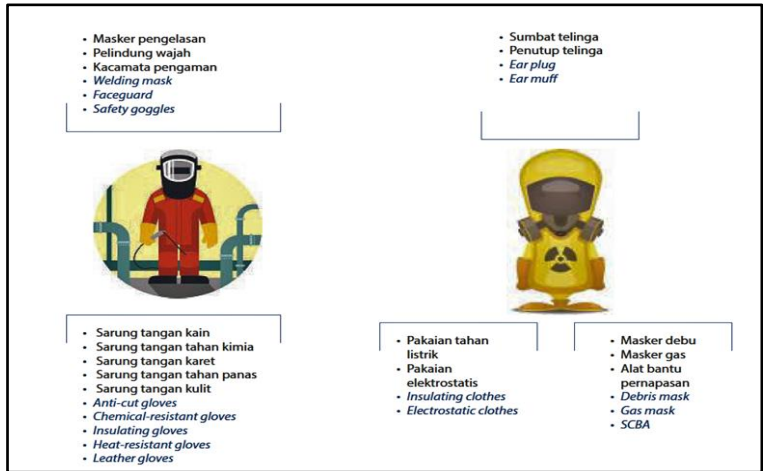
Pelaksanaan Penerapan K3 (Keselamatan Kesehatan Kerja) adalah untuk melindungi Hak Keselamatan para pekerja yang terlibat langsung dalam proses pembangunan proyek Bendungan Sidan. Selain itu untuk melaksanakan perintah yang tertuang dalam Undang-Undang ataupun Peraturan Menteri Ketenagakerjaan serta melaksanakan

kewajiban yang telah dipaparkan pada saat mengikuti tender proyek tersebut. Adapun untuk memudahkan pelaksanaan K3 yakni dengan membuat Denah Keselamatan Kerja (*Safety Plan*) sesuai kondisi yang ada di lapangan. Dari terlaksananya K3 yang baik maka akan tercipta produktifitas kerja yang baik, efektif, efisien serta dapat mencapai tujuan perusahaan yakni tepat waktu, tepat mutu dan tepat biaya.

Adapun contoh Alat Pelindung Diri sebagai berikut :



Gambar 2.4.1: Contoh Alat Pelindung Diri
Sumber : www.SCBD.com 2020



Gambar 2.4.1 : Contoh Alat Pelindung Diri
 Sumber : www.SCBD.com 2020

Tujuan utama diterapkannya SMK3 (Sistem Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja) adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengidentifikasi kecelakaan akibat kerja;
2. Menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan produktif ;
3. Mengendalikan sampah dan limbah yang dihasilkan aktifitas pekerjaan proyek ;
4. Mencegah penyakit atau cacat tetap akibat kerja ;
5. Menjadi wadah simulasi kebencanaan atau kebakaran agar pekerja lebih peduli terhadap lingkungan ;
6. Menciptakan keamanan peralatan kerja yang dioperasikan di lingkungan kerja ;
7. Memberikan kesempatan untuk petugas K3 meningkatkan kompetensinya dengan ikuti pelatihan ;
8. Mencapai target *Zero Accident* (Nol Kecelekaan) sebagai tolak ukur salah satu suksesnya proyek tersebut.;
9. Sebagai dasar pemasangan rambu-rambu K3 untuk pemandu para pekerja yang ada lingkungan kerja sesuai dengan kebutuhan lokasinya dan juga sebagai pengingat untuk selalu menjaga K3 ;
10. Sebagai dasar penyusunan tim Tanggap Darurat di proyek.

Berikut adalah istilah-istilah yang dipakai dalam kegiatan K3, dimana kegiatan ini menjadi rutinitas selama proyek berlangsung :

- 1) *Safety Induction* (Penyuluhan Keselamatan)
Adalah sosialisasi berisi pemahaman secara singkat mengenai kondisi umum Lokasi Kerja, yang diberikan kepada pekerja atau orang lain yang berkepentingan. Kegiatan ini dilakukan insidental (disesuaikan dengan kondisi lapangan).
- 2) *Safety Talk* (Sosialisasi K3 Sebelum Memulai Pekerjaan)
Safety talk merupakan kegiatan yang dilaksanakan untuk memberikan pengertian dan pemahaman kepada para pekerja dan staff Proyek Pembangunan Bendungan Sidan tentang isu-isu terkini terkait keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan kerja masing-masing.
Anggota dari kegiatan ini adalah: semua anggota kelompok pekerja pegawai / karyawan/ pekerja baru yang terlibat dalam proses produksi pekerjaan secara langsung dilapangan. Kegiatan ini dilaksanakan secara periodik minimum sekali dalam satu minggu dengan jadwal yang ditetapkan oleh Manager Proyek dan dihadiri oleh semua Tim Proyek Pembangunan Bendungan Sidan , Kab. Badung, Bangli dan Giayar.
- 3) *Toolbox Meeting* (Penyuluhan K3 singkat)
Toolbox Meeting adalah kegiatan mengingatkan pekerja terkait risiko K3 pada proses pekerjaannya. Kegiatan ini dilakukan sebelum pekerjaan dimulai, dalam bentuk kelompok kerja.
- 4) Rapat P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
Rapat P2K3 ini dilakukan oleh Tim P2K3 Proyek, sesuai jadwal yang telah disepakati bersama. Rapat ini membahas isu-isu K3L (keselamatan dan Kesehatan kerja lingkungan) yang terjadi dan dipimpin oleh Ketua P2K3 di masing-masing Proyek.
- 5) Rambu-rambu K3
Merupakan peringatan yang berada di area, lokasi atau ruang yang berpotensi menimbulkan bahaya dan dampak kesehatan dan keselamatan bagi pekerja. Rambu-rambu K3

yang dipasang berisikan tentang rambu larangan, perintah, peringatan, serta informasi yang dibuat dan dipasang di sekitar areal, lokasi, atau ruang kerja.

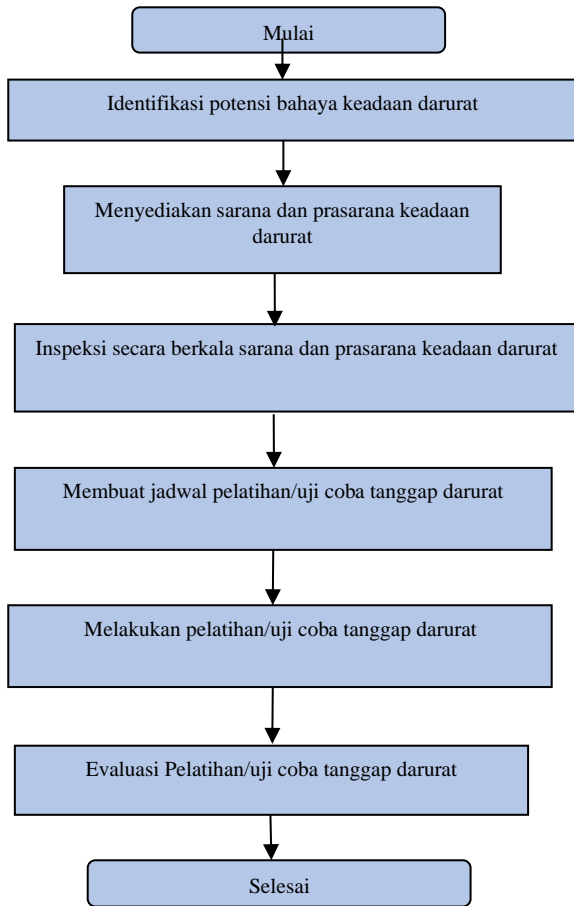
6) *Medical Check Up*

Medical check up yang dimaksud sesuai dengan peraturan perundangan yang diatur didalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 02 Tahun 1980 Tentang Pemeriksaan Kesehatan Tenaga Kerja Dalam Penyelenggaraan Keselamatan Kerja. Pemeriksaan yang dimaksud antara lain:

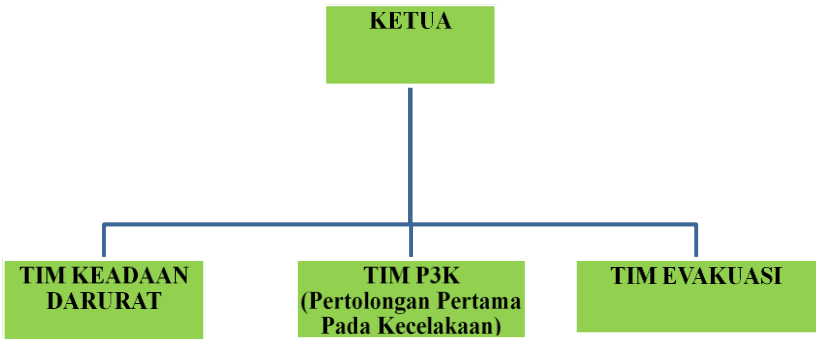
- a. Pemeriksaan kesehatan awal
Yaitu pemeriksaan kesehatan yang dilakukan sebelum pekerja melakukan pekerjaan di area kerja tersebut.
- b. Pemeriksaan kesehatan berkala
Yaitu pemeriksaan kesehatan yang dilakukan dengan periode 6 bulan sekali atau 1 tahun sekali.
- c. Pemeriksaan kesehatan khusus
Yaitu pemeriksaan kesehatan khusus dilakukan bagi pekerja yang menajalankan pekerjaannya dengan potensi bahaya spesifik (contoh: pemeriksaan audiometri dengan pekerjaan dengan kebisingan tinggi).

2.5 Kesiapan Siagaan dan Tanggap Darurat

Alur Proses, Aktivitas, dan Uraian Tugas Penanganan Kesiapan Siagaan dan Tanggap Darurat dapat dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 2.5.1: Bagan Alir Tanggap Darurat
Sumber : K3 PT Brantas Abipraya (Persero) 2018



Gambar 2.5.2 : Bagan Alir P3K
 Sumber : K3 PT Brantas Abipraya (Persero) 2018

Tugas dan Tanggung Jawab Tim Tanggap Darurat adalah sebagai berikut :

1. Ketua :

- 1) Bertanggung jawab terhadap penanganan keadaan darurat;
- 2) Menerima laporan terkait keadaan darurat dari *HSE (health, safety, environment) Inspector*;
- 3) Melaporkan hasil penanganan/pemulihan keadaan darurat kepada pihak berwenang.

2. Tim Keadaan Darurat :

- 1) Melakukan tindakan penanganan keadaan darurat sesuai tugas dan fungsinya masing-masing ;
- 2) Melaporkan hasil penanganan keadaan darurat kepada Ketua Tanggap Darurat.

3. Tim P3K (Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan)

- 1) Melakukan tindakan pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) sesuai tugas dan fungsinya masing-masing ;
- 2) Melaporkan hasil penanganan P3K kepada Ketua Tanggap Darurat.

4. Tim Evakuasi

- 2) Melakukan tindakan penanganan evakuasi baik kepada pekerja maupun aset/dokumen penting saat kondisi gawat darurat terjadi ;
- 3) Melaporkan hasil penanganan evakuasi kepada Ketua Tanggap Darurat.