

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diawal abad ke-20, pemerintahan Indonesia melirik Sungai Asahan yang memiliki aliran air yang sangat deras agar dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pembangunan PLTA ASAHAN 1 dimulai pada tahun 1997 lalu dilanjutkan dengan PLTA ASAHAN 2 yang memiliki 2 PLTA yaitu PLTA SIGURA-GURA dan PLTA TANGGA oleh PT. INDONESIA ALUMINIUM (INALUM). Dalam pelaksanaan pembangunan PLTA tersebut pemerintah melalui PT. PLN bekerja sama dengan NIPPON KOEI dibawah naungan JICA bertanggungjawab dalam studi kelayakan setiap pembangunan PLTA.

Pembangunan PLTA ASAHAN No.3 dimulai pada tahun 2011 yang berlokasi pada 2 kabupaten yaitu Kabupaten Toba dan Kabupaten Asahan. Pembangunan PLTA ASAHAN No.3 akan menghasilkan daya listrik sebesar 174 MW dengan menggunakan kembali air tumpahan dari bendungan PLTA TANGGA. Tumpahan air tersebut digunakan untuk kembali menghasilkan listrik. Pembangunan PLTA ini bertujuan untuk meningkatkan pasokan arus listrik bagi masyarakat Sumatera Utara. Daya listrik yang dihasilkan akan dialirkan kepada masyarakat melalui SUTET dan SUTT.

Pembangunan PLTA ASAHAN No.3 memiliki beberapa titik pengerjaan antara lain, *intake weir* atau juga disebut sebagai pintu utama air dari tumpahan bendungan Tangga, *headrace tunnel*, dan *underground powerhouse*. *Underground powerhouse* memiliki panjang 1,67km. Pembangunan *powerhouse* akan digunakan sebagai tempat peletakan 2 *Francis Turbin* yang dilengkapi dengan ruangan kontrol. Pengerjaan diawali dengan pengerjaan ekskavasi dengan metode *blasting* yang merupakan metode penggalian pada bawah tanah dengan bahan peledak tertentu lalu hasil *blasting* tersebut digunakan kembali sebagai material batu dan pasir dalam material penyusun beton. Beton terbuat dari campuran semen Portland dan hidraulik serta air dengan bahan tambah. Adapun beberapa sifat beton yaitu, *workability*, *bleeding* dan *segregation*. Namun beton juga memiliki kelemahan yaitu bersifat getas

(runtuh seketika) (Palthi Raja Luther Hutapea dan Yushar Kadir, 2021). Proyek ini memakai beton sebagai bahan konstruksi dengan beberapa *quality control* sesuai standar ASTM.

Beton ialah campuran dari bahan agregat halus dan kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dan semen, yang dipersatukan dengan air pada perbandingan tertentu. Beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (Samekto, dkk, 2001)

Beton yang baik adalah beton yang dapat memenuhi syarat peraturan beton, dan kekuatan dari beton itu sendiri sangat tergantung dari kualitas bahan-bahan penyusun beton yakni semen, air dan agregat. Selain itu kekuatan beton juga dipengaruhi oleh efektivitas ikatan antara agregat dan semen.

Quality control berupa rangkaian prosedur dan syarat yang harus dilalui dan dipenuhi pada setiap proses pembuatan suatu barang. Tujuan utama *quality control* yaitu menguji, memeriksa, meneliti, menganalisis proses produksi sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang layak (Tampai, dkk 2017). *Quality control* beton sangat dibutuhkan untuk mengetahui kelayakan pemakaian beton terhadap konstruksi. Kualitas dari beton harus memenuhi standar ASTM yang menjadi acuan standar pembangunan konstruksi *underground powerhouse* pada material beton. Hasil *quality control* beton yang memenuhi standar sangat berpengaruh terhadap aspek keselamatan para pekerja konstruksi agar meminimalisir kejadian pada saat pengecoran ataupun pekerjaan lain terhadap material beton.

Di Indonesia terdapat 20 korban fatal akibat kecelakaan kerja konstruksi dari setiap 100.000 tenaga kerja. Salah satu penyebab terganggunya atau terhentinya pekerjaan proyek adalah kecelakaan yang mungkin terjadi pada suatu proyek konstruksi. Pada pembangunan *underground powerhouse*, pelaksanaan K3 harus dilaksanakan dengan ketat mengingat pelaksanaan pembangunan dilakukan 300 meter dibawah muka tanah (Faisal Tamim dan Agus Ismail, 2020).

Dari penjabaran diatas maka peneliti akan melakukan kajian terhadap *Quality Control* Beton Dan Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3)

Pada Pembangunan *Underground Powerhouse* Studi Kasus Proyek Pembangunan PLTA Asahan No.3.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka peneliti menyimpulkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Pengujian apa saja yang dilakukan pada *quality control* beton pada pengerjaan *underground powerhouse* PLTA ASAHAN No.3 ?
2. Bagaimana penerapan K3 pada pengerjaan *underground powerhouse* PLTA ASAHAN No.3 ?
3. Apakah kelayakan material beton, mutu beton serta kuat tekan beton yang akan digunakan sesuai dengan syarat perencanaan pekerjaan proyek.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian yaitu :

1. Mengetahui uji apa saja yang akan dilakukan pada saat *quality control* beton pembangunan *underground powerhouse*
2. Mengetahui penerapan K3 yang berlangsung di dalam *underground powerhouse*.
3. Mengetahui kelayakan material beton, mutu beton serta kuat tekan beton yang akan digunakan sesuai dengan syarat perencanaan pekerjaan proyek.

1.4 Batasan Masalah

Adapun pembatasan permasalahan meliputi :

1. Lokasi penelitian dan pengambilan data hanya pada proyek PLTA Asahan No.3
2. Data yang dipakai merupakan data sekunder yang telah diberikan pihak konsultan perencana proyek
3. Pengambilan dan pengamatan proyek secara kuantitatif

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi sebuah pengetahuan terhadap *quality control* beton yang akan di pakai pada pembangunan bawah tanah serta penerapan K3 yang sesuai prosedur. Penulisan Tugas Akhir ini juga dapat meningkatkan pengetahuan dan kompetensi mahasiswa sebagai pembelajaran dalam pelaksanaan pembangunan bawah tanah yang mencakup *quality control* dan penerapan K3.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit dari bahan batuan yang direkatkan dengan bahan ikat. Beton terdiri dari agregat, semen, air yang dicampur bersamaan dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena memiliki sifat tersebut maka beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan (Ahmad, dkk., 2009). Umumnya beton dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen sangat berpengaruh terhadap kualitas beton dan kecepatan pengerasan. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaan dan gradasi agregat kasar juga mempengaruhi kekuatan beton. Pengerasan dan kekuatan dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas air (Murdock dan Brook, 2003). Beberapa bahan tambah yang dapat dipakai pada pembuatan beton ialah abu batu. Abu batu adalah agregat halus yang lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 mm, sehingga abu batu adalah limbah yang berguna menjadi campuran bahan material bangunan konstruksi karena abu batu dapat berfungsi sebagai agregat halus pengganti pasir pada campuran beton. Limbah abu batu sangat banyak jumlahnya sehingga alangkah baiknya diupayakan penanganannya secara optimal agar bermanfaat bagi bahan konstruksi (Fitria Handayani, 2019).

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis serta digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa senyawa sulfat serta boleh ditambahkan menggunakan bahan tambah lainnya (Fitria Handayani, 2019).

Tabel 2.1 Komposisi Bahan Utama Semen

Komposisi	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

(Sumber : Nawy dan G Edward, 1998).

2.2.2 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam memilih besarnya pada beton biasanya terdapat lebih kurang 60% hingga 80% volume agregat. Agregat ini wajib bergradasi sedemikian rupa agar seluruh massa beton bisa berfungsi menjadi benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi menjadi pengisi celah yang terdapat pada antara agregat ukuran besar (Nawy dan G Edward, 1998). Agregat dibagi kedalam 2 jenis sesuai dengan ukuran butirannya yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus bisa berupa pasir alam, pasir output olahan atau campuran berdasarkan ke 2 pasir tersebut. Menurut SNI nomor 3 pasal 2847 tahun 2002, agregat halus adalah agregat yang memiliki berukuran buah maksimum sebanyak 5,00 mm. Agregat halus yang baik wajib bebas berdasarkan bahan organik, lempung, partikel yang lebih mini berdasarkan saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang bisa menghambat adonan beton. Untuk beton pelawan radiasi, bubuk baja halus dan bubuk besi pecah dipakai menjadi agregat halus.

Menurut SNI nomor 3 pasal 2847 tahun 2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Fungsi dari agregat kasar adalah sebagai pengisi campuran beton lain selain agregat halus.

2.2.3 Air

Menurut SNI nomor 3 pasal 2847 tahun 2002, air yang dipakai dalam adonan beton wajib higienis dan bebas berdasarkan bahan-bahan mengganggu yang

mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. Hampir seluruh air alami yang bisa diminum dan nir memiliki rasa atau bau yang mencolok memenuhi kondisi menjadi air adonan buat pembuatan beton. Jika ketidak murnian pada air adonan berlebihan, bisa menghipnotis nir hanya ketika pengikatan (*setting time*), bertenaga beton, stabilitas volume (perubahan panjang), namun bisa juga menyebabkan penge-flor-an (*efflorescence*) atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi berdasarkan bahan solid yang bisa larut pada air, usahakan dihindari.

Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) mengakibatkan air diantara bagian-bagian semen sedikit sebagai akibatnya jeda antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen, pertanda lebih berkaitan, karena itu kekuatan awal lebih ditentukan dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi. Semakin mini nilai faktor air semen maka akan menyebabkan nilai bertenaga tekan yang semakin tinggi. Walaupun demikian nilai faktor air semen memiliki batasan sepanjang adukan beton masih bisa pada kerjakan secara baik (Fitria Handayani, 2019).

2.2.4 Kelebihan Dan Kekurangan Beton

1) Kelebihan Beton

Menurut Wahyudi, dkk, 2017, beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan material lain, diantaranya :

1. Beton termasuk bahan yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukkan dan terhadap kebakaran.
2. Harga relatif murah karena menggunakan bahan dasar lokal, terkecuali semen portland.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk yang sesuai keinginan.
4. Kuat tekan yang tinggi apabila dikombinasikan dengan baja tulangan dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton termasuk aus dan kebakaran, sehingga perawatannya relatif rendah.

2) Kekurangan Beton

Menurut Wahyudi, dkk, 2017, beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu :

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton segar mengalami susut pada saat pengeringan, dan mengembang saat basah.
3. Beton sulit kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasukkan air, dan air yang memiliki kandungan garam dapat merusak beton.

2.3 *Quality Control Material*

Quality control merupakan suatu proses yang dalam pada dasarnya merupakan mengakibatkan entitas menjadi petinjau kualitas menurut seluruh faktor yang terlibat pada aktivitas produksi. Tugas *quality control* meliputi *monitoring*, uji-tes dan menilik seluruh proses produksi menggunakan tujuan supaya nir terjadi barang yang nir sinkron menggunakan baku mutu yang diinginkan. Tujuan primer *quality control* yaitu menguji, menilik, meneliti, menganalisis proses produksi sebagai akibatnya produk yang didapatkan sinkron menggunakan baku kualitas yang layak (Yul Stella Tampai, dkk., 2017).

Metode pengujian sampel beton dilakukan pada *batching plant* proyek PLTA Asahan No.3. Standar yang dipakai dalam pengujian beton dalam PLTA Asahan No.3 yaitu *American Standard Testing And Material (ASTM)*. Pengujian dilakukan supaya pemakaian beton terhadap konstruksi *underground powerhouse* bisa memenuhi kriteria pembangunan terowongan PLTA pada jangka panjang sebagai akibatnya meminimalisir biaya pemugaran yang relatif besar. Adapun pengujian *quality control* yang dilakukan terhadap beberapa bahan penyusun beton yaitu sebagai berikut :

1. *Qualiy Control* Semen.
2. *Qualiy Control* Agregat Halus.
3. *Qualiy Control* Agregat Kasar.
4. *Qualiy Control* Air.

2.3.1 *Quality Control* Semen

Menurut SNI nomor 15 pasal 2049 tahun 2004, semen merupakan material bangunan yang dihasilkan menggunakan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis serta digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kistal senyawa kalsium sulfat serta boleh ditambahkan menggunakan bahan tambha lain. Adapun beberapa pengujian yang juga merupakan bagian dari *quality control* yang dilakukan terhadap semen yaitu sebagai berikut:

1. Kehalusan Semen.
2. Berat Jenis Semen.
3. Konsistensi Normal.
4. Pengikatan Awal.
5. Kehalusan Semen.

2.3.2 *Quality Control* Agregat Halus

Pasir atau agregat yang terbagi menjadi agregat halus dan agregat kasar. Menurut ASTM C 136-01, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desitegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri dan mempunyai ukuran butir 5 mmsedangkan agregat kasar disitegrasi dari batu atau berupa batu pecah yang berukuran 5-40 mm. Adapun beberapa pengujian yang juga merupakan bagian dari *quality control* yang dilakukan terhadap agregat halus yaitu sebagai berikut:

1. Analisa Saringan.
2. Berat Jenis dan Penyerapan Air.
3. Kadar Air.
4. Berat Isi dan Rongga Udara.
5. Kotoran Organik.

2.3.3 *Quality Control* Agregat Kasar

Agregat kasar adalah terdiri dari serpihan batu yang ukurannya melebihi 5 mm sehingga ukura maksimum yang dibenarkan untuk kerja-kerja konkrit yang tertentu, tidak melebihi 50 mm. Agregat kasar biasanya diambil dari batu gunung, batu sungai dan hasil dari proses penambangan. Menurut ASTM C 136-01,

adapun beberapa pengujian juga merupakan bagian dari *quality control* yang dilakukan terhadap agregat kasar yaitu sebagai berikut :

1. Analisa Saringan.
2. Berat Jenis dan Penyerapan Air.
3. Kadar Air.
4. Berat Isi dan Rongga Udara.
5. *Los Angeles*.

2.3.4 *Quality Control* Air

Air diperlukan dalam setiap campuran bahan bangunan seperti beton. Biasanya air yang dapat diminum juga dapat digunakan sebagai campuran beton. Penambahan air yang berlebih akan menyebabkan banyaknya gelembung air yang mengakibatkan kegagalan proses hidrasi. Menurut SNI nomor 3 pasal 6861 tahun 2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah :

1. Bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya.
2. Kandungan klorida <0.50 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan merusak beton.
4. Tidak mengandung benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.

2.4 *Quality Control* Beton

Quality control merupakan suatu proses yang dalam pada dasarnya merupakan mengakibatkan entitas menjadi petinjau kualitas menurut seluruh faktor yang terlibat pada aktivitas produksi. Tugas dari *quality control* meliputi monitoring, uji-tes dan menilik seluruh proses produksi menggunakan tujuan supaya nir terjadi barang yang nir sinkron menggunakan baku mutu yang diinginkan. Tujuan primer *quality control* yaitu menguji, menilik, meneliti, menganalisis proses produksi sebagai akibatnya produk yang didapatkan sinkron menggunakan baku kualitas yang layak (Yul Stella Tampai, dkk, 2017). Metode pengujian sampel beton dilakukan pada *batching plant* proyek PLTA Asahan No.3. Standar yang dipakai dalam pengujian beton dalam PLTAAsahan No.3 yaitu *American Standard Testing And Material* (ASTM). Pengujian dilakukan agar

beton terhadap konstruksi *underground powerhouse* bisa memenuhi kriteria pembangunan terowongan PLTA pada jangka panjang sebagai akibatnya meminimalisir biaya pemugaran yang relatif besar. Adapun metode pengujian *quality control* beton adalah sebagai berikut:

1. Uji Material Penyusun Beton.
2. Uji Kadar udara Beton.
3. Uji *Slump*.
4. Uji kuat tekan dan pola retak.
5. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*).
6. Uji kuat belah.
7. Uji kuat tarik.

2.4.1 Uji Material Penyusun Beton

Menurut Yul Stella Tampai, dkk (2017), material penyusun beton merupakan hal yang sangat menentukan kekuatan beton. Uji material penyusun beton wajib dilakukan untuk menjamin kualitas beton yang akan dipakai. Adapun pengujian yang dilakukan terhadap material tersebut yaitu :

1. Pengujian berat jenis.
2. Pengujian kadar air.
3. Pengujian gradasi.
4. Pengujian kadar lumpur.
5. Pengujian kandungan zat organik.
6. Pengujian berat isi.

2.4.2 Uji Kadar Udara Beton (*Air Content Test*)

Air content test adalah proses pengujian untuk mendapatkan nilai kandungan udara pada beton segar. Kandungan udara pada beton segar adalah nilai banding volume udara dengan volume beton segar. Merupakan penurunan umum dan seragam tanpa ada adukan beton yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenarnya. Pengambilan *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut. Standar uji kadar udara yang digunakan yaitu ASTM C 231. Kelulusan nilai kadar air menurut ASTM C 231 setidaknya 8%

hingga 0,01% seperti yang ditentukan oleh uji kalibrasi tekanan udara yang tepat (ASTM C 231).

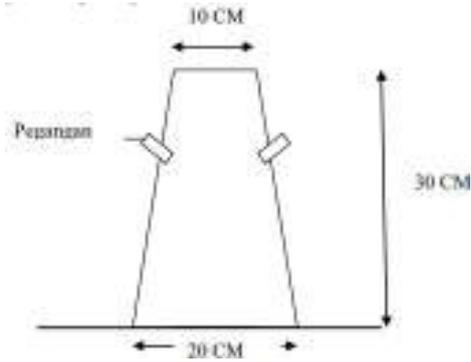
Terdapat 3 metode dalam standar ASTM untuk mengukur kadar udara dalam campuran beton :

1. Metode gravimetri : dimana kandungan udara diperoleh dengan mengurangi jumlah volume absolut bahan-bahan dalam suatu *batch* dari volume yang diukur dari beton campuran sebagaimana dihitung dari kepadatannya.
2. Metode volumetrik : dimana udara dikeluarkan dari beton dengan agitasi dalam bejana berisi air tertutup dan udara diukur dengan penurunan ketinggian air.
3. Metode tekanan : dimana jumlah udara ditemukan dari perubahan volume beton di bawah penerapan tekanan yang diketahui.

2.4.3 Slump Test

Slump test merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancang terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kecelakaan suatu adukan beton. Uji *slump* berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka *slump test* berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah (Fadli M. Van Gobel, 2017).

Percobaan uji *slump* dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat kemudahan pengerjaan. Uji ini dilakukan dengan menggunakan sebuah alat berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm, dilengkapi juga dengan kuping sebagai pengangkat beton segar serta tongkat pemadat yang berdiamater 16 mm sepanjang minimal 60 cm. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

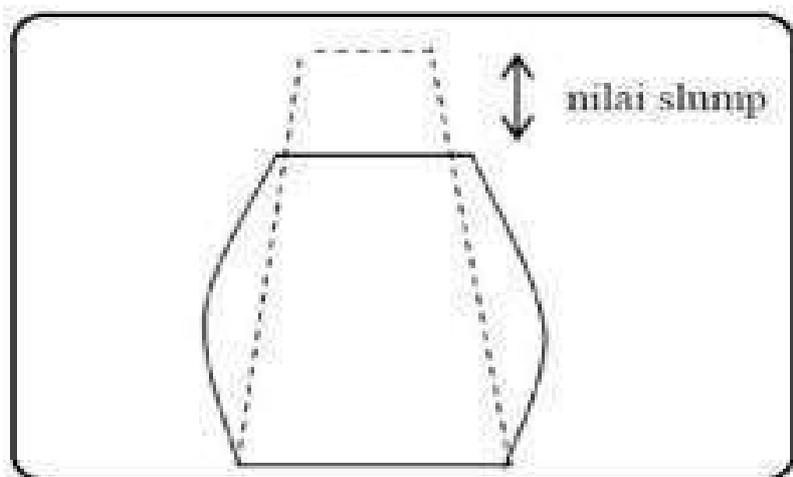


Gambar 2.1 Alat Slump Test
(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

Uji *slump* memiliki 3 jenis yaitu *slump* sejati (*slump* sebenarnya), *slump* geser dan *slump* runtuh :

1) *Slump* Sebenarnya

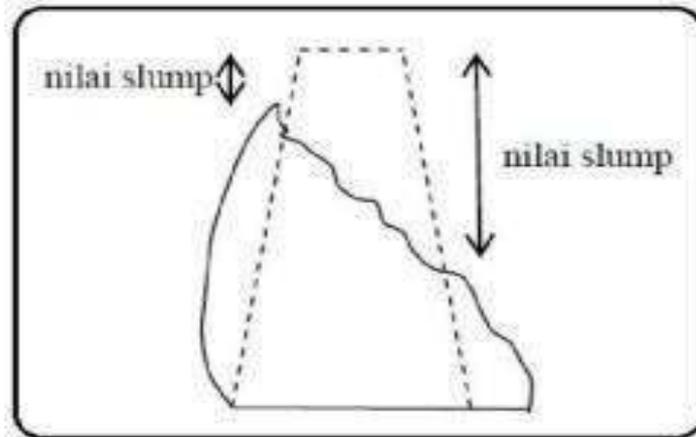
Merupakan penurunan umum dan seragam tanpa ada adukan beton yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenarnya. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).



Gambar 2.2 *Slump* sebenarnya
(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2) *Slump* Geser

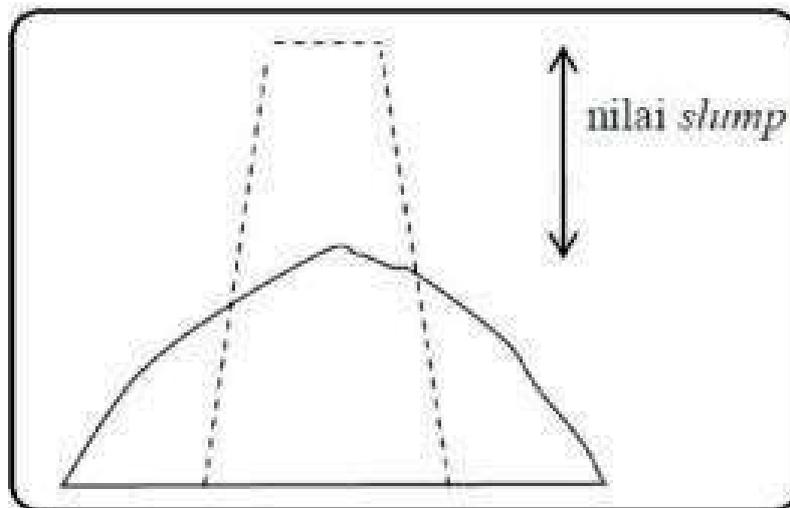
Slump geser terjadi apabila separuh puncaknya tergeser atau tergelincir ke bawah pada bidang miring. Cara pengambilan nilai *slump* geser ini ada dua yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan dari puncak kerucut (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).



Gambar 2.3 Slump Geser
(Sumber: Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

3) *Slump Runtuh*

Slump runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair, pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).



Gambar 2.4 *Slump Runtuh*
(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

Selain nilai *slump*, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjaan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian *slump* dilakukan. *Slump* beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

2.4.4 Compressive Strength Test (Uji Kuat Tekan)

Salah satu kondisi mutu primer menurut beton merupakan bertenaga tekan, dimana bertenaga tekan beton tadi diperoleh menurut *output* pengujian sampel benda uji yang dirawat selama umur 28 hari menurut saat pengecoran beton. Untuk mendapatkan beton dengan bertenaga tekan tertentu pada dasarnya wajib dilakukan percobaan terlebih dahulu dengan membuat rancangan adonan. Jika kuat tekan yang diinginkan tercapai maka perbandingan campuran tersebut digunakan sebagai pedoman pembuatan campuran. Pada *quality control* uji kuat tekan, nilai yang diharapkan pada saat uji kuat tekan beton ialah 25-30 Mpa (*Method Statement of Concrete Work For Powerhouse PLTA Asahan No.3*, 2021). Namun, jika kuat tekan yang diinginkan tidak tercapai maka rancangan campuran harus diulang kembali, sehingga didapatkan perbandingan campuran yang baru (Teguh Wibowo dan Cahyo Purnomo Prasetyo, 2019).

Kuat tekan beton diuji menggunakan alat uji dengan peningkatan beban tekan hingga benda uji hancur. Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya nilai kuat tekan beton ditentukan pada waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Kekuatan tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f_c' dengan satuan N/mm² atau MPa dan juga memakai satuan kg/cm². Kekuatan tekan beton merupakan sifat yang paling penting dari beton keras. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, telah dijabarkan dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana	Sampai 10Mpa
Beton Normal	15-33 Mpa
Beton Prategang	30-40 Mpa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 Mpa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 Mpa

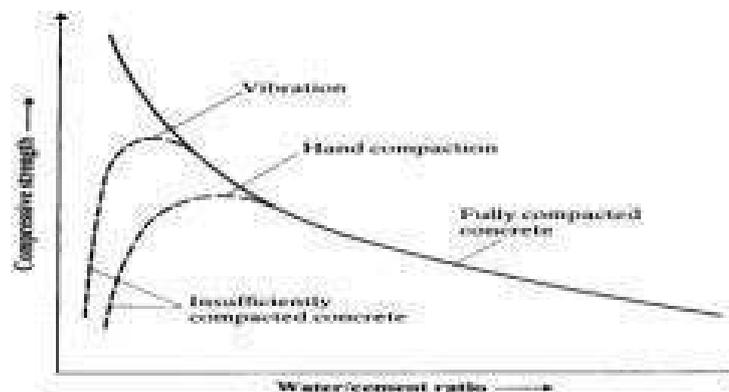
(Sumber : Kardiyono, 2007)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton menurut Nawy dan G Edward, 1998, antara lain :

1. Faktor Air Semen.
2. Kepadatan Beton.
3. Nilai Abrasi dari Agregat.
4. Faktor Agregat-Semen.
5. Sifat Agregat.

2.4.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan perbandingan berat antara air dan semen portland pada adonan adukan beton. Secara umum semakin rendah nilai faktor air semen meningkat bertenaga tekan betonnya, tetapi kenyataannya dalam suatu nilai faktor air semen eksklusif semakin rendah nilai faktor air semen bertenaga tekan betonnya semakin rendah pula. Hal ini karena jika faktor air semen terlalu rendah menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya menyebabkan mutu beton menurun (Duff Andrew Abrams, 1919). Adapun hubungan antara Faktor Air/Semen terhadap kuat tekan beton ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Hubungan antara faktor air/semen terhadap kuat tekan.

(Sumber : A.M Neville dan J.J Brooks, 1987)

2.4.6 Kepadatan Beton

Kepadatan pasta beton sangat berpengaruh dalam bertenaga tekan betonnya sesudah mengeras. Kekuatan beton berkurang bila kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sebagai akibatnya bertenaga tekannya berkurang, Untuk mengatasi kesulitan pemadatan adukan beton bisa dilakukan menggunakan cara pemadatan menggunakan indera vibrator atau menggunakan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat mengencerkan adukan beton sebagai akibatnya lebih gampang dipadatkan (Wahyudi, dkk, 2017).

Pemadatan beton dapat dilakukan dengan metode meja getar yaitu pemadatan yang menggunakan alat mekanis yang disebut meja getar. Pemadatan dilakukan dengan tujuan menghilangkan rongga udara yang terdapat di dalam beton. Pemadatan beton yang tidak baik akan menyebabkan penurunan kekuatan beton. Pemadatan yang berlebih juga mengakibatkan terjadinya *bleeding* (Wahyudi, dkk, 2017).

Alat getar ini dibagi menjadi dua yaitu :

1. *Internal Vibrator*

Berupa tongkat dan digerakkan oleh mesin. Untuk menggunakannya, tongkat dimasukkan ke dalam beton pada waktu-waktu tertentu tanpa menyebabkan *bleeding*.

2. *External Vibrator*

Yaitu alat yang menggetarkan bekisting sehingga menggetarkan beton.



Gambar 2.6 Vibrator (alat getar mekanis)

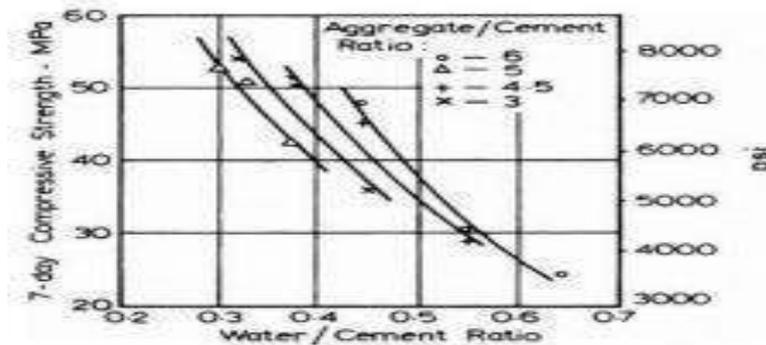
(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2.4.7 Nilai Abrasi dari Agregat

Pengaruh abrasi terhadap kuat tekan beton ini dapat digambarkan bahwa beton dengan kuat hancur yang besar juga mempunyai daya tahan terhadap kikisan yang besar. Apabila suatu agregat kasar dengan nilai abrasi yang kecil maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya (Yuni Damayanti,2015).

2.4.8. Faktor Agregat-Semen

Jika nilai Faktor Agregat-Semen sedikit/kecil maka rongga antar agregat terlapisi oleh semen yang membuat beton mudah dicampur, sehingga kemampuan kerja beton meningkat. Hubungan Faktor Agregat-Semen terhadap kuat tekan beton ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut (Yuni Damayanti,2015).



Gambar 2.7 Hubungan Rasio Agregat/Semen pada Kekuatan Beton
(Sumber : A.M Neville & J.J. Brooks, 1987)

2.4.9 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan campuran beton tersebut. Rancangan campuran beton dilakukan untuk mengetahui komposisi bahan-bahan penyusun beton. Pada dasarnya rancangan campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan komposisi masing-masing material yang dibutuhkan untuk membuat campuran beton sesuai dengan mutu yang diinginkan. Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai berikut :

1. Proporsi campuran beton harus menghasilkan kekentalan beton yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pematatan, dan peralatan).

2. Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah.
3. Untuk beton dengan f''_c hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan bahan.

2.4.10. Uji Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik beton adalah salah satu sifat dasar beton yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Kuat tarik belah benda uji beton dengan bentuk silinder adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (Yuni Damayanti, 2015).

Kuat tarik bahan beton juga ditentukan melalui pengujian *split cylinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Pengujian menggunakan benda uji silinder beton yang diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung (Magraini, 2010). Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*, yang dihitung dengan Persamaan 2.1 berikut :

$$f_{tt} = \frac{2P}{L \cdot D} \quad 2.1$$

dimana: f_{tt} = kuat tarik belah (kg/cm^2)

P = beban pada waktu belah (kg)

L = panjang benda uji silinder (cm)

D = diameter benda uji silinder (cm)

Dikutip Magraini (2010 : 11), kuat tarik beton dapat diperoleh dengan 2 cara, yaitu :

1. Uji tarik langsung, yaitu dengan melakukan uji tarik pada silinder beton secara langsung. Namun pengujian ini sangat sukar dilakukan sehingga jarang digunakan untuk memperoleh kuat tarik beton; dan

2. Uji kuat tarik tak langsung, yang terdiri atas :
 - a. Uji belah silinder (*split cylinder test* atau *splitting test*), yaitu dengan cara melakukan uji tekan pada benda uji silinder standar, pada umur beton 28 hari yang diletakkan secara horizontal hingga benda uji terbelah sesuai dengan ketentuan ASTM C 496-96; dan
 - b. Uji kuat lentur/modulus runtuh (*modulus of rupture*), yaitu dengan menggunakan benda uji balok beton standar tanpa tulangan dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm sesuai dengan ASTM C78-90.

2.5 Underground Powerhouse

Underground Powerhouse (PH) bisa diklaim juga menjadi tempat tinggal pembangkit listrik atau ruang untuk instalasi perputaran turbin, dimana tempat elevasi air jatuh yang masuk melalui *water way* akan mengalir ke *powerhouse* dan memutarakan putaran turbin yang bisa membentuk daya tenaga listrik. *Powerhouse* memiliki panjang 1,67 km dengan ketinggian 300 m di bawah Bukit Lobu Rappa, Kecamatan Meranti Timur Kabupaten Asahan (*Method Statement of Concret Work For Powerhouse PLTA Asaha No.3, 2021*). Pada pengerjaannya, *underground powerhouse* memiliki beberapa yaitu :

1. *Rock Cleaning and Levelling Concrete.*
2. *Re-bar Fabrication.*
3. *Re-bar Installation.*
4. *FormworkConcrete work.*

2.6 Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja ialah suatu pemikiran dan upaya agar menjamin keutuhan serta kesempurnaan baik jasmani ataupun rohani para tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat makmur dan sejahtera. Sedangkan pengertian secara keilmuan ialah suatu ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) tidak dapat dipisahkan dengan proses

produksi baik jasa maupun industri.(Sri Rejedki, 2016).

Definisi kesehatan kerja ialah spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran beserta praktiknya yang bertujuan agar pekerja/masyarakat pekerja beserta memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik atau mental, maupun sosial dengan usaha-usaha preventif dan kuratif, terhadap penyakit-penyakit/gangguan-gangguan kesehatan yang diakibatkan faktor pekerjaan dan lingkungan kerja, serta terhadap penyakit-penyakit umum. Konsep kesehatan kerja dewasa ini semakin berubah, bukan sekadar "kesehatan pada sektor industri" saja melainkan juga mengarah kepada upaya kesehatan untuk semua orang dalam melakukan pekerjaannya (Sri Rejedki, 2016). Beberapa syarat yang harus dipenuhi pekerja proyek disetiap pengerjaan bawah tanah meliputi :

1. Usia minimal 18 tahun.
2. Tidak memiliki Riwayat penyakit sistem pernafasan.
3. Memiliki Kesehatan fisik dan mental yang baik.
4. Tidak/sedang dalam masa pemulihan penyakit.

Menurut Undang-Undang nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja ada beberapa pasal yang menjelaskan perturan pemerintah tentang K3 yaitu :

1. **Pasal 1 "tempat kerja"** ialah ruangan atas lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap di ruang kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan di mana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya yang diperinci dalam pasal 2, termasuk tempat kerja ialah semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau yang berhubungan dengan tempat kerja tersebut.
2. **Pasal 1 Ayat 2 "pengurus"** ialah orang yang mempunyai tugas memimpin langsung sesuatu tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri.
3. **Pasal 1 Ayat 6 "ahli keselamatan kerja"** ialah tenaga teknis berkeahlian khusus dari luar Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk mengawasi ditaatinya Undang- undang ini.

Selain Undang-Undang nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja ada pula Undang-Undang nomor 18 tahun 1999 tentang jasa konstruksi sebagai berikut:

1. Pasal 22: Kontrak kerja Konstruksi: Kontrak Kerja Konstruksi sekurang-kurangnya harus mencakup uraian mengenai: "Perlindungan tenaga kerja yang memuat ketentuan tentang kewajiban para pihak dalam pelaksanaan K3 serta jaminan sosial".
2. Pasal 23: Penyelenggaraan Pekerjaan Konstruksi Ayat (2) : Penyelenggaraan pekerjaan konstruksi wajib memenuhi ketentuan tentang keamanan, keselamatan dan kesehatan kerja, perlindungan tenaga kerja, serta tata lingkungan setempat untuk menjamin terwujudnya tertib penyelenggaraan pekerjaan konstruksi.

Tujuan utama pelaksanaan K3 ada dua. Pertama, menciptakan lingkungan kerja yang selamat dengan melakukan penilaian secara kualitatif dan kuantitatif. Kedua, menciptakan kondisi yang sehat bagi karyawan, keluarga dan masyarakat sekitarnya melalui upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif. Penilaian lingkungan kerja secara kualitatif meliputi lingkungan kerja fisik, kimia, biologis dan psikologi ergonomi. Sedangkan secara kuantitatif, penilaian lingkungan kerja dengan parameter yang telah ditentukan dan dibandingkan dengan nilai standar yang ada. Beberapa pedoman standar yang sering digunakan bersumber dari Kementerian Tenaga Kerja Transmigrasi dan Koperasi dan Standar Nasional Indonesia (Rara Amelia, dkk, 2021).

Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan operasional yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Fungsi ini dapat dilakukan dengan cara: 1) mengungkapkan sebab-akibat suatu kecelakaan dan 2) meneliti apakah pengendalian secara cermat dilaksanakan atau tidak. Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja mempertimbangkan perencanaan keselamatan dan kesehatan kerja yaitu biaya kecelakaan dan biaya pencegahannya karena kedua biaya ini sangat mempengaruhi biaya produksi menyeluruh dan keuntungan yang akan diperoleh. Banyak perusahaan konstruksi memandang kecelakaan sebagai hal yang kebetulan, tak terduga dan karena itu tidak termasuk dalam manajemen

perusahaan konstruksi yang ingin mencegah kecelakaan di kemudian hari, untuk mengurangi kerugian dan kerusakan dan untuk meningkatkan efisiensi, harus memandang secara sistematis pada pola total kejadian kecelakaan (Rara Amelia, dkk, 2021). Setiap pekerja yang bekerja di pembangunan PLTA Asahan 3 terlebih dahulu dilakukan *safety induction* guna untuk pengenalan keselamatan dan kesehatan kerja. Pemakaian APD secara lengkap merupakan salah satu dari sekian banyak perlengkapan K3 yang digunakan di dalam *powerhouse*. Penerapan K3 pada pembangunan *powerhouse* memiliki *safety measure* (langkah-langkah keamanan) yaitu :

1. Entry Control System

Merupakan bagian dari penerapan K3 yang berupa papan nama para pekerja yang masuk dan keluar dari lokasi proyek.

2. Sistem Komunikasi

Merupakan bagian dari penerapan K3 untuk mengetahui kondisi pekerjaan yang sedang berlangsung dan para pekerja yang berada di lokasi tersebut. Penggunaan sistem komunikasi tersebut berupa Wi-Fi, kable LAN dan juga telopan saluran darat.

3. Sistem ventilasi

Sistem ventilasi digunakan untuk menyediakan udara segar dan menegencerkn kontaminan udara yang berada pada lokasi *underground powerhouse*.

4. Sistem Pencahayaan

Bagian dari penerapan K3 untuk menerangi lokasi proyek, dimana lokasi proyek berada pada bawah tanah dan memerlukan sistem pencahayaan untuk menunjang pelaksanaan pekerjaan,

5. Keselamatan Kebakaran

Bagian dari penerapan K3 yang sangat diperlukan dengan penggunaan APAR apabila terjadinya kecelakaan kerja yang mengakibatkan kebakaran pada lokasi proyek.

2.7 Sistem Manajemen K3 (SMK3)

Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan K3 dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan perencanaan, disamping terfokus pada tugas operasional juga harus mencakup usaha-usaha keselamatan dan kesehatan kerja (K3), yang dipersiapkan untuk pencegahan terjadinya kecelakaan. Tanggung jawab harus digariskan dengan tegas agar tidak terjadi kesimpangsiuran yang justru dapat membahayakan. Perlu pula menganalisis bahaya-bahaya apa saja yang mungkin akan timbul pada suatu pekerjaan dan bagaimana mengatasinya. Dalam suatu kontrak kerjapekerjaan keinsinyuran perlu dibuat pasalpasal yang mengatur secara preventif keselamatan kerja dengan menunjuk UU dan peraturan yang berlaku (Yasin, 2003).

2.8 Penelitian Terdahulu

1) Analisis Manajemen Risiko dan Pengendalian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pekerjaan *Powerhouse*. *Jurnal Konstruksi*,18(1), 1-10.0

Tamim, F., & Ismail, A. (2020), melakukan penelitian mengenai Analisis Manajemen Risiko dan Pengendalian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada pekerjaan *powerhouse*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tahapan-tahapan manajemen risiko yang terdiri dari identifikasi, penilaian, penanganan, dan pengendalian risiko pada tahap pekerjaan *powerhouse*.

Dari hasil penelitian ini berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dengan cara survei terhadap responden yang sesuai dengan data yang diperlukan. Data responden yang dilakukan oleh 15 responden dengan kategori umur, pendidikan terakhir, jabatan, dan pengalaman kerja responden pada bidang konstruksi. Tujuan dari penilaian risiko adalah untuk menetapkan kemungkinan terjadi bahaya melalui identifikasi serta menetapkan dampak melalui analisis dan menangani risiko. Agar mengetahui kategori risiko apakah itu rendah, sedang, tinggi maupun ekstrim bisa menggunakan metode matriks risiko.

2) *Quality Control* Mutu Beton dan Kualitas Material pada Pondasi *Stonee Crusher*.

Wibowo, T., & Prasetyo, C. P. (2019), melakukan penelitian tentang *Quality Control* Mutu Beton dan Kualitas Material pada Pondasi *Stonee Crusher*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mutu material beton

khususnya agregat dalam kaitannya untuk menjamin kualitas beton yang dihasilkan serta merencanakan komposisi material yang digunakan dalam pencampuran beton untuk mendapatkan kuat tekan sesuai dengan standar mutu.

Dari hasil pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa dapat diketahui bahwa kandungan lumpur pada agregat halus sebesar 3,1 (tidak memenuhi syarat mutu) dan kandungan lumpur pada agregat kasar sebesar 1,1 (tidak memenuhi syarat).
2. Untuk menyikapi komposisi agregat halus dan kasar dengan kandungan lumpur dan kandungan organik tinggi, maka dilakukan pengurangan faktor air semen dari 0,5 menjadi 0,49 untuk menjamin kualitas beton.
3. Hasil uji kuat tekan mutu $f'c$ 30Mpa pada beton umur 7 hari = 26,6 MPa, prosentase terhadap karakteristik 89 % dan pada beton umur 28 hari = 36,8MPa, prosentase terhadap karakteristik 123%. Hasil uji kuat tekan mutu $f'c$ 40Mpa pada beton umur 7 hari = 28,9 MPa, prosentase terhadap karakteristik 72 % dan pada beton umur 28 hari = 43,6 MPa, prosentase terhadap karakteristik 109 %. Dari hasil kuat tekan $f'c$ 30 MPa dan $f'c$ 40 MPa tersebut dapat disimpulkan bahwa beton memenuhi standar SNI-03- 6815-2000.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

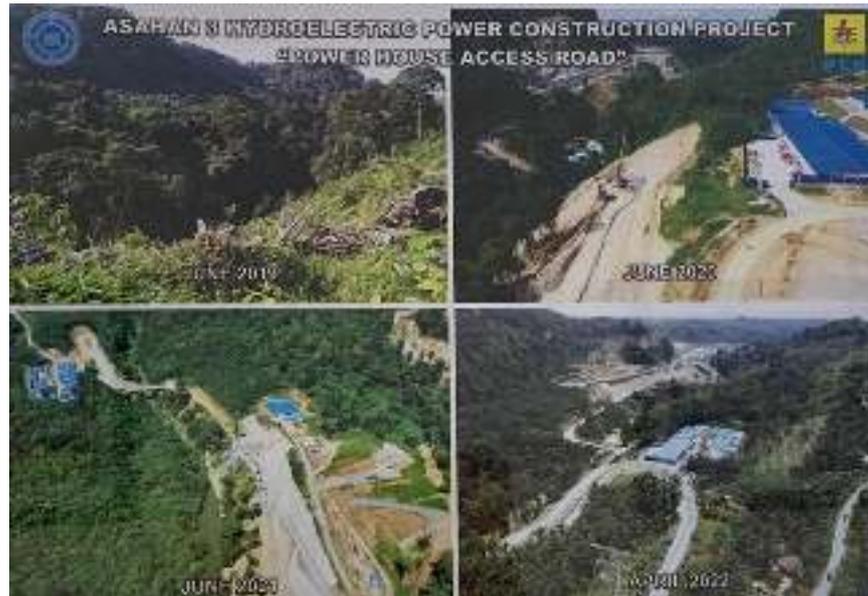
3.1 Lokasi Penelitian

Pada Tugas Akhir yang penulis lakukan pada *underground powerhouse* tersebut berada di Desa Lobbu rappa, Kecamatan Aek Songsongan, Kabupaten Asahan Sumatera Utara. Data proyek yang akan dibahas yaitu data *quality control* beton dan penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (k3) *underground powerhouse* dengan panjang *powerhouse* 1,67 km.



Gambar 3.1 Peta Lokasi

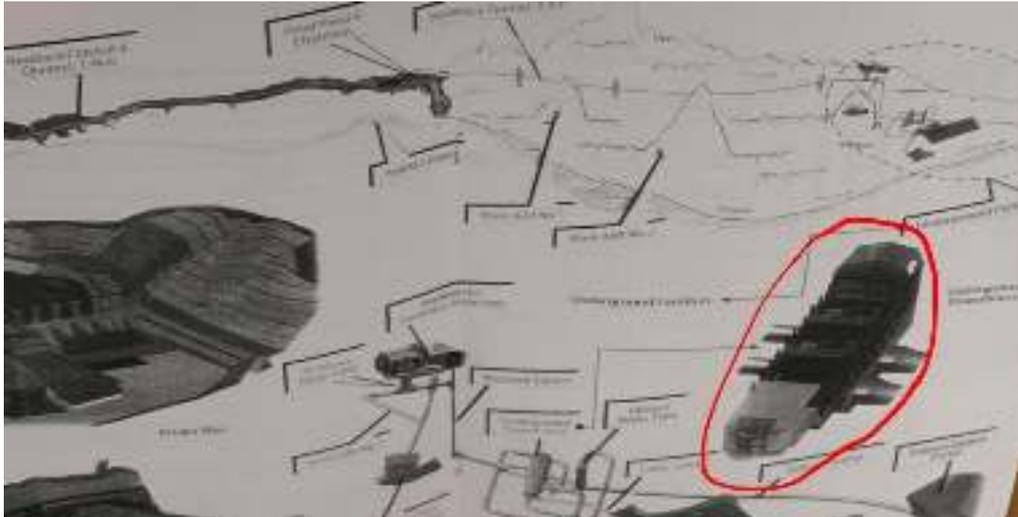
(Sumber : PT. PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 4, 2022)



Gambar 3.2 Akses jalan menuju *Undergorund Powerhouse*
 (Sumber : PT. PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 4, 2022)



Gambar 3.3 *Underground Powerhouse*
 (Sumber : PT. PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 4, 2022)



Gambar 3.4 Lokasi *Underground Powerhouse*
(Sumber : PT. PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 4, 2022)

3.2 Gambaran Umum Proyek

Berikut data umum proyek pembangunan *underground powerhouse* PLTA Asahan No.3 :

- 1 Nama Proyek : Asahan No.3 *Hydroelectric Power Construction Project*
- 2 Lokasi Proyek : Jl. Sigura-gura Kabupaten Toba – Kabupaten Asahan
- 3 Pemilik Proyek : PT. PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 4
- 4 Kontraktor Pelaksana : SHIMIZU CORPORATION
PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
- 5 Konsultan Pengawas : NIPPON KOEI Co., Ltd

3.3 Metode Penelitian

Berdasarkan dari permasalahan yang akan diteliti, metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian studi kasus secara kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif ialah metode penelitian yang berlandaskan kepada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada suatu populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara acak,

pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Untung Nugroho, 2018).

Dalam memperoleh data yang diperlukan, penulis langsung mengambil data kepada pihak kontraktor pelaksana, konsultan pengawas dan berbagai pihak yang ikut serta dalam proyek tersebut. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data *quality control* beton seperti hasil uji *slump*, uji kuat tekan dan uji kadar udara beton serta data penerapan K3 pada proyek tersebut. Data ini akan diolah, agar dapat memperoleh hasil dari tujuan penelitian ini.

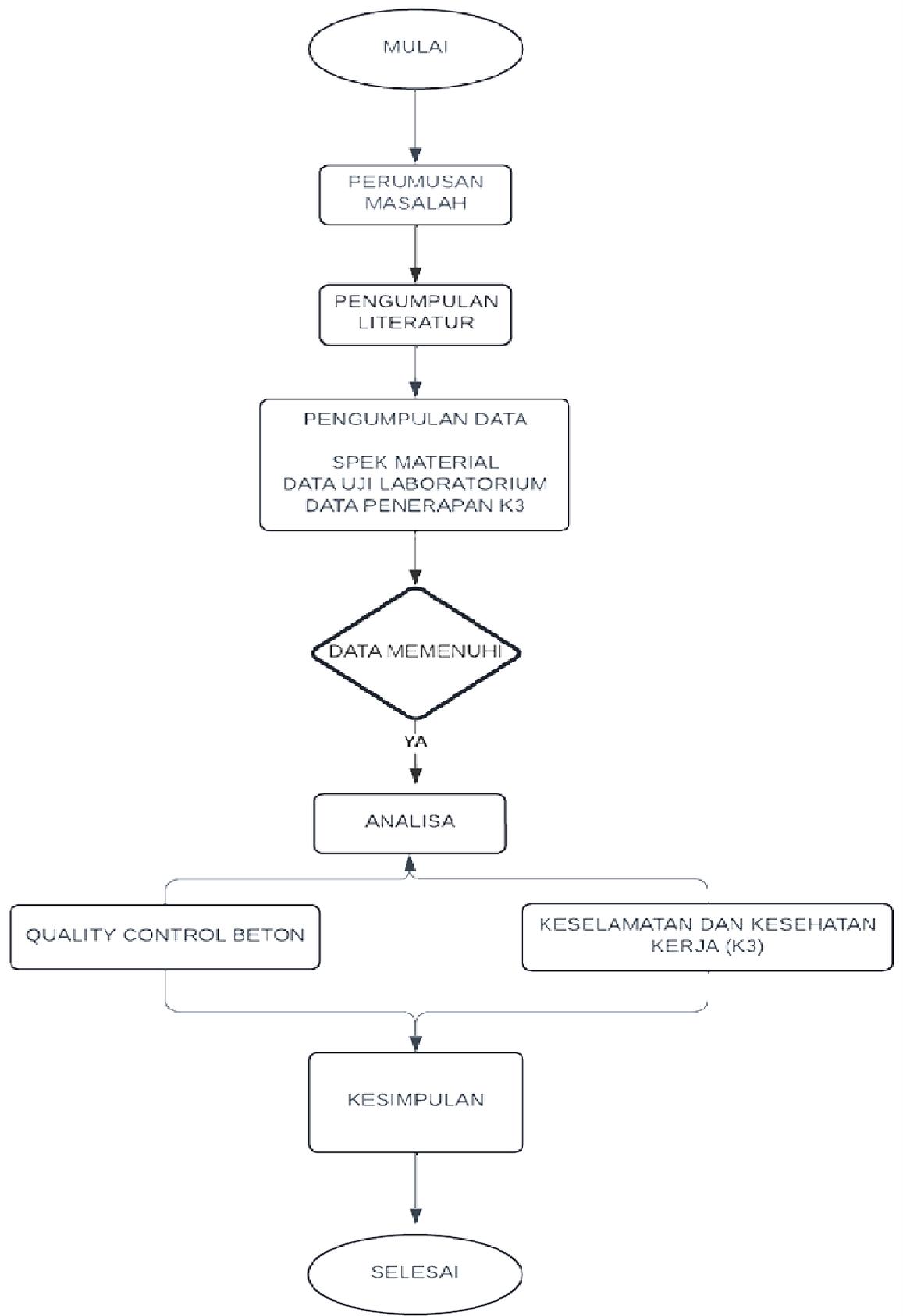
3.4 Pengumpulan Data

Dalam studi kasus ini, penulis mendapatkan data survei dan juga mencari data untuk rekayasa pembangunan *underground powerhouse* terkait. Untuk dapat melakukan studi kasus dan menganalisa permasalahan yang akan diangkat, maka diperlukan data-data pendukung yang penulis diperoleh dari berbagai sumber. Data yang digunakan adalah data sekunder dimana data sekunder merupakan segala informasi yang penulis dapatkan pada saat berada di lokasi pembangunan *underground powerhouse* PLTA Asahan No.3. Adapun data sekunder yang telah di dapat berupa metode pengerjaan *underground powerhouse* yang meliputi :

1. Data pengerjaan *quality control* beton pada *underground powerhouse*.
2. Data penerapan K3 pada pada *underground powerhouse*.
3. Hasil uji kuat tekan beton.
4. Hasil uji kadar udara beton.
5. Hasil uji *slump* tes.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, diperlukan diagram alir pengerjaan tugas akhir agar dapat memudahkan evaluasi perkembangan tugas akhir, berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3.5 Diagram Alir Peneilitian