

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Bagian landasan teori ini akan mengupas pustaka yang menjelaskan tentang pengertian bencana alam, pengertian manajemen bencana, pengertian PLTM, komponen-komponen PLTM, operasional PLTM, dan jenis-jenis gangguan operasional pada PLTM.

2.1.1 Pengertian Bencana

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN-ISDR) menyebutkan bahwa bencana adalah suatu gangguan serius terhadap keberfungsian suatu masyarakat, sehingga menyebabkan kerugian yang meluas pada kehidupan manusia dari segi materi, ekonomi atau lingkungan dan yang melampaui kemampuan masyarakat yang bersangkutan untuk mengatasi dengan menggunakan sumberdaya mereka sendiri.[8]

Adapun definisi bencana menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana mengatakan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau non-alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis.[9]

Definisi bencana seperti dipaparkan diatas mengandung tiga aspek dasar, yaitu:

1. Peristiwa atau gangguan terjadi yang mengancam dan merusak (hazard).
2. Peristiwa atau gangguan tersebut mengancam kehidupan, penghidupan, dan fungsi dari masyarakat.
3. Ancaman tersebut mengakibatkan korban dan melampaui kemampuan masyarakat untuk mengatasi dengan sumber daya mereka.[10]

Menurut macamnya, bencana dikategorikan dalam 3 macam yaitu bencana alam, bencana non alam, dan bencana sosial [8] . Dalam penelitian ini kita akan fokus kepada bencana gempa bumi yang termasuk dalam kategori bencana alam.

2.1.2 Pengertian Manajemen Bencana

Manajemen penanggulangan bencana dapat didefinisikan sebagai segala upaya atau kegiatan yang dilaksanakan dalam rangka upaya pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, tanggap darurat dan pemulihan berkaitan dengan bencana yang dilakukan pada tahapan sebelum, saat dan setelah bencana.[11]

Dalam upaya menerapkan manajemen penanggulangan bencana, dilaksanakan melalui 3 (tiga) tahapan sebagai berikut:

1. Tahap pra-bencana yang dilaksanakan ketika tidak terjadi bencana dan terdapat potensi bencana
2. Tahap tanggap darurat yang diterapkan dan dilaksanakan pada saat sedang terjadi bencana.
3. Tahap pasca bencana yang diterapkan setelah terjadi bencana.

Dalam keseluruhan tahapan penanggulangan bencana tersebut, ada 3 (tiga) manajemen yang dipakai yaitu :

1. Manajemen Risiko Bencana

Adalah pengaturan/manajemen bencana dengan penekanan pada faktor-faktor yang bertujuan mengurangi risiko saat sebelum terjadinya bencana. Manajemen risiko ini dilakukan dalam bentuk:

- a. Pencegahan bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan dan/atau mengurangi ancaman bencana.
- b. Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana.
- c. Kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Kesiapsiagaan ini sebenarnya masuk manajemen darurat, namun letaknya di pra bencana.

2. Manajemen Kedaruratan

Adalah pengaturan upaya penanggulangan bencana dengan penekanan pada faktor-faktor pengurangan jumlah kerugian dan korban serta penanganan pengungsi saat terjadinya bencana dengan fase nya yaitu, Tanggap darurat bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan.

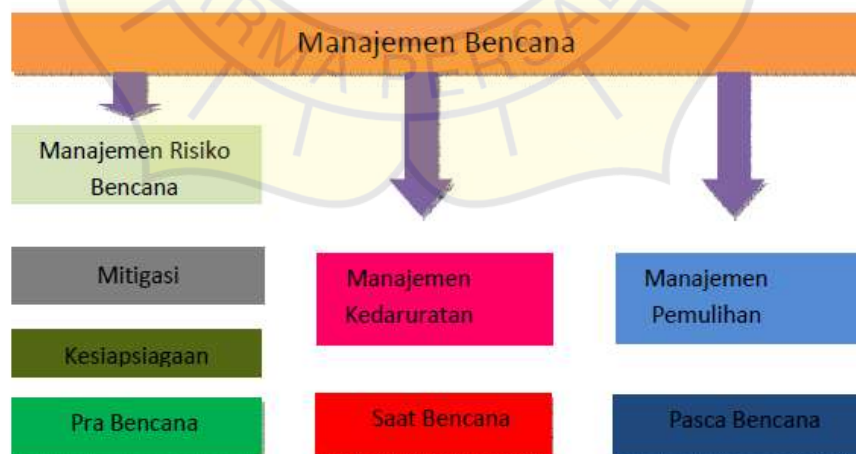
3. Manajemen Pemulihan

Adalah pengaturan upaya penanggulangan bencana dengan penekanan pada faktor-faktor yang dapat mengembalikan kondisi masyarakat dan lingkungan hidup yang terkena bencana dengan memfungsikan kembali kelembagaan, prasarana, dan

sarana secara terencana, terkoordinasi, terpadu dan menyeluruh setelah terjadinya bencana dengan fase-fasenya yaitu :

- a. Rehabilitasi adalah perbaikan dan pemulihan semua aspek pelayanan publik atau masyarakat sampai tingkat yang memadai pada wilayah pascabencana dengan sasaran utama untuk normalisasi atau berjalannya secara wajar semua aspek pemerintahan dan kehidupan masyarakat pada wilayah pascabencana.
- b. Rekonstruksi adalah pembangunan kembali semua prasarana dan sarana, kelembagaan pada wilayah pascabencana, baik pada tingkat pemerintahan maupun masyarakat dengan sasaran utama tumbuh dan berkembangnya kegiatan perekonomian, sosial dan budaya, tegaknya hukum dan ketertiban, dan bangkitnya peran serta masyarakat dalam segala aspek kehidupan bermasyarakat pada wilayah pascabencana.

Semua tahapan manajemen bencana bisa dilihat secara ringkas pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Tahapan Manajemen Bencana

2.1.3 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro adalah tipe pembangkit Tenaga Air yang mempunyai kapasitas 1 - 10 MW [3]. Pengklasifikasian ini berdasarkan SNI No 8396 : 2019 [12] yang membagi Pembangkit Listrik Tenaga Air menjadi beberapa kategori sebagaimana pada tabel 1.1

Tabel 1.1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

No	Tipe Pembangkit	Kapasitas
1	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kelas A	5 - 00 kW
2	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kelas B	100 – 200 kW
3	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kelas C	200 - 600 kW
4	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kelas D	600 – 1000 kW
5	Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro	1 – 10 MW
6	Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Menengah	10 – 50 MW
7	Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Besar	Lebih 50 MW

2.1.4 Komponen Komponen PLTM

Dalam penjelasan ini komponen pembangun Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro dikategorikan menjadi 2 yaitu:

1. Komponen lingkungan yang terdiri atas *Catchment area* dan Jalan Akses yang mana tidak terkait langsung terhadap proses produksi energi listrik, dan
2. Komponen teknis yang secara langsung terkait dengan proses produksi energi listrik.

2.1.4.1 Catchment Area dan Jalan Akses

Catchment area atau daerah tangkapan air merupakan wilayah yang sangat penting dalam operasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM). *Catchment area* adalah daerah di mana air hujan dikumpulkan dan mengalir ke sungai atau aliran yang digunakan oleh PLTM untuk menghasilkan energi. Lingkungan *catchment area* mempengaruhi ketersediaan air dan kestabilan pasokan air ke PLTM, yang sangat penting untuk menjaga keberlanjutan dan efisiensi operasional pembangkit listrik. Selain itu, manajemen yang baik dari *catchment area* dapat mengurangi risiko erosi tanah dan degradasi lahan yang dapat mempengaruhi kualitas air dan efisiensi pembangkit. Pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan di daerah tangkapan air juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem lokal dan memastikan bahwa sumber daya air tetap terjaga. Studi oleh Meder et al. menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di *catchment area* sangat menentukan keberhasilan dan dampak lingkungan dari proyek PLTM. Pengelolaan yang baik dari *catchment area* melibatkan konservasi tanah dan air serta mitigasi terhadap aktivitas yang dapat mengurangi ketersediaan air, seperti deforestasi dan perubahan penggunaan lahan [13]. Akaki juga menyoroti pentingnya *catchment area* dalam mengoptimalkan produksi listrik dan meminimalkan dampak lingkungan dari PLTM [14]. Pengelolaan yang efektif dari *catchment area* melibatkan pemantauan dan evaluasi terus-menerus untuk memastikan bahwa dampak lingkungan diminimalkan dan keberlanjutan jangka panjang dari PLTM terjaga.

Sementara itu jalan akses merupakan elemen penting dalam pembangunan dan operasional Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM). Jalan akses

memfasilitasi transportasi peralatan dan bahan konstruksi ke lokasi pembangkit, serta memudahkan mobilitas tenaga kerja selama tahap konstruksi dan operasi. Meskipun demikian, pembangunan jalan akses di daerah terpencil dan pegunungan dapat memiliki dampak lingkungan yang signifikan, seperti erosi tanah, kerusakan habitat alami, dan gangguan terhadap ekosistem lokal. Menurut Uzunmwangho dan Okedu, pembangunan jalan akses sering kali melibatkan perubahan topografi dan penggunaan lahan yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar [15]. Selain itu, Meder et al. menekankan bahwa jalan akses yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan masalah lingkungan jangka panjang, termasuk degradasi kualitas air dan peningkatan risiko longsor di daerah dengan kondisi geologis yang rapuh [13].

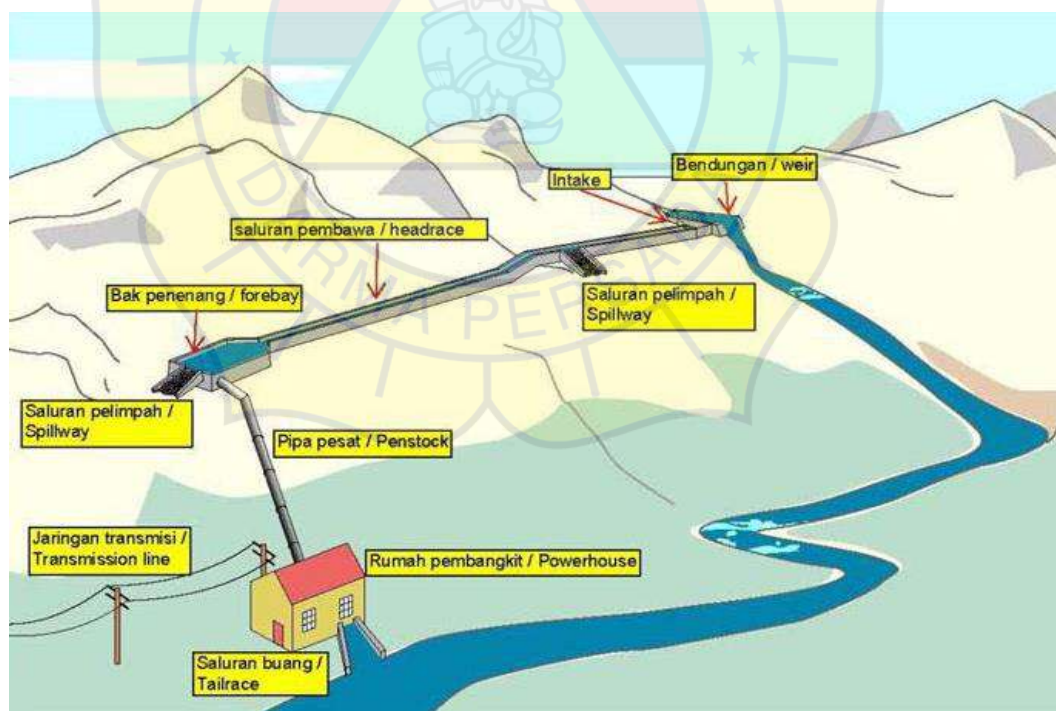
Oleh karena itu, perencanaan dan pembangunan jalan akses harus dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dan analisis dampak lingkungan yang komprehensif. Pendekatan ini membantu meminimalkan dampak negatif dan memastikan bahwa manfaat sosial dan ekonomi dari proyek PLTM dapat dicapai tanpa merusak lingkungan sekitarnya.

2.1.4.2 Komponen Teknis PLTM

Berikut adalah penjelasan singkat mengenai komponen-komponen PLTM yang diilustrasikan pada gambar 2.2 :

1. Bendungan menampung air yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin.
2. Saluran muka mengalirkan air dari bendungan ke bak pengendap.
3. Bak pengendap mengendapkan lumpur dan kotoran yang terbawa oleh air.

4. Saluran pembawa air mengalirkan air dari bak pengendap ke kolam penenang.
5. Kolam penenang menenangkan aliran air sebelum dialirkan ke pipa pesat.
6. Pipa pesat mengalirkan air dari kolam penenang ke turbin.
7. Turbin mengubah energi gerak air menjadi energi mekanik.
8. Generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
9. Transformator mengubah tegangan listrik dari generator menjadi tegangan yang sesuai dengan kebutuhan jaringan listrik.
10. Saluran pembuangan mengalirkan air yang telah digunakan untuk menggerakkan turbin kembali ke sungai atau ke badan air lainnya.



Gambar 2.2. Skema PLTM

2.1.5 Operasional PLTM

Alur Produksi Listrik pada PLTM secara garis besar adalah sebagai berikut. Air sungai ditahan oleh Bendung dan kemudian dimasukkan ke saluran muka dan dilanjutkan ke bak pengendap yang berfungsi untuk mengendapkan pasir yang terbawa oleh air. Pasir yang mengendap di bak pengendap bisa dibuang ke sungai melalui saluran pembilas dan atau dibantu oleh excavator.

Selanjutnya air dialirkan ke kolam penenang melalui saluran pembawa, dan dari penenang dialirkan melalui pipa pesat (*penstock*) menuju ke rumah tenaga (*power house*) untuk memutar turbin. Putaran turbin dihubungkan dengan generator sehingga terbangkitkan Listrik yang kemudian tegangan disesuaikan dengan tegangan jaringan oleh transformator. Air yang sudah digunakan memutar turbin dikembalikan melalui saluran pembuang (*tailrace*) [16] . ★

2.1.6 Jenis-Jenis Gangguan Operasional pada PLTM

Gangguan operasional pada PLTM dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor lingkungan maupun faktor yang terjadi pada PLTM itu sendiri [17]. Faktor lingkungan yang dapat menyebabkan gangguan operasional PLTM antara lain:

- Perubahan debit air: Perubahan debit air secara tiba-tiba dapat menyebabkan PLTM tidak dapat menghasilkan listrik secara optimal atau bahkan tidak dapat beroperasi sama sekali. Hal ini dapat terjadi karena adanya bencana alam, seperti banjir atau kekeringan.
- Bencana alam lainnya: Bencana alam lainnya, seperti gempa bumi, tanah longsor, dan badai, juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen PLTM, sehingga menyebabkan gangguan operasional.

- Kerusakan lingkungan: Kerusakan lingkungan, seperti pencemaran air, dapat menyebabkan turbin PLTM tidak dapat beroperasi secara optimal.

Faktor PLTM yang dapat menyebabkan gangguan operasional PLTM antara lain:

- Kesalahan operasional: Kesalahan operasional, seperti kesalahan dalam mengatur debit air atau kesalahan dalam melakukan pemeliharaan.
- Kerusakan peralatan: Kerusakan peralatan, seperti kerusakan turbin atau generator.
- Kebakaran: Kebakaran dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen PLTM, sehingga menyebabkan gangguan operasional.

2.2 Penelitian Terdahulu

B. Baidar dan lainnya melakukan penelitian tentang dampak gempa berkekuatan 7,6 skala Richter yang melanda distrik Gorkha, Nepal pada hari Sabtu, 25 April 2015, sekitar 76 km barat laut ibu kota Kathmandu, dan gempa susulan yang terjadi setelahnya merenggut lebih dari 8000 nyawa. Banyak pembangkit listrik besar terkena dampaknya dan ratusan PLTMH rusak sehingga memerlukan rehabilitasi jangka pendek hingga jangka panjang. Dalam risetnya disimpulkan bahwa PLTMH yang ada sebagian besar menggunakan turbin pelton dan cross flow meskipun seharusnya lebih cocok seandainya menggunakan tipe francis. Penilaian awal terhadap 61 PLTMH yang terkena dampak di 6 kabupaten yang terkena dampak gempa menunjukkan lebih dari 50% lokasi cocok untuk turbin Francis. Oleh karena itu, rencana rehabilitasi strategis telah dikembangkan dalam makalahnya untuk pembangkit yang terkena dampak dengan mempertimbangkan permasalahan

seperti pergeseran geografis, dislokasi manusia dan juga dengan fokus pada penggantian turbin lama dengan turbin Francis di lokasi yang sesuai.[18]

Katsuichiro Goda dan lainnya melaporkan hasil investigasi terhadap dampak gempa yang sama dan menemukan bahwa pengamatan kerusakan akibat gempa menunjukkan bahwa sebagian besar bangunan yang rusak merupakan struktur batu/bata, sedangkan sebagian besar bangunan RC tidak mengalami kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa desain struktur yang memadai merupakan kunci untuk mengurangi risiko gempa bumi di Nepal. [19]

Serge Trussart dan lainnya melakukan review terhadap studi-studi yang mengkaji proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air terkait dengan mitigasi terhadap dampak lingkungan dan sosialnya.[20]

D Sangroula dalam tulisannya membahas tentang masalah sedimentasi terhadap proyek proyek sumber daya air di Nepal. Mereka mengatakan meskipun ketersediaan air permukaan cukup, beberapa proyek sumber daya air belum memberikan hasil yang diharapkan terutama karena masalah sedimentasi, yang pada sebagian besar kasus dianggap remeh pada tahap desain. Produksi sedimen di daerah aliran sungai Nepal secara umum diakui sebagai yang tertinggi di dunia dan hanya sedikit data yang dapat diandalkan mengenai produksi sedimen aktual yang tersedia. Mereka mempelajari proses sedimentasi di Waduk Kulekhani, Nepal dan upaya dilakukan untuk menemukan opsi pengelolaan sedimen yang tepat untuk menjaga Waduk Kulekhani Berkelanjutan. Di dalam makalahnya mereka menyajikan sejarah perkembangan pembangkit listrik tenaga air, peluang dan

tantangan di sektor ini. Masalah yang terkait dengan sedimen dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga air. [21]

V. Meding dan lainnya mengeluarkan tulisan tentang kerentanan banjir di Vietnam. Mereka mengemukakan bahwa statistik kerusakan akibat banjir umumnya disebabkan karena perencanaan dan pengelolaan hutan dan pembangkit listrik tenaga air yang buruk. Di dalam makalahnya mereka mengkaji kerentanan-kerentanan utama yang ada di Vietnam dan menyelidiki permasalahan-permasalahan utama dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga air di Vietnam; dampak lingkungan, desain dan konstruksi bendungan serta pengoperasian bendungan.[22]

V.Pandey dan lainnya melakukan studi untuk mencoba mencari solusi mitigasi terbaik melalui studi bencana Hidrometeorologi (HMD) di masa lalu di cekungan Satluj, distrik Kinnaur di India. Mereka menyimpulkan bahwa bencana ini pada dasarnya sulit untuk diprediksi dan dikendalikan namun memungkinkan untuk melakukan mitigasi untuk mengurangi risiko terhadap nyawa dan properti, melalui langkah-langkah struktural seperti pembangunan bendungan yang memberikan berbagai manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosial, termasuk rekreasi, pengendalian banjir, pasokan air, pembangkit listrik tenaga air, pengelolaan limbah, navigasi sungai, dan habitat satwa liar.[23]

J. Reynolds menjelaskan bahwa dari penilaian retrospektif terhadap bencana-bencana yang terjadi baru-baru ini di India dan khususnya Nepal, serta tinjauan terhadap tingkat penilaian bahaya dan Manajemen Resiko Bencana saat ini di Pakistan dan Bhutan bahwa sektor pembangkit listrik tenaga air di Kawasan Asia

Selatan pada umumnya tidak siap untuk menghadapi bencana-bencana tersebut. Laporan yang sudah ada sering terbatas pada laporan Dasar Geologi dan analisis Resiko Hidrologi. Analisis pengelolaan sedimen juga tidak memberikan pertimbangan yang memadai terhadap dampak bencana dan kejadian ekstrem lainnya terhadap instalasi pembangkit listrik tenaga air dan prosedur operasionalnya. Selain itu, sektor pembangkit listrik tenaga air dituntut untuk bertindak dalam iklim kebijakan nasional yang tidak memadai. Isu-isu seperti Banjir Semburan Danau Gletser (GLOFs), meskipun disebutkan dalam beberapa kebijakan nasional di Nepal, misalnya, tidak memberikan rincian yang cukup tentang bagaimana isu-isu tersebut harus dikelola namun hanya terbatas pada mengidentifikasi apakah terdapat bahaya GLOF di suatu sungai tertentu dan daerah tangkapan air tertentu. Situasi ini diperburuk oleh kurangnya kapasitas nasional dalam mengelola bahaya gletser dan tanah longsor serta hubungan antar lembaga yang terlalu rumit sehingga tidak dapat berfungsi secara efisien atau terkoordinasi segera setelah terjadinya bencana besar.[24]

Dari studi tentang bencana dan dampaknya terhadap Pembangkit Hidro, belum ada kajian yang fokus pada dampak bencana gempa bumi terhadap PLTM yang kemudian digunakan untuk merumuskan manajemen bencana untuk Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro. Penelitian ini ditujukan untuk mengisi kekosongan tersebut, yaitu untuk mempelajari dampak gempa bumi terhadap PLTM dan merumuskan sebuah model manajemen bencana gempa bumi dalam pengoperasian PLTM.