

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT ADR merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Kecamatan Batin, Kabupaten Batang Hari, Jambi. Operasi penambangan batubara PT ADR memiliki IUP seluas 634 Ha. Perusahaan ini menjalankan aktivitas pertambangan batubara dengan metode konvensional yang melibatkan penggunaan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* dalam proses penambangan dan pengangkutan batubara. Dalam operasinya, PT ADR menghadapi tantangan lingkungan, khususnya terkait sistem penyaliran dan pengelolaan air akibat proses penambangan terbuka, sehingga memerlukan upaya pengendalian limbah cair agar tidak mengganggu aktivitas penambangan serta memenuhi standar baku mutu air sesuai peraturan lingkungan hidup yang berlaku. Perusahaan ini juga merupakan bagian dari grup Nan Riang dan memiliki wilayah izin usaha pertambangan yang cukup luas, sekaligus terus berupaya meningkatkan sistem pengelolaan tambangnya agar kegiatan eksploitasi batubara dapat berjalan efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

Perusahaan tambang yang menggunakan sistem tambang terbuka akan bersentuhan langsung dengan atmosfer, maka saat terjadi hujan air akan masuk ke dalam area penambangan. Sumber utama air yang masuk ke dalam area penambangan adalah air permukaan dan. Tingginya curah hujan yang masuk ke dalam area penambangan dapat mempengaruhi kegiatan penambangan, sehingga harus dilakukan kajian terhadap sistem penyaliran untuk penanganan air yang masuk ke dalam area penambangan. Sistem yang digunakan untuk membuang air pada pertambangan disebut dengan sistem penyaliran tambang (*mine drainage system*) (Cahyadi dkk, 2021). Menurut Simate dan Ndlovu (2021), kegiatan penambangan berdampak besar pada proses hidrologi. Penambangan terbuka akan menghilangkan tumbuhan di atas tanah, sehingga mengurangi kemampuan tanah untuk menguapkan air. Dampak ini semakin parah saat hujan turun, karena meningkatkan volume air yang mengalir, dan berpotensi membuat genangan di area tambang terbuka.

Sistem penyaliran tambang adalah cara yang digunakan dalam kegiatan penambangan untuk mencegah, mengeringkan, dan mengalirkan air serta lumpur yang masuk ke dalam area lubang tambang. Tujuan dari penyaliran ini adalah agar aktivitas penambangan yang sedang dilakukan tidak terganggu karena terlalu banyak air yang memenuhi lubang bukaan tambang, terutama saat musim hujan. Sistem penyaliran juga bertujuan untuk mengurangi kerusakan peralatan dan menjaga lingkungan kerja tetap aman, sehingga peralatan mekanis yang digunakan bisa bertahan lebih lama. Sumber air yang masuk ke dalam tambang berasal dari banyak faktor seperti berasal dari hujan dan air yang mengalir dari permukaan. Cara yang sering digunakan untuk mengeluarkan air dan lumpur adalah dengan sistem pompa (Wang *et al*, 2022).

Menurut Yajun (2021) sumber air tambang umumnya terdiri dari air hujan dan air limpasan. Untuk mengatasi permasalahan air tersebut dibutuhkan manajemen sistem penyaliran tambang yang dapat dibedakan dalam dua metode yaitu metode *mine drainage* dan metode *mine dewatering*. Beberapa parameter yang mempengaruhi sistem penyaliran tambang diantaranya tinggi curah hujan dan intensitasnya, topografi wilayah penambangan, dan kemajuan dari umur tambang. Selain pengaruh dari curah hujan harian yang mengakibatkan air limpasan permukaan meningkat dan menggenangi lantai dasar (*floor*) penambangan, masalah lainnya yaitu kurangnya *maintenance* terhadap saluran yang langsung mengalirkan air menuju kolam pengendapan serta kondisi kolam pengendapan yang sudah lama tidak dilakukan *maintenance*, mengakibatkan kompartemen meluap pada saat musim hujan. Berdasarkan permasalahan tersebut, sehingga diperlukan suatu bentuk upaya analisis untuk penanganan sumber air tambang. Volume per jam dari masing-masing sumber air tersebut harus diketahui dan penentuan debit, baik air hujan ataupun air limpasan yang masuk ke dalam *front* tambang.

Analisis terhadap ukuran dimensi komponen penyaliran juga perlu dilakukan terdiri dari saluran terbuka, sumuran (*sump*), dan juga kolam pengendapan (*settling pond*), untuk mengetahui apakah setiap komponen tersebut sudah ideal dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Selain itu juga perlu mempertimbangkan jumlah pompa terhadap kapasitas pompa yang digunakan di lapangan, apakah sudah sesuai kebutuhan dalam penanganan air tambang tersebut, sehingga pada proses operasi produksi tidak terjadi hambatan yang berarti dan dapat berjalan dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Sistem penyaliran yang terancang dengan baik menjadi kunci untuk memastikan kegiatan operasional penambangan tidak terganggu. Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini yaitu pertama untuk mengetahui luas area tangkapan hujan dan kondisi curah hujan di area penambangan, kedua untuk mengetahui jumlah debit limpasan dan ketiga mengetahui kebutuhan dimensi saluran terbuka dan kolam pengendapan yang sesuai terhadap total volume air limpasan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu menghitung luas area tangkapan hujan dan intensitas curah hujan, menghitung debit air limpasan dan juga menghitung kebutuhan dimensi saluran terbuka, dan kolam pengendapan yang sesuai terhadap total volume air limpasan.

1.4 Kajian Teori

Industri pertambangan batubara di Indonesia memainkan peran yang sangat penting dalam perekonomian nasional, menjadikan Indonesia salah satu produsen dan eksportir batubara terbesar di dunia. Batubara, sebagai salah satu sumber

energi utama, merupakan komoditas pertambangan yang vital dengan cadangan yang tersebar di 20 provinsi di seluruh Indonesia. Industri pertambangan merupakan sektor yang kompleks, penuh dengan risiko, dan memerlukan investasi modal besar, teknologi canggih, serta regulasi yang ketat. Karakteristik utama sektor pertambangan adalah pembukaan lahan dan perubahan lanskap alam, yang berpotensi mengubah struktur ekosistem suatu wilayah, baik biologis, geologis, maupun fisik, serta mempengaruhi tatanan sosial, ekonomi, dan budaya komunitas lokal. Aktivitas pertambangan juga dapat memberikan manfaat signifikan, seperti penciptaan lapangan kerja, peningkatan pendapatan bagi komunitas lokal, dan kontribusi devisa bagi negara. Aktivitas pertambangan seringkali juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti deforestasi, degradasi lahan, dan pencemaran sumber daya air. Oleh karena itu, penerapan praktik pengelolaan lingkungan yang baik oleh perusahaan pertambangan sangatlah penting (Gudio, 2025).

Sistem penambangan merupakan metode yang digunakan untuk mengekstraksi bahan galian bernilai ekonomis dari batuan induknya untuk diolah lebih lanjut. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan keuntungan sambil menjaga keamanan, keselamatan kerja, dan meminimalkan dampak lingkungan. Secara garis besar, metode penambangan dikelompokkan menjadi 5, yaitu (Shaddad dkk., 2024):

1. Tambang terbuka (*surface mining*) melibatkan ekstraksi mineral atau sumber daya dari permukaan tanah atau permukaan terbuka. Tambang terbuka biasanya dilakukan ketika deposit sumber daya berada tidak terlalu dalam di bawah permukaan.
2. Tambang bawah tanah (*underground mining*) merupakan metode penambangan yang segala kegiatan penambangannya dilakukan di bawah permukaan bumi, untuk mencapai deposit sumber daya yang berada dalam tanah atau di bawah batuan keras.
3. Tambang bawah air (*underwater mining*) adalah kegiatan penambangan yang dilakukan untuk mengambil cadangan bahan galian bernilai ekonomis di bawah permukaan air.
4. Tambang *placer* (*placer mining*) adalah metode ekstraksi sumber daya alam, seperti emas atau berlian, yang ditemukan di dalam endapan sungai. Metode ini melibatkan penggunaan peralatan sederhana seperti penyaringan, pencucian, atau pemisahan gravitasi.
5. Tambang pasir atau kerikil adalah lokasi dimana pasir dan kerikil atau bahan agregat lainnya digali atau diperoleh dari sungai atau perairan lainnya untuk digunakan dalam konstruksi dan industri lainnya.

Hidrologi secara harfiah adalah ilmu tentang air. Bidang ini mempelajari air di bumi, meliputi kemunculannya, sirkulasinya, distribusinya, serta sifat kimia dan fisiknya. Hidrologi juga mengkaji interaksi air dengan lingkungan, terutama hubungannya dengan organisme hidup, pada setiap tahap siklus air. Ilmu ini mengacu pada jalur air di alam, mulai dari pergerakannya dalam berbagai fase melalui atmosfer, saat mengembun, dan mengendap di atas tanah. Air yang meresap ke dalam tanah dapat mengalir dengan cepat melalui lapisan dangkal

menuju mata air atau aliran terdekat, atau mungkin meresap lebih lambat. Sebagian air yang meresap akan tertahan di dalam profil tanah oleh gaya kapiler dan faktor lainnya, menjadikannya tersedia untuk diserap oleh akar vegetasi. Formasi geologi yang mengandung air dan terpisah dari permukaan oleh lapisan kedap air dikenal sebagai akuifer (Jehanzaib *et al.*, 2022).

Siklus hidrologi atau daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya kembali mengalir ke laut. Air laut menguap karena adanya radiasi matahari menjadi awan, kemudian awan yang terjadi bergerak ke atas daratan karena tertiup angin. Adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin menyebabkan presipitasi. Presipitasi yang terjadi berupa hujan, salju, hujan es dan embun. Setelah jatuh ke permukaan tanah, presipitasi akan menimbulkan limpasan permukaan (*surface runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah memberi hidup kepada tumbuhan dan ada di antaranya naik lewat akuifer diserap akar, batang dan daun sehingga terjadi transpirasi (Pradana dan Sepriadi., 2020).

Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. air mengalir diatas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah, di dalam lingkungan alam, proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) mengikuti suatu siklus keseimbangan yang dikenal dengan siklus hidrologi. Siklus Hidrologi adalah siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus hidrologi, digambarkan dalam dua daur, yang pertama adalah daur pendek, yaitu hujan yang jatuh dari langit langsung ke permukaan laut, danau, sungai yang kemudian langsung mengalir kembali ke laut. Siklus yang kedua adalah siklus panjang, ditandai dengan tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Siklus kedua ini memiliki rute perjalanan yang lebih panjang daripada siklus yang pertama (Tanje dkk., 2024).

Proses kontinuitas perputaran air dari atmosfer menuju ke permukaan bumi akan terus terjadi selama masih ada panas matahari sebagai kunci terjadinya proses tersebut. Siklus hidrologi atau adalah perputaran air yang berkelanjutan melalui berbagai wujud transformasinya, kemudian kembali ke bentuk asalnya. Proses ini merupakan perjalanan tanpa henti dari permukaan laut ke atmosfer, lalu ke permukaan tanah, dan kembali lagi ke laut. Selama perjalanannya, air dapat tertahan sementara di sungai, danau, waduk, atau dalam tanah, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Adapun proses hidrologi terbagi dalam beberapa bagian, diantaranya adalah (Pradana dan Sepriadi., 2020):

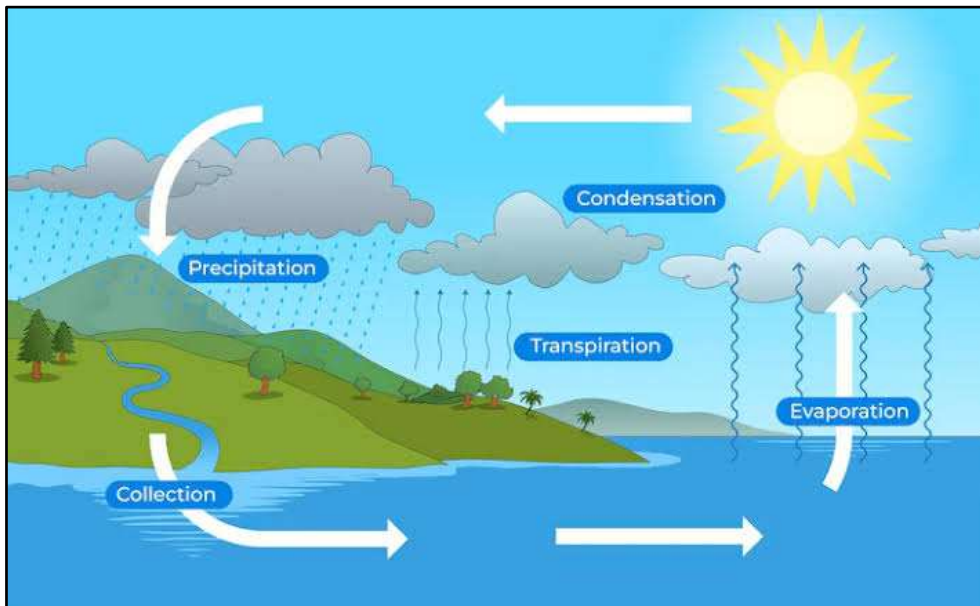
1. Evaporasi

Proses perubahan air dari wujud cair menjadi uap, yang kemudian bergerak dari permukaan tanah dan air menuju atmosfer. Beberapa faktor yang memengaruhi laju evaporasi meliputi suhu air, suhu udara (atmosfer), kelembapan, kecepatan angin, tekanan udara, dan intensitas sinar matahari. Proses ini memerlukan energi untuk mengubah air dari fase cair ke uap. Radiasi matahari langsung dan faktor lingkungan yang memengaruhi suhu

untuk berubah menjadi sumber energi utama dalam proses terjadinya evaporasi.

2. **Transpirasi**
Menguapnya air yang bersumber dari makhluk hidup seperti hewan atau tumbuhan. Jumlah penguapan melalui transpirasi cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan evaporasi.
3. **Evapotranspirasi**
Total penguapan yang berasal dari gabungan proses evaporasi dan transpirasi.
4. **Sublimasi**
Proses naiknya uap air ke atmosfer yang berasal dari es di wilayah kutub atau di puncak gunung. Proses sublimasi tergolong sedikit jika dibandingkan evaporasi dan transpirasi karena proses sublimasi berjalan dengan lambat.
5. **Kondensasi**
Kondensasi atau yang sering disebut pengembunan, adalah proses berubahnya uap air di atmosfer menjadi butiran-butiran air akibat penurunan suhu atmosfer.
6. **Adveksi**
Perpindahan awan secara horizontal dari satu tempat ke tempat lainnya karena dorongan angin.
7. **Presipitasi**
Peristiwa jatuhnya cairan (baik dalam bentuk cair maupun beku) dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut. Bentuk presipitasi dapat bervariasi, misalnya curah hujan di daerah tropis dan curah hujan disertai salju di daerah beriklim sedang.
8. **Intersepsi**
Proses tertahannya air hujan pada tumbuhan atau vegetasi sebelum menguap kembali ke atmosfer.
9. **Infiltrasi**
Proses masuknya sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, terserap ke dalam tanah secara vertikal melalui pori-pori. Air yang mencapai permukaan tanah akan sebagian atau seluruhnya meresap ke dalam tanah. terdapat beberapa faktor yang memengaruhi proses infiltrasi, yaitu antara lain:
 - a. **Vegetasi**
Semakin banyak vegetasi yang menutupi tanah, laju infiltrasi akan semakin meningkat, hal ini karena akar tanaman menciptakan porositas tanah yang lebih tinggi, memungkinkan air akan lebih mudah untuk terserap.
 - b. **Intensitas hujan**
Laju infiltrasi juga dipengaruhi oleh intensitas curah hujan.
 - c. **Tekstur tanah.**
Tekstur tanah (halus, sedang, atau kasar) menentukan tata air, tata udara, kemudahan pengelolaan, dan struktur tanah. Tanah dengan tekstur yang lebih halus cenderung memiliki kemampuan penyerapan air yang lebih rendah.

- d. Kerapatan massa tanah.
Tanah dengan kerapatan massa yang rendah memiliki pori-pori yang lebih besar, sehingga air lebih mudah masuk ke dalamnya.
10. Perkolasi, proses Bergeraknya air secara vertikal ke lapisan tanah yang lebih dalam karena gaya gravitasi.



Gambar 1. Siklus hidrologi (Tanjedkk, 2024)

Kegiatan sistem penambangan terbuka sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, terutama hujan. Saat hujan, air dapat masuk ke lokasi penambangan, membasahi material dan membuat jalan licin, mengganggu aktivitas penambangan, menunda produksi dan menyebabkan pencemaran air di lokasi lain (Kurnianda dkk.,2022). Genangan air yang terdapat pada lokasi penambangan menjadi masalah yang penting untuk ditangani bagi perusahaan penambangan. Salah satu cara untuk mengendalikan air di area penambangan agar tidak mengganggu aktivitas penambangan yaitu dengan dengan cara membuat sarana sistem penyaliran.

Kegiatan penambangan yang dilakukan dengan menggunakan metode *open pit* atau tambang terbuka dapat mengakibatkan terjadinya perubahan dimensi *front* tambang yang semakin dalam, sehingga menyebabkan terbentuknya cekungan yang cukup luas. Cekungan yang luas sangat berpotensi untuk menjadi daerah tampungan air yang berasal dari air limpasan permukaan, ketika cuaca ekstrim seperti curah hujan tinggi, maka air yang berasal dari air hujan akan jatuh ke permukaan dan mengalir menuju daerah yang topografinya lebih rendah sebagai air limpasan, sehingga akan menggenangi lantai dasar *pit* dan berpotensi menjadi salah satu penyebab berlumpurnya *front* penambangan. Potensi air limpasan permukaan (*surface run off*) yang masuk dan terkumpul dalam suatu kolam penampungan (*sump*) merupakan salah satu kendala penting yang perlu ditangani.

Apabila air yang ada di *sump* meluap dan masuk ke lokasi penambangan, maka dapat mengganggu aktivitas penambangan dan mengakibatkan terhambatnya produksi bagi perusahaan dalam mencapai target produksi yang telah ditetapkan, oleh karena itu perlunya dilakukan suatu agar masalah yang berkaitan dengan air tidak mengganggu kegiatan operasional penambangan yaitu dengan dilakukannya sistem penyaliran tambang (Haq dan Har., 2022).

Potensi air limpasan permukaan (*surface run off*) yang masuk dan terkumpul dalam suatu kolam penampungan (*sump*) merupakan salah satu kendala penting yang perlu ditangani. Kondisi ini dikarenakan ketika dilakukannya perluasan *pit* penambangan, maka akan sangat berdampak dengan besarnya debit air limpasan yang akan ditampung di *sump*. Apabila air yang ada di *sump* meluap dan masuk ke lokasi penambangan, maka dapat mengganggu aktivitas penambangan dan mengakibatkan terhambatnya produksi bagi perusahaan dalam mencapai target produksi yang telah ditetapkan, oleh karena itu perlunya dilakukan suatu agar masalah yang berkaitan dengan air tidak mengganggu kegiatan operasional penambangan yaitu dengan dilakukannya sistem penyaliran tambang (Tong et al., 2021).

Sistem penyaliran tambang ialah teknik penanggulangan air sehingga air yang berasal dari air hujan dapat diatasi dengan cara dikeluarkan maupun dialirkan langsung ke daerah titik terendah. Sistem penyaliran tambang diterapkan oleh perusahaan dengan maksud agar air yang masuk ke dalam area penambangan tidak mengganggu kegiatan operasi-produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Air hujan merupakan salah satu sumber air yang terdapat di area penambangan, dimana air yang masuk ke bukaan tambang langsung mengalir melalui saluran terbuka yang menuju ke muara dan air hujan yang tidak tertampung mengalir ke penampungan sementara (*sump*) pada *pit* di dasar lubang untuk kemudian dibuang melalui pemompaan ke saluran terbuka menuju kolam *settling pond* (Afrizal, 2022).

Sistem penyaliran dilakukan untuk mencegah, mengeringkan, dan mengatasi air yang masuk ke area penambangan yang berasal dari aktivitas penambangan seperti penggalian, peledakan, serta air hujan dan air limpasan. Sistem penyaliran terbagi menjadi dua sistem penyaliran pada tambang terbuka yaitu *mine drainage system* (penirisan) maupun *mine dewatering system* (penyaliran) (Rózkowski et al., 2021):

1. Sistem penirisan tambang

Sistem penirisan tambang merupakan strategi krusial dalam operasi pertambangan. Tujuannya adalah mencegah air permukaan, masuk ke area *pit* (Rózkowski et al., 2021). (Yang, 2024) menekankan pentingnya sistem penyaliran dalam proyek pertambangan, dengan dua tujuan utama, pertama, meningkatkan kestabilan lereng tambang dan menekan biaya operasional. Kedua, mengurangi aliran air ke lokasi penambangan untuk meningkatkan produktivitas serta menjamin kesehatan dan keselamatan para pekerja. Implementasi sistem penyaliran tambang umumnya melibatkan pembuatan saluran terbuka di sekeliling area tambang atau di sepanjang lantai jenjang. Terdapat beberapa metode yang dapat diterapkan dalam sistem penyaliran

tambang, yaitu metode *siemens*, metode pemompaan dalam, metode elektro osmosis, pipa kecil dengan pompa vakum, metode kombinasi dengan lubang bukaan bawah tanah.

Katam (1983), menyatakan penyaliran adalah suatu cara untuk mengeluarkan, mengeringkan air yang dapat menggenangi suatu daerah tertentu, sedangkan penirisan tambang adalah upaya mencegah atau mengeluarkan air yang memasuki daerah tambang yang dapat mengganggu aktifitas penambangan. Teknik dalam pengendalian air dalam perencanaan tambang disebut dengan sistem penirisan tambang yang dilakukan setelah mengenal karakteristik hidrologi lokasi tambang. Pengendalian air atau penirisan tambang dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu (Pradana dan Sepriadai, 2020):

a. *Sump*

Sump (kolam penampung) air dibuat sebagai tempat untuk penampungan sementara untuk air limpasan, sebelum air tersebut dipompakan serta dapat berfungsi sebagai tempat untuk mengendapkan lumpur.

b. Pompa

Pompa merupakan sebuah alat angkut yang dapat digunakan untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain, dalam aktifitas pertambangan pompa berfungsi untuk mengeluarkan air dari area tambang.

2. Sistem penyaliran

Salah satu syarat agar kegiatan penambangan berjalan sesuai dengan yang direncanakan, diperlukan kondisi kerja yang baik, yaitu tidak adanya genangan air pada daerah kerja dan jalan tambang. Pencegahan genangan air diperlukan sebuah sistem penyaliran di area penambangan yang sesuai dengan persyaratan teknis, sehingga air hujan dan air limpasan dapat dikontrol, salah satu cara mengontrol tersebut adalah dengan metode sistem penyaliran (Cahyadi dkk., 2021).

Kegiatan *mine dewatering* juga tidak lepas dari pemompaan yang dilakukan sehingga dalam kegiatan pemompaan ini perlu sekali dilakukan perhitungan pemompaan yakni *head - head* pompa agar dapat diketahui debit pompa yang real sehingga dengan diketahui debit pompa yang real tersebut maka dapat dilakukan perhitungan dari lamanya pemompaan dan berapa pompa yang mungkin akan dibutuhkan dalam kegiatan sistem penyaliran. Kegiatan sistem penyaliran yang dilakukan dengan baik maka proses kegiatan penambangan yang dilakukan akan dapat berjalan dengan lancar dan juga baik (Pirmani dkk., 2021).

Sistem penyaliran tambang adalah upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke area penambangan agar proses penambangan dapat dilakukan dengan aman. Upaya ini dilakukan dengan tujuan untuk mengatasi air yang berasal dari hujan, berikut adalah beberapa metode penyaliran dalam sistem penyaliran tambang sebagai berikut (Pirmani dkk., 2021):

a. Paritan

Penyaliran dilakukan dengan pembuatan paritan (saluran) pada lokasi penambangan. Pembuatan parit ini berguna untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan dan kemudian di alirkan pada kolam

penampungan sementara atau di alirkan langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

b. Saluran terbuka

Penyaliran menggunakan saluran terbuka adalah metode yang paling sederhana. Saluran terbuka dibuat untuk menampung air limpasan yang mengalir ke lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke dalam saluran-saluran dan kemudian dialirkan ke dalam kolam penampung atau dibuang langsung menuju ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

Daerah tangkapan hujan merupakan salah satu elemen penting dalam sistem penyaliran tambang. Daerah tangkapan air adalah wilayah di mana air berserta polutannya, yang telah tercampur, mengalir baik melalui permukaan tanah maupun menuju badan air (Liu et al., 2022). Menurut panduan program stream sense yang diterbitkan oleh Pemerintah Daerah Waikato, Selandia Baru, pada tahun 2016, daerah tangkapan hujan merujuk pada area berbentuk cekungan atau lembah yang dibatasi oleh bukit atau gunung. Dalam batas-batas tersebut, air permukaan mengalir, dan kemudian mengarah ke titik terendah di area tersebut, seperti sungai, rawa, danau, atau kolam. Sungai, rawa, danau, dan kolam ini membentuk jaringan drainase yang membawa air, sedimen, dan material lainnya. Daerah tangkapan hujan berfungsi sebagai penampung hasil presipitasi (hujan) dan mengalirkan air melalui sistem drainase hingga mencapai muara dan selanjutnya mengalir ke samudera.

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terkumpul di suatu tempat datar. Satu milimeter curah hujan berarti air setinggi satu milimeter tertampung di satu meter persegi tempat datar tersebut atau setara dengan satu liter air. Curah hujan diukur dalam satuan panjang, seperti milimeter (mm) atau inci (*inch*), dan mengacu pada ketebalan air hujan yang terkumpul di suatu tempat dalam jangka waktu tertentu. Pengukuran ini umumnya dilakukan menggunakan alat yang disebut hujan pengukur (*rain gunge*). Alat ini bisa berupa perangkat sederhana, seperti ember hujan, hingga perangkat otomatis yang terhubung ke jaringan pengamatan cuaca. Curah hujan bervariasi secara signifikan antara satu tempat dan tempat lain, serta dari satu waktu ke waktu. Variabilitas ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk lokasi geografis, musim, topografi, dan pola cuaca regional. Sebagai contoh, daerah tropis cenderung memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah gurun (Ertop et al., 2023).

Pengolahan data curah hujan sangat penting untuk menentukan curah hujan rencana dalam periode tertentu. Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk merancang sistem penyaliran yang sesuai dengan kebutuhan tambang. Proses pengolahan data curah hujan melibatkan perhitungan periode ulang hujan dan perhitungan curah hujan rencana (*forecast rainfall*), berikut ini perhitungan pengolahan data curah hujan (Ameto, 2024):

1. Periode ulang hujan adalah waktu hipotetis di mana curah hujan atau debit air mencapai atau melampaui nilai tertentu (x_t) pada periode tersebut, dari penentuan periode ulang hujan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai

periode ulang hujan, maka nilai curah hujannya juga akan semakin tinggi, dan probabilitas tercapainya nilai tersebut akan semakin besar.

2. Curah Curah hujan rencana dilakukan untuk menentukan curah hujan maksimum yang mungkin terjadi dengan intensitas tertentu sesuai dengan periode ulangnya, dalam menghitung curah hujan maksimum di suatu daerah, metode Gumbel dan metode Distribusi Normal sering digunakan berdasarkan analisis frekuensi dari data curah hujan maksimum yang ada. Berikut formula untuk menghitung curah hujan rencana:

$$X_t = X + k \times SD \quad (1)$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana

X = Curah hujan rata-rata

K = Faktor frekuensi

SD = Standar deviasi

Untuk nilai standar deviasi didapat berdasarkan perhitungan:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan:

SD = Standar deviasi

X = Nilai curah hujan tahunan

$\bar{X}$ = Nilai curah hujan rata-rata

n = jumlah data

Nilai k atau faktor frekuensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$k = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (3)$$

Keterangan:

k = Faktor *reduced variate*

Y_t = *Reduced variate*

Y_n = *Reduced mean* rata-rata

S_n = *Standard deviation*

Perhitungan *reduced mean* (Y_n) didapat menggunakan persamaan berikut:

$$Y_n = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1)-m}{n+1} \right\} \right] \quad (4)$$

Dimana,

Y_n = *Reduced mean*

n = Jumlah sampel

m = Urutan sampel (1,2,3...) dari yang terbesar ke terkecil

Untuk menghitung *reduced variate* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (5)$$

Dimana,

Y_t = *Reduced variate*

T = Periode ulang (tahun)

Air limpasan terjadi ketika air hujan atau cairan lainnya tidak dapat meresap ke dalam tanah atau diserap oleh vegetasi di permukaan, hal ini dapat terjadi karena tanah sudah jenuh air, permukaan yang keras seperti beton atau aspal, atau curah hujan yang sangat intens dalam waktu singkat. Air limpasan merupakan salah satu komponen dalam siklus hidrologi bumi. Setelah terbentuk, air limpasan akan mengalir ke permukaan, seperti sungai, sungai kecil, dan saluran air, dari sana air ini dapat mengalir ke danau, waduk, atau akhirnya mencapai laut. Selama perjalanan ini, air limpasan membawa sedimen dan bahan kimia yang terlarut atau tercuci dari permukaan tanah (Bobo dkk., 2023).

Air limpasan adalah air hujan yang mengalir dalam lapisan tipis di atas permukaan dan kemudian masuk ke saluran terbuka atau parit yang selanjutnya mengalir ke sungai. Manajemen air limpasan merupakan praktik penting dalam menjaga kualitas air dan mengurangi risiko banjir. Praktik ini melibatkan sejumlah tindakan, seperti pembuatan saluran air, penggunaan taman hujan, dan retensi air untuk mengontrol aliran air limpasan, mengurangi erosi tanah, dan memberi kesempatan pada air untuk meresap ke dalam tanah. Perhitungan debit air limpasan permukaan dari suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan rumus rasional sebagai berikut (Ameto, 2024):

$$Q_{\text{maks}} = 0,278 \times C \times I \times A \text{ (m}^3\text{/detik)} \quad (6)$$

Keterangan:

- Q_{maks} = Debit air limpasan maksimal (m³/detik).
- C = Koefisien limpasan
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah tangkapan hujan (km²)

Dalam perhitungan debit limpasan terdapat beberapa parameter yang perlu dihitung terlebih dahulu, diantaranya sebagai berikut (Ameto, 2024):

1. Intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan mengacu pada banyaknya hujan yang jatuh dalam suatu periode waktu tertentu, diukur dalam satuan tinggi hujan atau volume hujan per jam (mm/jam). Penentuan intensitas curah hujan ini menggunakan rumus *Mononobe*, karena data yang digunakan adalah data curah hujan harian. Waktu konsentrasi ini dapat dihitung dengan menggunakan metode *kirpich*.

$$I = \frac{X_i}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ (mm/jam)} \quad (7)$$

Keterangan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- X_i = Curah hujan maksimum (mm)
- T_c = Lamanya waktu hujan (jam)

2. Koefisien limpasan

Koefisien air limpasan (C) adalah angka yang mencerminkan hubungan antara volume aliran permukaan dan curah hujan yang jatuh. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan meresap ke dalam tanah, sementara nilai $C1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Setiap daerah memiliki nilai koefisien air limpasan yang berbeda,

seperti yang tercantum dalam Tabel 1. Dalam menentukan nilai koefisien air limpasan, faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan meliputi topografi dan penggunaan lahan.

Tabel 1. Harga koefisien limpasan

Kemiringan	Tutupan atau Jenis Lahan	C
< 3% (datar)	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan, perumahan	0,3
		0,4
3% - 15% (sedang)	Hutan, Perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka	0,7
>15 % (curam)	Hutan	0,6
	Perumahan	0,7
	Semak-semak agak jarang	0,8
	Lahan terbuka daerah tambang	0,9

3. Daerah tangkapan hujan

Daerah tangkapan hujan adalah suatu kawasan yang membentuk cekungan dan dibatasi oleh pembatas topografi seperti igir (punggungan bukit). Dalam kata lain, daerah tangkapan hujan adalah wilayah yang memungkinkan air mengalir ke dalam suatu area tertentu, ditentukan oleh perbedaan elevasi. Area yang akan masuk ke dalam cakupan daerah tangkapan hujan dibatasi oleh perbedaan elevasi, membentuk suatu poligon tertutup yang sesuai dengan karakteristik topografi.

Kolam pengendapan dalam industri pertambangan adalah struktur buatan yang dirancang khusus untuk mengelola limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan pertambangan. Fungsinya adalah sebagai tempat penampungan sementara untuk memisahkan partikel-padat dari limbah cair sebelum air yang lebih bersih dibuang atau diolah lebih lanjut. Kolam pengendapan, juga dikenal dengan sebutan *sediment pond*, didesain khusus untuk mengendapkan bahan-bahan padat dari air buangan tambang yang terkontaminasi oleh tanah dan partikel padat lainnya. Kolam pengendapan merupakan bagian integral dari sistem penyaluran air tambang yang bertugas memisahkan air tambang dari padatan (*solid*) yang terbawa bersama aliran air tambang sebelum air tersebut dialirkan ke sungai. Dalam teori, ada dua pendekatan untuk merancang kolam pengendapan, yaitu berdasarkan topografi area dan berdasarkan rencana pemeliharaan. Pilihan antara kedua metode ini bergantung pada karakteristik daerah tempat kolam akan dibangun dan jenis padatan yang terdapat dalam aliran *pulp* yang akan diendapkan (Julisti dkk., 2024).

Kolam pengendapan memanfaatkan prinsip pengendapan gravitasi untuk memisahkan partikel padat dari air. Ketika limbah cair masuk ke dalam kolam, aliran air melambat, dan partikel padat di dalamnya mulai mengendap ke dasar kolam karena pengaruh gaya gravitasi. Air yang tersisa di atasnya menjadi lebih jernih dan dapat dikelola lebih lanjut. Kolam pengendapan digunakan untuk mengelola

berbagai jenis limbah pertambangan, termasuk limbah dari proses pemisahan mineral, pengolahan bijih, dan pengolahan tailing. Dalam kolam pengendapan, partikel padat yang mengendap dapat dikeringkan dan dibuang secara terkontrol, sedangkan air yang bersih dapat diolah lebih lanjut atau dibuang sesuai dengan regulasi yang berlaku. Desain dan ukuran kolam pengendapan bervariasi tergantung pada jenis limbah dan volume yang dihasilkan oleh operasi pertambangan. Kolam ini dapat memiliki berbagai bentuk dan ukuran, mulai dari yang kecil hingga sangat besar. Dalam merancangnya, perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti laju aliran limbah, jenis partikel, serta keberadaan lapisan dasar yang tahan terhadap erosi. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang kolam pengendapan meliputi ukuran dan bentuk butiran padatan, kecepatan aliran, persentase padatan, dan karakteristik geologis dari area tersebut (Cressendo dkk., 2025).

Sistem penyaliran tambang merupakan suatu upaya yang diterapkan pada kegiatan penambangan untuk mencegah masuknya air ke dalam bukaan tambang atau mengeluarkan air yang sudah ada di dalam bukaan tambang supaya dialirkan ke luar tambang. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada saat musim penghujan. Metode paritan merupakan salah satu metode dalam sistem penyaliran. Dalam menggunakan metode paritan, harus terlebih dahulu dihitung geometri dan debit air yang akan masuk ke dalam saluran yang telah dibuat. Paritan yang mempunyai geometri dan debit parit yang bervariasi, secara keseluruhan debit saluran dapat menampung debit rencana, namun ada beberapa paritan yang belum bisa menampung debit rencana, hal ini disebabkan karena pembuatannya tidak direncanakan, selain itu faktor erosi air yang mengikis dinding saluran sehingga bentuknya tidak beraturan, oleh karena itu perlu adanya rancangan ulang paritan agar dapat menampung debit air rencana (Nurdin & Pangkung, 2020).

Pembuatan paritan dalam jumlah besar tentunya menggunakan bantuan alat mekanis. Umumnya alat mekanis yang sering digunakan adalah *excavator* jenis *backhoe* dengan volume *bucket* tertentu yang digunakan untuk menggali dan membentuk paritan tersebut agar sesuai atau tidak jauh berbeda dengan rancangan teoritis yang telah dihitung. Produktivitas alat mekanis yang digunakan akan berpengaruh pada lamanya waktu pembuatan paritan, hal ini akan berpengaruh juga pada biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli bahan bakar (*fuel*) dan membayar operator alat mekanis itu sendiri (Nurdin & Pangkung, 2020).

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan pertambangan yang bergerak dalam bidang pertambangan dan pemasaran batubara yang terletak di daerah Batin, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi. Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan menggunakan transportasi udara dan darat dengan lama perjalanan sekitar 7 jam dengan rincian perjalanan dari Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar menuju Bandara Internasional Soekarno Hatta Jakarta dengan lama perjalanan sekitar 2 jam 30 menit, kemudian transit di Jakarta dan melanjutkan kembali perjalanan menuju Bandara Sultan Thaha Saifuddin Jambi dengan lama perjalanan sekitar 1 jam 30 menit. Perjalanan selanjutnya dilakukan dengan menempuh jalur darat dari Bandara Sultan Thaha Saifuddin Jambi menuju ke PT tempat penelitian di daerah Batin, Kabupaten Batang Hari dengan waktu tempuh sekitar 2 jam 57 menit. Kondisi geologi di area tersebut sangat berpengaruh terhadap proses penambangan dan pengelolaan lingkungan di sekitar tambang. Batuan penyusun di daerah tambang ini terdiri dari batubara dengan kualitas yang berbeda-beda, termasuk aspek tekstur dan kadar air yang mempengaruhi proses produksi.



Gambar 2. Peta kesampaian daerah penelitian

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diberikan oleh perusahaan. Data yang dimaksud berupa data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2015-2024), data luas area tangkapan hujan, data kondisi daerah penambangan, peta lokasi dan WIUP daerah penambangan. Peta lokasi dan WIUP digunakan untuk mengetahui lokasi penelitian dan juga untuk mengetahui batas-batas area penambangan sehingga diketahui arah dan aliran limpasan air tambang (area tangkapan hujan). Data curah hujan 10 tahun terakhir digunakan untuk melihat berapa besar curah hujan yang terjadi di daerah penambangan serta untuk menentukan seberapa besar debit limpasan yang dihasilkan dari hujan yang terjadi di area penambangan sehingga dapat digunakan untuk menganalisis rancangan sistem penyaliran yang digunakan oleh perusahaan tambang tersebut.

2.3 Analisis Data

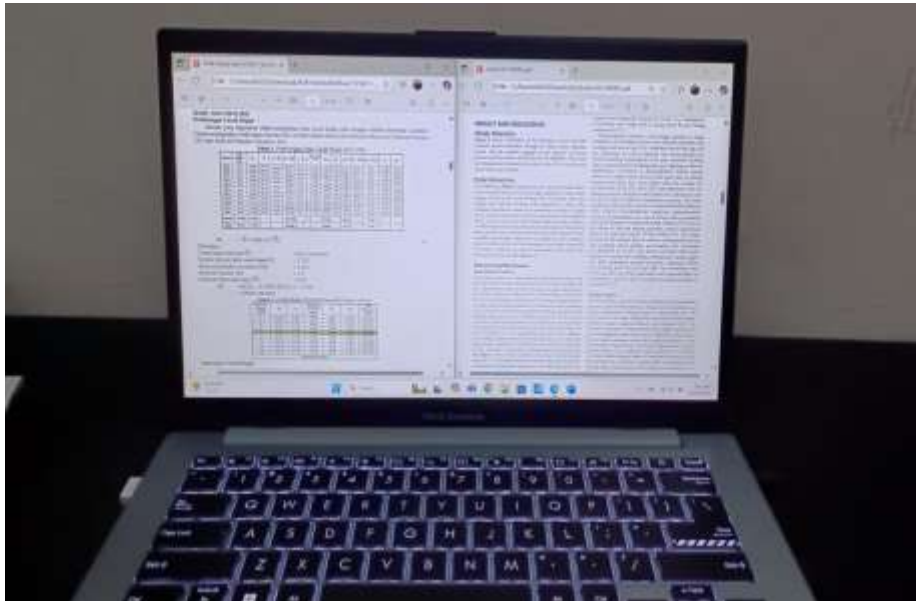
Analisis data untuk merancang sistem penyaliran tambang dengan menggunakan metode Gumbel bertujuan untuk memperkirakan curah hujan ekstrem yang dapat menyebabkan banjir di lokasi tambang. Metode ini memanfaatkan distribusi probabilitas Gumbel untuk menentukan nilai curah hujan rencana pada periode ulang tertentu, yang sangat krusial dalam merancang kapasitas saluran penyaliran dan sistem drainase tambang. Dengan memproses data curah hujan historis dan memperkirakan nilai curah hujan maksimum tahunan, metode Gumbel memberikan gambaran yang realistis dan konservatif mengenai risiko hidrologi, sehingga desain sistem penyaliran dapat menampung debit air puncak dengan aman. Hasil dari analisis ini menjadi dasar untuk menghitung dimensi saluran dan volume penampungan air, guna mencegah kerusakan pada infrastruktur tambang akibat limpasan air yang berlebihan serta memastikan kelancaran operasi tambang saat menghadapi hujan ekstrem. Analisis ini menggunakan metode Gumbel untuk memperkirakan curah hujan ekstrem yang berpotensi menyebabkan banjir di area tambang, oleh karena itu, penerapan metode Gumbel berperan penting dalam mengantisipasi risiko banjir dan menjaga kelancaran aktivitas tambang serta keamanan infrastruktur di area tambang.

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada rencana penelitian ini adalah sebagai berikut:

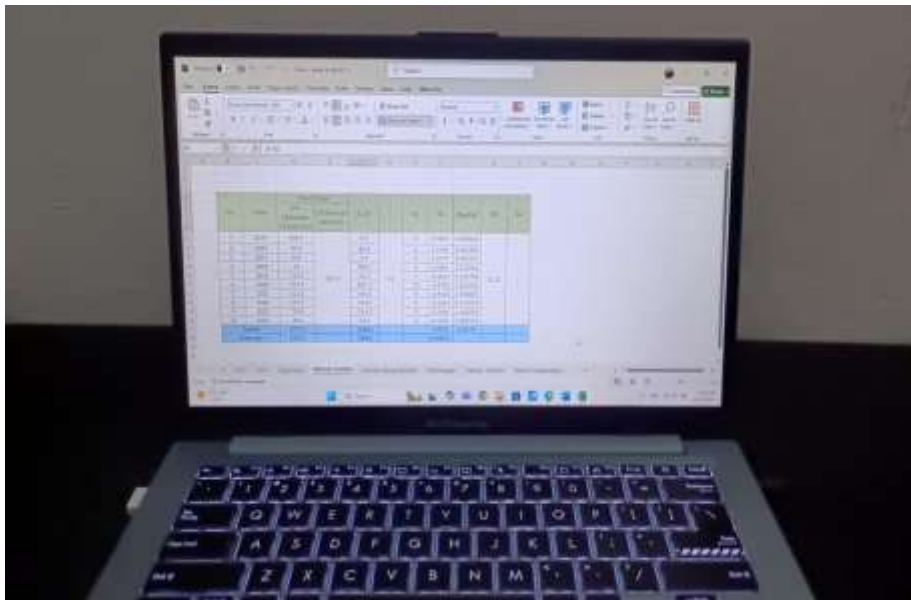
1. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan dengan mengumpulkan literatur mengenai topik penelitian yang dilakukan. Bahan literatur dapat dikumpulkan dari jurnal-jurnal penelitian maupun dari buku-buku yang berkaitan dengan topik penelitian yang dapat menunjang proses penelitian. Referensi yang telah didapatkan dijadikan sebagai acuan dalam menyelesaikan penelitian serta untuk metode penelitian yang akan digunakan.



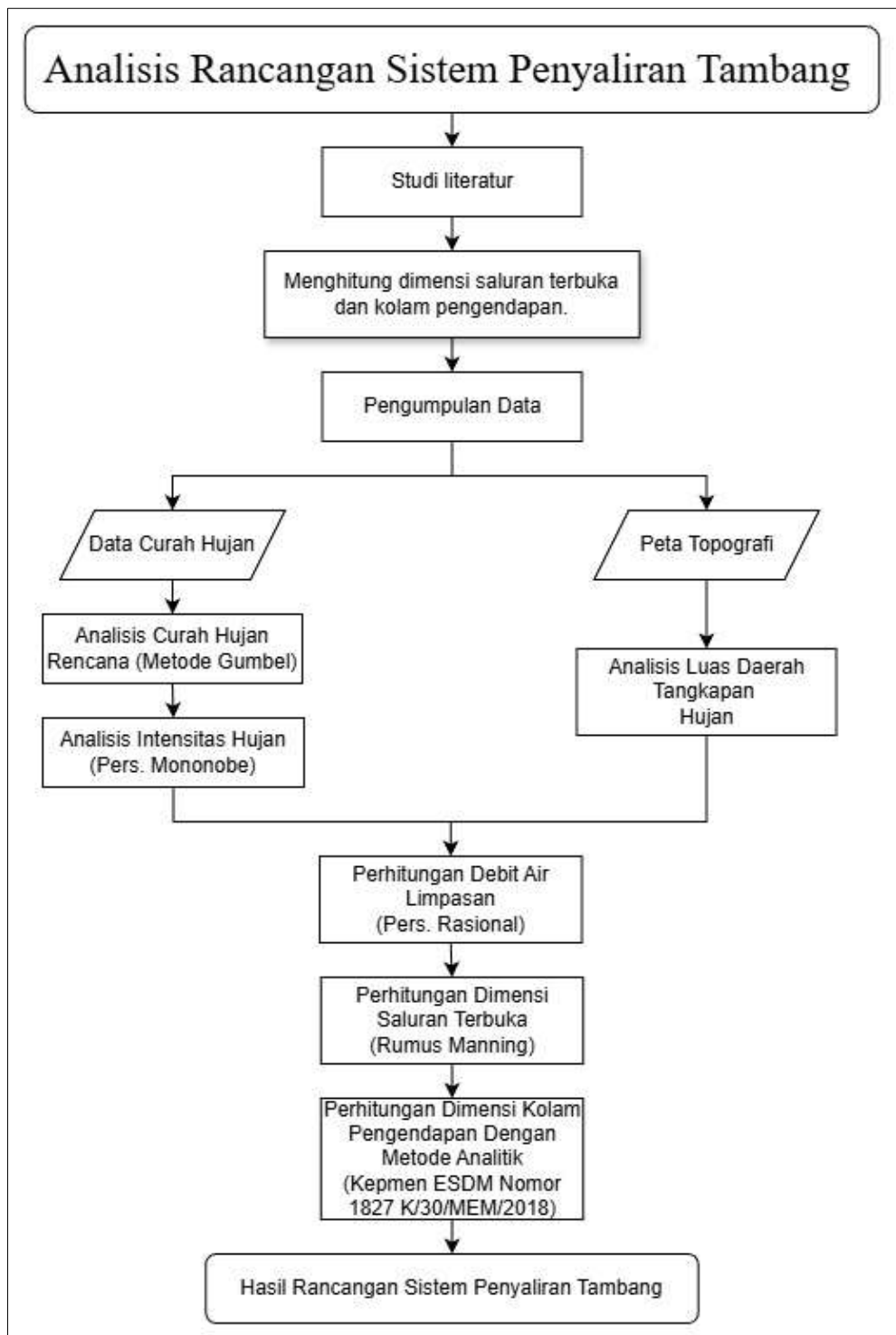
Gambar 3. Studi literatur

2. Pengambilan data
Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data berjenis data sekunder yang didapatkan langsung dari perusahaan.
3. Pengolahan data
Pengolahan data dilakukan berdasarkan data yang telah didapatkan untuk memperoleh hasil dari penelitian.



Gambar 4. Pengolahan data

2.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian