

Perancangan Penjadwalan Proyek Perbaikan Bendungan Situ Lembang Dan Fasilitasnya Menggunakan *Critical Path Method* Dan Optimalisasi *Resource Leveling* Dengan *Float Consumption Rate*

1st Nadhif Nuhaa
Fakultas Rekayasa industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

nadhifnuhaa@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Ika Arum Puspita
Fakultas Rekayasa industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id

3rd Gn. Sandhy Widyasthana
Fakultas Rekayasa industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
shandy@telkom.co.id

Abstrak— The Situ Lembang Dam Rehabilitation Project does not yet have a structured schedule even though it has entered the planning stage. The main problem lies in the fact that a systematic scheduling method has not been used and resource leveling has not been applied, while the project is also under the pressure of budget efficiency from the Ministry of PUPR in 2025. This research designs project scheduling using the Critical Path Method (CPM) to determine critical activities, as well as the Float Consumption Rate (FCR) method to flatten labor distribution on non-critical activities without increasing project duration. Two FCR scenarios, namely 25% and 100%. The results show that the project can be completed in 271 calendar days. The application of FCR successfully decreased weekly labor fluctuations, with 25% FCR resulting in a more stable distribution, and 100% FCR providing higher efficiency. This research proves that the combination of CPM and FCR can produce an efficient project schedule and comply with budget policies..

Kata kunci—*Critical Path Method, Resource Leveling, Float Consumption Rate, Penjadwalan Proyek, Bendungan Situ Lembang*

I. PENDAHULUAN

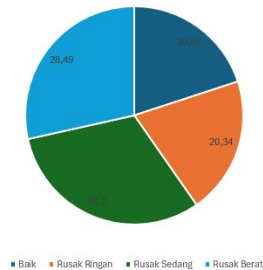
Proyek merupakan suatu upaya yang bersifat sementara dengan tujuan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil tertentu yang memiliki karakteristik unik dan tidak berulang. Karena sifat semmentaranya, proyek memiliki awal dan akhir yang jelas, serta dirancang untuk mencapai sasaran spesifik dalam jangka waktu, anggaran, dan ruang lingkup yang telah ditentukan [1]. Proyek dikatakan bersifat sementara dikarenakan memiliki jangka waktu pengerjaan, sedangkan yang dimaksud menghasilkan suatu produk atau layanan adalah memenuhi tujuan dari *customer*. Proyek merupakan aspek yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan setiap organisasi. Setiap organisasi menginginkan proyek yang dikerjakan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan tujuan yang sudah ditetapkan.

Pada tahun 2025 Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum yang merupakan salah satu unit kerja di bawah Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yang bertanggung jawab atas pengelolaan sumber daya air di wilayah Sungai Citarum memiliki proyek untuk melakukan perbaikan besar terhadap Bendungan Situ Lembang. Bendungan Situ Lembang merupakan salah satu bendungan tua yang dibangun pada jaman hindia belanda tepatnya pada tahun 1912, terletak di Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Dalam rangka menindaklanjuti masukan dan saran dari Komisi Keamanan Bendungan (KKB) sehingga Balai Besar Wilayah Sungai Citarum perlu adanya pelaksanaan proyek perbaikan besar Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya, yang diharapkan dapat menjadikan kualitas pembangunan bendungan yang baik sesuai dengan fungsi dan manfaatnya.

Perbaikan pada bendungan merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin keberlanjutan fungsi bendungan sebagai penyedia air irigasi, pengendali banjir, dan sumber air baku bagi masyarakat. Seiring waktu, struktur bendungan dapat mengalami penurunan kualitas akibat faktor usia, erosi, sedimentasi, serta perubahan iklim yang meningkatkan tekanan pada konstruksi. Jika tidak segera diperbaiki, kerusakan pada bendungan dapat membahayakan keselamatan masyarakat di hilir, mengganggu distribusi air untuk pertanian, dan mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar. Bendungan Situ Lembang memiliki kapasitas tampungan seluas 54,97 hektar dengan volume mencapai 2,014 juta meter kubik, dan berfungsi sebagai penyedia air baku sebesar 200 liter per detik. Bendungan ini juga berperan penting dalam kawasan konservasi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lembang. DAS Lembang sendiri merupakan bagian dari sub-DAS Cikapundung, yang termasuk ke dalam wilayah DAS Citarum Hulu. DAS Citarum Hulu terdiri dari tujuh sub-DAS, salah satunya adalah sub-DAS Cikapundung, yang mencakup wilayah Kecamatan Lembang di Kabupaten Bandung Barat, lokasi di mana Bendungan Situ Lembang berada.

Bendungan memiliki peran penting dalam sistem irigasi karena berfungsi sebagai sumber utama penyimpanan dan pengaturan distribusi air untuk kebutuhan pertanian. Dalam jaringan irigasi, bendungan tidak hanya menjadi tempat penampungan air, tetapi juga bagian dari infrastruktur utama yang mengatur debit dan aliran air ke saluran-saluran irigasi. Berikut merupakan data kondisi jaringan irigasi di wilayah sungai Citarum pada tahun 2023:

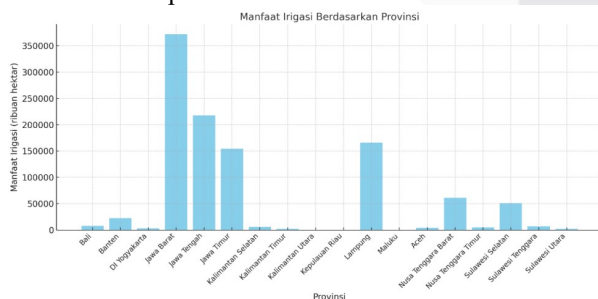
Kondisi Jaringan Irigasi Wilayah Sungai Citarum Tahun 2023



GAMBAR 1
(KONDISI JARINGAN IRIGASI WILAYAH SUNGAI CITARUM)

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa sebagian besar jaringan irigasi berada dalam kondisi tidak baik. Jaringan irigasi dengan kondisi rusak sedang menempati porsi terbesar sebesar 31,2%, disusul oleh jaringan yang mengalami kerusakan berat sebesar 28,49%. Sementara itu, jaringan dalam kondisi rusak ringan tercatat sebesar 20,34%, dan hanya 19,97% jaringan yang masih dalam kondisi baik. Data ini menunjukkan bahwa lebih dari setengah jaringan irigasi mengalami tingkat kerusakan sedang hingga berat, sedangkan jaringan yang benar-benar berfungsi dengan baik berada di bawah 20%. Perbandingan ini mengindikasikan adanya dominasi kondisi infrastruktur yang kurang layak di wilayah tersebut, sehingga perlu dilakukannya proyek perbaikan pada jaringan irigasi di wilayah Citarum tersebut.

Sistem irigasi memiliki peran vital dalam mendukung produktivitas pertanian, terutama di wilayah dengan intensitas pertanian yang tinggi seperti di Pulau Jawa. Jawa Barat, sebagai salah satu provinsi dengan wilayah pertanian terluas, sangat bergantung pada infrastruktur irigasi yang handal. Salah satu komponen penting dari sistem irigasi di wilayah ini adalah Bendungan Situ Lembang, yang berfungsi sebagai penyedia air utama bagi lahan pertanian di sekitarnya. Guna memperkuat urgensi perbaikan infrastruktur tersebut, berikut ditampilkan data manfaat irigasi berdasarkan provinsi di Indonesia.



GAMBAR 2
(GRAFIK MANFAAT IRIGASI PADA SETIAP PROVINSI TAHUN 2022)

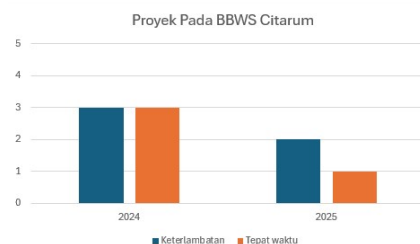
Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa Jawa Barat merupakan provinsi dengan cakupan manfaat irigasi terbesar, yakni lebih dari 350 ribu hektar. Hal ini menunjukkan besarnya peran sistem irigasi dalam mendukung ketahanan

pangan di wilayah tersebut. Dalam konteks ini, Bendungan Situ Lembang menjadi salah satu infrastruktur krusial yang harus dijaga kinerjanya. Dengan luas lahan yang sangat bergantung pada pasokan air dari sistem irigasi, proyek perbaikan besar terhadap bendungan dan fasilitas pendukungnya harus dilakukan secara cepat dan optimal. Kegagalan dalam menjaga keberlanjutan fungsi bendungan ini berisiko menurunkan produktivitas pertanian secara signifikan dan mengancam stabilitas pasokan pangan tidak hanya di Jawa Barat, tetapi juga secara nasional.

Untuk memperbaiki jaringan irigasi yang kurang baik tersebut BBWS Citarum saat ini melakukan perencanaan terhadap proyek untuk Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya. Namun sampai saat ini proyek belum memiliki penjadwalan. Menurut Akbar [2] dan Pamungkas [3], sebuah proyek mengalami keterlambatan dikarenakan belum tersedianya penjadwalan pada proyek. Penjadwalan yang baik berfungsi sebagai panduan bagi semua pihak yang terlibat untuk mengetahui langkah-langkah yang harus dilakukan, alokasi waktu untuk setiap tahap, serta prioritas pekerjaan. Tanpa adanya jadwal yang jelas, koordinasi antar tim menjadi sulit, karena setiap pihak mungkin memiliki asumsi berbeda mengenai urutan dan tenggat waktu tugas yang harus diselesaikan. Selain itu, tidak adanya jadwal juga mempersulit identifikasi potensi hambatan atau risiko yang dapat terjadi, sehingga langkah langkah pencegahan tidak dapat direncanakan sebelumnya. Akibatnya, pekerjaan cenderung dilakukan secara spontan, yang berisiko pada inefisiensi dan penumpukan masalah di tahap-tahap kritis, sehingga proyek tidak dapat diselesaikan sesuai target waktu yang telah ditetapkan.

Pada aspek lingkungan terdapat ketidakpastian cuaca yang menjadi salah satu tantangan utama yang memengaruhi proses perencanaan durasi kegiatan dalam proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya. Kondisi iklim di wilayah tersebut cenderung tidak stabil, dengan curah hujan tinggi yang tidak selalu dapat diprediksi secara akurat. Cuaca buruk dapat menyebabkan penundaan signifikan pada sejumlah pekerjaan kritis, yang pada akhirnya mempersulit penyusunan jadwal proyek secara realistis dan membuat perencanaan penjadwalan membutuhkan waktu lama.

Pada aspek material, salah satu kendala utama dalam perencanaan proyek perbaikan besar Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya adalah belum dapat dilakukannya kalkulasi kebutuhan material secara menyeluruh dan terperinci. Ketiadaan data pasti mengenai jenis, volume, serta waktu kebutuhan material menghambat proses penyusunan jadwal proyek secara sistematis.



GAMBAR 3
(DATA HISTORI PROYEK BBWS CITARUM)

Berdasarkan data histori tersebut, proyek yang dikerjakan oleh BBWS Citarum pada tahun 2024

mengalami keterlambatan sebanyak 3 proyek dari total 6 proyek dan pada tahun 2025 terdapat 2 proyek yang mengalami keterlambatan. Berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap koordinator teknik bendungan pada BBWS Citarum, keterlambatan pada proyek tersebut disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya pada aspek manajemen yang kurang baik dalam menangani proyek tersebut. Proyek yang mengalami keterlambatan tersebut tidak menggunakan metode *critical path method*, khususnya pada proyek yang memiliki nilai kontrak yang tergolong kecil seperti rehabilitasi dan normalisasi sungai atau pengerukan jaringan irigasi. Pada proyek yang saat ini sedang di rencanakan, yaitu proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya juga belum menerapkan metode *critical path method* (CPM) dalam perancangan jadwal proyek, sehingga belum dapat mengidentifikasi secara tepat jalur kritis yang menjadi penentu waktu penyelesaian proyek. Kemudian terdapat permasalahan utama yang muncul pada aspek manajemen, yaitu terdapat pemangkasan anggaran yang dilakukan pemerintah pusat dalam rangka efisiensi belanja APBN TA 2025, sehingga Kementerian PUPR ikut mengalami efisiensi anggaran. Dalam surat Menteri Keuangan Nomor S-75/MK.02/2025 tertanggal 13 Februari 2025 mengenai Tindak Lanjut Efisiensi Belanja Kementerian/Lembaga 6 dalam pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) Tahun Anggaran 2025, Kementerian Pekerjaan Umum (PU) awalnya mendapatkan pagu anggaran sebesar Rp110,95 triliun. Namun, seiring kebijakan efisiensi belanja negara, alokasi anggaran tersebut mengalami pemangkasan signifikan hingga menjadi Rp50,48 triliun. Faktor tersebut membuat salah satu proyek BBWS Citarum yaitu Perbaikan Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya harus dilakukan efisiensi. Namun, pada proyek Perbaikan Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya belum menerapkan metode *resource leveling*, sehingga belum mampu menyusun distribusi sumber daya secara optimal di seluruh aktivitas yang direncanakan. Hal ini menyebabkan potensi ketidakseimbangan dan fluktuasi tenaga kerja yang dapat mempengaruhi anggaran yang dikeluarkan untuk proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya.

Dari permasalahan yang ada pada proyek Perbaikan Besar Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya, peneliti mengusulkan untuk dilakukan perancangan jadwal pada proyek Perbaikan Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya menggunakan *critical path method* (CPM). Metode tersebut dilakukan untuk mengetahui aktivitas kritis pada proyek Perbaikan Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya. Kemudian dilakukan optimalisasi menggunakan metode *resource leveling* dengan *float consumption rate* (FCR), sehingga perancangan jadwal tidak hanya berfokus pada penentuan urutan aktivitas yang kritis, tetapi juga mempertimbangkan optimalisasi pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Dengan demikian, penyusunan jadwal yang dirancang tidak hanya memastikan kelancaran pelaksanaan aktivitas utama, tetapi juga meminimalkan terjadinya fluktuasi tenaga kerja dan memastikan efisiensi penggunaan sumber daya di setiap tahapan proyek. Penerapan metode CPM dan *resource leveling* berbasis FCR ini diharapkan dapat menghasilkan jadwal proyek yang lebih realistis dan adaptif terhadap perubahan, sekaligus

mendukung pencapaian target waktu dan biaya yang telah ditetapkan.

II. KAJIAN TEORI

A. Proyek

Proyek didefinisikan sebagai upaya sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil yang unik. Sifat sementara dari proyek berarti memiliki awal dan akhir yang jelas, biasanya berakhir ketika tujuan proyek tercapai atau proyek dihentikan karena tujuan tersebut tidak relevan lagi. Keunikan proyek tercermin dari hasilnya, yang bisa berupa produk fisik, layanan baru, atau peningkatan proses tertentu.

Proyek sering digunakan untuk mencapai tujuan strategis organisasi, merespons kebutuhan bisnis tertentu, atau memanfaatkan peluang. Dalam hal ini, proyek berbeda dari operasi yang bersifat berulang dan berkelanjutan. Untuk mencapai hasil yang diinginkan, proyek memerlukan pengelolaan yang terencana melalui berbagai proses, seperti perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan penyelesaian. Selain itu, proyek melibatkan pemangku kepentingan yang memiliki kepentingan berbeda, sehingga komunikasi dan hubungan yang efektif menjadi penting dalam pengelolaannya.

B. Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses menerapkan pengetahuan, keahlian, perangkat, dan metode tertentu pada berbagai aktivitas dalam proyek guna memastikan seluruh kebutuhan dan tujuan proyek dapat tercapai secara efektif. [1]. Definisi ini mencakup integrasi dan penerapan proses-proses manajemen proyek untuk memastikan tercapainya tujuan proyek. Dalam praktiknya, manajemen proyek melibatkan identifikasi kebutuhan proyek, pemenuhan kebutuhan dan ekspektasi pemangku kepentingan, serta pengelolaan komunikasi secara efektif. Selain itu, manajemen proyek juga mencakup pengelolaan sumber daya dan keseimbangan batasan proyek, seperti 10 lingkup, waktu, biaya, kualitas, sumber daya, dan risiko [1]. Selanjutnya, manajemen proyek dapat diartikan sebagai teknik yang digunakan untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan aktivitas suatu proyek guna memenuhi kendala waktu dan biaya proyek [4]. Dalam penerapannya, manajemen proyek melibatkan penyusunan jadwal serta pengawasan terhadap seluruh aktivitas proyek guna memastikan bahwa kinerja, biaya, dan waktu pelaksanaan berjalan sesuai dengan ruang lingkup yang telah dirancang. Seluruh proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara optimal. Integrasi kedua definisi ini menekankan pentingnya pendekatan terstruktur dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek, sehingga organisasi dapat mencapai tujuan strategisnya dengan optimal.

C. Project Management Process Group

Project Management Process Group adalah pengelompokan proses dalam manajemen proyek yang dirancang untuk mencapai tujuan proyek secara efektif. Menurut Project Management Institute [1], terdapat lima kelompok proses utama. Pertama, *Initiating Process Group*, yaitu tahap inisiasi yang berfokus pada penetapan proyek atau fase baru, penyalarsan ekspektasi pemangku

kepentingan, serta penentuan ruang lingkup awal. Kedua, *Planning Process Group*, yang mencakup perencanaan ruang lingkup, tujuan, dan langkah-langkah yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek, serta menghasilkan rencana manajemen proyek sebagai panduan pelaksanaan. Ketiga, *Executing Process Group*, yaitu tahap pelaksanaan pekerjaan sesuai rencana dengan mengelola sumber daya dan keterlibatan pemangku kepentingan. Keempat, *Monitoring and Controlling Process Group*, yang bertujuan untuk memantau dan mengevaluasi kinerja proyek, membandingkannya dengan rencana, serta melakukan penyesuaian jika diperlukan. Terakhir, *Closing Process Group*, yaitu tahap penutupan proyek atau fase secara resmi, termasuk penyelesaian kontrak dan serah terima hasil proyek kepada pihak terkait.

D. Project Schedule Management

Project Schedule Management atau Manajemen Jadwal Proyek menurut Project Management Institute [1], adalah serangkaian proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek selesai tepat waktu. Proses ini mencakup perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian jadwal proyek, dimulai dari penyusunan jadwal yang realistis hingga pengelolaan perubahan yang terjadi selama siklus hidup proyek. Manajemen jadwal proyek bertujuan untuk memastikan bahwa semua pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek dapat diselesaikan tepat waktu.

E. Work Breakdown Structure

Work Breakdown Structure (WBS) adalah proses penguraian suatu proyek menjadi bagian-bagian kerja yang lebih kecil dan mudah dikelola [1]. WBS memuat daftar kegiatan atau sasaran dari ruang lingkup proyek yang disusun secara sistematis. Umumnya, terdapat dua metode dalam menyusun WBS, yaitu berdasarkan tujuan proyek atau berdasarkan alur waktu pelaksanaan. Pendekatan pertama dimulai dengan mengidentifikasi seluruh sasaran yang ingin dicapai sesuai dengan tahapan atau iterasi yang telah dirancang, lalu dijabarkan menjadi tugas-tugas yang diperlukan untuk mencapai setiap sasaran tersebut. Sementara itu, pendekatan kedua menyusun tugas-tugas berdasarkan urutan waktu pengerjaan aktivitas yang dibutuhkan untuk mencapai hasil akhir proyek [5].

F. Activity List

Activity list merupakan dokumen yang memuat rincian lengkap semua aktivitas yang perlu dilakukan dalam suatu proyek. Daftar ini mencakup identifikasi aktivitas dan deskripsi ruang lingkup pekerjaan dengan tingkat detail yang memadai, sehingga anggota tim proyek dapat memahami secara jelas tugas yang harus diselesaikan. Selain itu, keterbatasan dan ketergantungan antar aktivitas dapat memengaruhi urutan pelaksanaan kegiatan dalam proyek [5].

G. Project Schedule Network Diagram

Project Schedule Network Diagram menurut Project Management Institute [1], adalah representasi grafis dari hubungan logis dan ketergantungan antar aktivitas proyek. Diagram ini menampilkan urutan aktivitas, durasi, dan dependensi yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Komponen utamanya meliputi aktivitas, milestone, dan

logical relationships (seperti *Finish-to-Start*, *Start-to-Start*, *Finish-to-Finish*, dan *Start-to-Finish*) yang menghubungkan setiap aktivitas.

H. Critical Path Method

Critical path method adalah teknik analisis yang memungkinkan manajer proyek mencapai dua tujuan utama: mengkalkulasi waktu minimum yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek dan mengidentifikasi tingkat fleksibilitas dalam penjadwalan. Metode ini menerapkan pendekatan perhitungan komprehensif yang melibatkan empat parameter waktu kunci untuk setiap aktivitas proyek: *early start* (ES), *early finish* (EF), *late start* (LS), dan *late finish* (LF). Dalam implementasinya, *critical path method* menggunakan dua tahap analisis: analisis maju (*forward pass*) untuk menghitung waktu paling awal, dan analisis mundur (*backward pass*) untuk menentukan waktu paling akhir yang diperbolehkan, tanpa mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang tersedia.

I. Resource Leveling

Resource leveling menurut Project Management Institute [1], adalah teknik penjadwalan yang digunakan untuk menyesuaikan tanggal mulai dan selesai suatu aktivitas proyek berdasarkan keterbatasan sumber daya. Tujuannya adalah untuk menyeimbangkan antara permintaan dan ketersediaan sumber daya. Teknik ini sangat berguna ketika sumber daya yang tersedia sangat terbatas atau digunakan secara bersamaan pada beberapa aktivitas dalam waktu yang sama. Dalam penerapannya, *resource leveling* bisa menyebabkan perubahan pada jalur kritis proyek karena menggunakan waktu senggang (*float*) yang ada untuk menyusun ulang jadwal. Akibatnya, durasi total proyek bisa menjadi lebih lama dari rencana awal.

J. Float Consumption Rate

Float Consumption Rate (FCR) merupakan konsep yang digunakan dalam proses *resource leveling* untuk mengatur seberapa besar bagian dari waktu luang (*float*) yang dapat dikonsumsi oleh suatu aktivitas non-kritis. Menurut Damci [6], FCR didefinisikan sebagai persentase maksimum dari *float* yang diizinkan untuk digunakan dalam menggeser waktu mulai suatu aktivitas, dengan tujuan menyeimbangkan kebutuhan sumber daya dalam penjadwalan proyek. Penerapan FCR memungkinkan penjadwal menetapkan batas konsumsi *float* berdasarkan karakteristik atau prioritas aktivitas, misalnya aktivitas yang lebih kompleks diberi FCR lebih rendah untuk menjaga fleksibilitas jadwal dan meminimalkan risiko keterlambatan di akhir proyek. Dengan demikian, FCR menjadi alat pengendali yang penting dalam strategi *resource leveling*, karena membantu menjaga keseimbangan antara efisiensi penggunaan sumber daya dan kestabilan jalur waktu proyek.

K. Bendungan

Bendungan merupakan struktur yang dibangun dari material seperti tanah, batu, beton, atau pasangan batu yang berfungsi untuk menampung dan mengendalikan aliran air. Bendungan ini dapat membentuk waduk, danau, atau menjadi lokasi rekreasi. Sering disebut juga sebagai dam, bendungan kerap dimanfaatkan untuk mengarahkan air ke

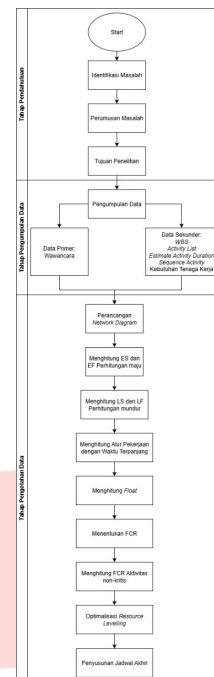
pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Menurut Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia, bendungan merupakan suatu bangunan yang dibangun dari material seperti tanah, batu, beton, atau pasangan batu, yang dirancang untuk menahan serta menyimpan air. Selain itu, bendungan juga dapat difungsikan untuk menampung limbah maupun sedimen, tergantung pada kebutuhan dan tujuan pengelolaannya [7].

III. METODE

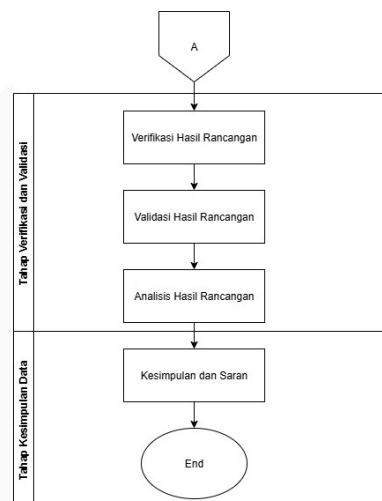
Metodologi dalam penelitian ini dirancang secara sistematis untuk merancang penjadwalan proyek perbaikan besar Bendungan Situ Lembang dan fasilitasnya. Tahapan dimulai dari pendahuluan, yang mencakup identifikasi masalah berdasarkan studi lapangan dan data awal, diikuti oleh pengumpulan data primer melalui wawancara dengan stakeholder proyek dan data sekunder seperti daftar aktivitas, durasi, dan kebutuhan tenaga kerja. Seluruh informasi ini digunakan untuk mendukung penyusunan penjadwalan berbasis metode *Critical Path Method* (CPM).

Pengolahan data dilakukan dengan membangun *network diagram*, menghitung jalur kritis proyek, serta menentukan waktu mulai dan selesai masing-masing aktivitas menggunakan perhitungan *forward* dan *backward pass*. Untuk mengatasi fluktuasi kebutuhan tenaga kerja, penelitian ini menerapkan metode *resource leveling* dengan pendekatan *Float Consumption Rate* (FCR) pada aktivitas non-kritis. Proses ini bertujuan mengoptimalkan distribusi sumber daya agar lebih merata tanpa mengganggu durasi total proyek.

Tahap akhir mencakup proses verifikasi untuk memastikan kesesuaian logika penjadwalan dan validasi dengan melibatkan manajer proyek guna memperoleh masukan terhadap kelayakan rencana implementasi di lapangan. Dengan batasan fokus pada penjadwalan dan asumsi validitas data dari narasumber, penelitian ini diharapkan menghasilkan rancangan jadwal yang efisien dan realistis sebagai acuan eksekusi proyek.



GAMBAR 4
(SISTEMATIKA PENYELESAIN)

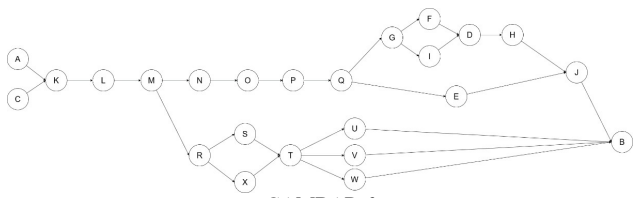


GAMBAR 5
(SISTEMATIKA PENYELESAIN LANJUTAN)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Network Diagram

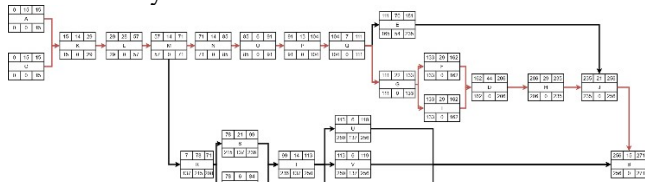
Dalam penyusunan jadwal proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya, terdapat 24 aktivitas yang saling terhubung dan memiliki keterkaitan. Aktivitas-aktivitas ini akan digambarkan dalam bentuk *network diagram*. Diagram tersebut berfungsi untuk mempermudah analisis hubungan antar aktivitas sebagai dasar dalam perancangan jadwal selanjutnya menggunakan metode *critical path method* (CPM). Berikut ditampilkan *network diagram* untuk proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya:



GAMBAR 6
(NETWORK DIAGRAM)

B. Critical Path Method

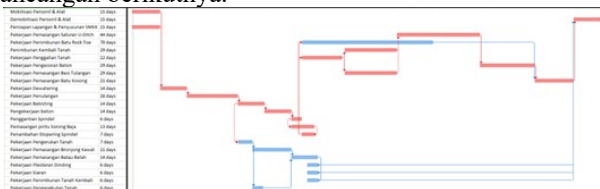
Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan menggunakan metode *critical path method* (CPM). Perhitungan ini mencakup analisis maju (*forward pass*), analisis mundur (*backward pass*), serta penentuan total float. Perhitungan maju (*forward pass*) digunakan untuk menentukan waktu mulai paling awal (Early Start/ES) dan waktu selesai paling awal (Early Finish/EF) dari setiap aktivitas dalam proyek. Sedangkan perhitungan mundur digunakan untuk mengetahui waktu mulai paling akhir (LS) dan waktu selesai paling akhir (LF). Berikut merupakan visualisasi hasil perhitungan *critical path method* yang dikombinasikan dengan *network diagram* untuk mempermudah dalam mengidentifikasi jalur atau lintasan kritis pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya:



GAMBAR 7
(CRITICAL PATH METHOD)

C. Gantt Chart Penjadwalan Sebelum Optimalisasi

Gantt chart berperan penting dalam mempermudah penyusunan *resource histogram* karena menyajikan informasi jadwal pelaksanaan setiap aktivitas proyek secara kronologis. Melalui *Gantt chart*, dapat diketahui durasi dan waktu pelaksanaan setiap aktivitas, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi kebutuhan tenaga kerja pada tiap periode waktu pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya. Selain itu, *Gantt chart* juga membantu dalam mendeteksi adanya aktivitas yang berlangsung secara bersamaan, yang berpotensi menyebabkan penumpukan kebutuhan sumber daya. Informasi ini menjadi dasar atau input dalam penyusunan *resource histogram*, yang akan dilakukan pada proses perancangan berikutnya.

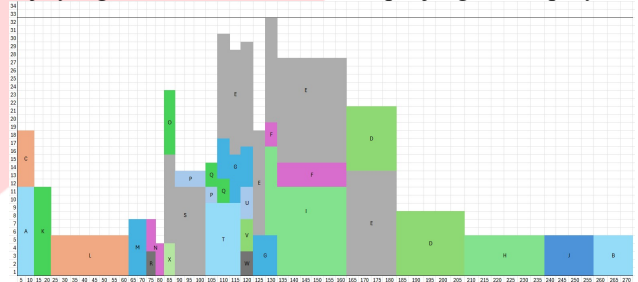


GAMBAR 8
(GANTT CHART SEBELUM OPTIMALISASI)

D. Resource Histogram

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan tenaga kerja pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya, diperoleh *resource histogram* awal yang belum

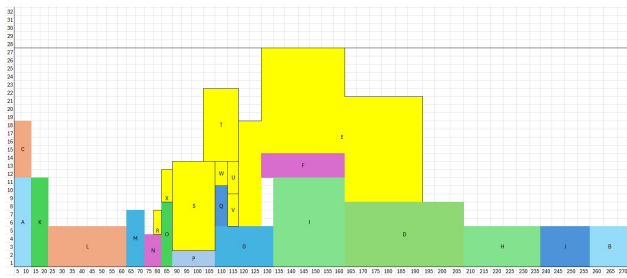
melalui proses optimalisasi. *Histogram* ini menunjukkan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap periode waktu proyek. Dari visualisasi tersebut tampak bahwa terjadi fluktuasi yang cukup signifikan dalam jumlah kebutuhan tenaga kerja antar periode. Pada periode waktu atau hari ke 85, 110, dan 130 jumlah tenaga kerja yang diperlukan melonjak tajam, sementara pada periode lainnya justru menurun drastis. Ditemukan juga bahwa, pada hari ke 130 total kebutuhan tenaga kerja mencapai 32 orang. Pola fluktuatif ini mengindikasikan bahwa alokasi sumber daya belum merata dan berpotensi menimbulkan ketidakefisienan, seperti kelebihan tenaga kerja yang menganggur atau kekurangan tenaga kerja yang dapat menyebabkan keterlambatan pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan langkah optimalisasi melalui metode *resource leveling* guna meratakan beban kerja dan memastikan penggunaan tenaga kerja yang lebih stabil dan efisien sepanjang durasi proyek.



GAMBAR 9
(RESOURCE HISTORAM)

E. Resource Leveling FCR 25%

Setelah dilakukan proses *resource leveling* menggunakan nilai *Float Consumption Rate* (FCR) sebesar 25%, diperoleh *resource histogram* yang menunjukkan pola distribusi kebutuhan tenaga kerja yang lebih merata dibandingkan kondisi awal. Pada grafik di atas, dapat diamati bahwa aktivitas non-kritis telah mengalami penyesuaian jadwal, namun hanya sebagian kecil dari *float*-nya yang dimanfaatkan. Hal ini terlihat dari pergeseran aktivitas-aktivitas seperti S, T, U, dan V yang tetap berada dalam rentang waktu sempit, namun tidak lagi saling menumpuk secara ekstrem seperti sebelumnya. Namun, karena nilai FCR yang digunakan relatif rendah, maka pemanfaatan float masih terbatas dan beberapa penumpukan aktivitas tetap terjadi, khususnya pada aktivitas besar seperti E yang memiliki beban tenaga kerja tinggi dan durasi panjang. Artinya, leveling dengan FCR 25% lebih bersifat konservatif menjaga struktur jadwal awal tetap stabil, namun belum sepenuhnya menghilangkan fluktuasi tenaga kerja. Dengan demikian, FCR 25% memberikan solusi awal dalam pengendalian sumber daya tenaga kerja, namun masih menyisakan potensi optimalisasi lebih lanjut. Oleh karena itu, tahap selanjutnya adalah melakukan leveling dengan FCR 100% untuk melihat sejauh mana fluktuasi tenaga kerja dapat ditekan secara maksimal.



GAMBAR 10
(RESOURCE LEVELING FCR 25%)

F. Resource Leveling FCR 100%

Setelah dilakukan proses *resource leveling* dengan memanfaatkan FCR sebesar 100%, terlihat bahwa distribusi kebutuhan tenaga kerja pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya menjadi jauh lebih stabil dan merata dibandingkan dengan kondisi awal maupun saat menggunakan FCR 25%. Pada skenario ini, seluruh *float* yang tersedia pada aktivitas non-kritis dimanfaatkan sepenuhnya untuk menggeser waktu pelaksanaan aktivitas, dengan tujuan meminimalkan penumpukan tenaga kerja dalam satu periode. Berdasarkan *resource histogram* dibawah, dapat dilihat bahwa lonjakan tenaga kerja yang sebelumnya melebihi 25 orang pada satu waktu berhasil ditekan. Beban kerja yang sebelumnya terpusat di awal proyek, kini tersebar lebih seimbang ke periode waktu selanjutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai FCR sebesar 100% sangat efektif dalam mengurangi fluktuasi tenaga kerja secara keseluruhan. Titik-titik beban puncak berkurang, dan distribusi tenaga kerja menjadi lebih linear. Namun, penggunaan FCR penuh juga berarti bahwa aktivitas non-kritis mengalami pergeseran maksimal dalam batas waktu kelonggaran yang tersedia. Hal ini dapat berpengaruh terhadap koordinasi antar aktivitas serta kesiapan lapangan jika tidak dikelola dengan baik.



GAMBAR 11
(RESOURCE LEVELING FCR 100%)

G. Gantt Chart Hasil Akhir



GAMBAR 12
(GANTT CHART HASIL RANCANGAN)

Pada gambar di atas merupakan hasil akhir dari perancangan penjadwalan pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya yang berupa *gantt chart*, yang menunjukkan durasi proyek selama 271 hari kalender. *Gantt chart* ini memvisualisasikan urutan aktivitas secara kronologis serta hubungan ketergantungan antar aktivitas, mulai dari tahap awal hingga tahap akhir pekerjaan di lapangan. Jadwal tersebut merupakan hasil dari optimalisasi menggunakan resource leveling dengan nilai FCR 100%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan penjadwalan pada proyek Rehabilitasi Bendungan Situ Lembang dan Fasilitasnya menggunakan pendekatan *critical path method* dan optimalisasi dengan *resource leveling* berbasis FCR, didapatkan hasil visualisasi penjadwalan sebagai hasil perancangan. Visualisasi tersebut untuk mempermudah tim proyek sebagai acuan atau pedoman dalam pelaksanaan proyek. Hasil rancangan tersebut berupa *gantt chart*. Berdasarkan hasil perancangan penjadwalan, didapatkan total durasi proyek yaitu 271 hari kalender dan terdiri dari 4 jalur kritis yang memuat 14 aktivitas krusial dalam setiap jalurnya. Jalur pertama terdiri dari aktivitas dengan kode A-K-L-M-N-O-P-Q-G-F-D-H-J-B, sedangkan jalur kedua memiliki urutan C-K-L-M-N-O-P-Q-G-F-D-H-J-B. Jalur ketiga mencakup A-K-L-M-N-O-P-Q-G-I-D-H-J-B, dan jalur keempat terdiri atas C-K-L-M-N-O-P-Q-G-I-D-H-J-B. Aktivitas-aktivitas dalam jalur kritis ini tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*), sehingga keterlambatan pada salah satu aktivitas akan langsung berdampak pada durasi keseluruhan proyek. Identifikasi ini menjadi dasar penting dalam penyusunan jadwal yang akurat dan realistis.

Optimalisasi distribusi tenaga kerja dilakukan melalui metode *resource leveling* berbasis *Float Consumption Rate* (FCR). Pendekatan ini memberikan dampak positif dalam mengurangi fluktuasi kebutuhan tenaga kerja yang tidak merata pada awalnya. Dengan menjadwalkan ulang aktivitas non-kritis, beban kerja proyek menjadi lebih stabil dan efisien, memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih terencana dan terdistribusi secara seimbang sepanjang proyek berlangsung.

Penerapan FCR terbukti menurunkan fluktuasi tenaga kerja secara signifikan. Sebelum dilakukan *leveling*, puncak kebutuhan tenaga kerja mencapai 32 orang. Setelah *leveling* dengan FCR 25%, puncaknya 74 menurun menjadi 27 orang. Sementara pada skenario FCR 100%, jumlah tenaga kerja maksimal yang dibutuhkan hanya 21 orang. Dengan demikian, FCR 25% menurunkan kebutuhan puncak sebanyak 5 orang, dan FCR 100% sebanyak 11 orang dibanding kondisi awal.

Dalam penerapannya, dua skenario FCR digunakan, yakni 25% dan 100%. FCR 25% menghasilkan penyesuaian jadwal yang lebih konservatif, cocok untuk proyek dengan keterbatasan waktu yang ketat. Sebaliknya, FCR 100% memungkinkan pemanfaatan penuh terhadap *float*, sehingga menghasilkan distribusi tenaga kerja yang lebih merata namun dengan konsekuensi pergeseran jadwal yang lebih besar. Oleh karena itu, pemilihan nilai FCR perlu disesuaikan dengan karakteristik proyek, apakah lebih menekankan efisiensi sumber daya atau menjaga kestabilan durasi pelaksanaan.

REFERENSI

- [1] Project Management Institute, *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 6th ed. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2017.

[2] M. M. Akbar, "Perancangan Jadwal pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit ABC pada PT XYZ Menggunakan Critical Path Method (CPM)," 2022.

[3] O. B. Pamungkas, "Perancangan Penjadwalan pada Proyek Pembangunan Jalan Menuju Wisata X di Desa Y Menggunakan Metode Critical Path Method," 2024.

[4] I. Hendriyani, M. Kencanawati, dan M. V. Darmawan, "Penerapan Metode CPM dan PERT pada Penjadwalan Proyek Pemasangan Pipa di Perumahan Graha Wiyata Asri Balikpapan," 2023.

[5] Z. Gazalba, I. G. P. Warka, L. W. Wirahman, dan D. Disetujui Dipublish Hal, "Evaluasi Kewajaran Schedule

Kontraktor Menggunakan Work Breakdown Structure (WBS) dan Microsoft Project (Studi pada Proyek Pembangunan SDN 5 Sokong, Tanjung, Lombok Utara)," *Jurnal Ganec Swara*, vol. 16, no. 1, 2022. [Online]. Available:

<http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>

[6] A. Damci, G. Polat, F. D. Akin, dan H. Turkoglu, "Use of Float Consumption Rate in Resource Leveling of Construction Projects," *Frontiers of Engineering Management*, vol. 9, no. 1, pp. 135–147, Mar. 2022, doi: 10.1007/s42524-020-0118-0.

[7] S. E. Saputra, "Pemanfaatan Bendungan sebagai Perencanaan Penyediaan Sumber Air Bersih," 2019.