

Analisis *Lead Time* dan Durasi Tahapan Fabrikasi *Pipe support Offshore* Menggunakan Metode *Critical Path Method* (CPM) pada Proyek EPCI

Buddy Setiawan^{*1}, Darti Purnama Sari^{1*} and Kms M. Avrieldi^{2*}

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: Buddy310896@gmail.com

Abstrak

Proses fabrikasi *pipe support* pada proyek Engineering, Procurement, Construction, and Installation (EPCI) offshore memerlukan pengendalian jadwal yang tepat karena setiap aktivitas memiliki hubungan ketergantungan dan dapat memengaruhi waktu penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan menganalisis durasi aktual fabrikasi, menentukan jalur kritis, serta mengidentifikasi aktivitas yang paling dominan menyebabkan keterlambatan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan data aktual 49 unit *pipe support* yang berasal dari lima *shipment*. Data diolah menggunakan analisis statistik deskriptif dan metode *Critical Path Method* (CPM) melalui *Microsoft Project*. Tahapan fabrikasi yang dianalisis meliputi *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *Visual (Grinding)*, *NDT (Visual Inspection)*, dan *Release* dengan hubungan aktivitas Finish-to-Start. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata durasi aktual fabrikasi adalah 26,14 hari per unit *pipe support*. Hasil penjadwalan CPM menghasilkan durasi enam hari per unit atau 294 hari untuk 49 unit, sedangkan total durasi aktual mencapai 1.281 hari sehingga terdapat selisih sebesar 987 hari. Seluruh aktivitas memiliki nilai total float sebesar nol dan termasuk dalam jalur kritis. Aktivitas *Cutting* menjadi faktor keterlambatan paling dominan dengan kontribusi sebesar 75,96%, yang dipengaruhi oleh antrean pekerjaan, keterlambatan material, keterbatasan mesin, revisi gambar kerja, dan keterbatasan operator. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas dan pengendalian pada aktivitas *Cutting* perlu diprioritaskan untuk mengurangi keterlambatan fabrikasi pada proyek sejenis.

Kata kunci: pipe support, fabrikasi offshore, Critical Path Method, jalur kritis, keterlambatan, EPCI

Abstract

The pipe support fabrication process in an offshore Engineering, Procurement, Construction, and Installation (EPCI) project requires precise schedule control because each activity has a dependency relationship and can affect the overall completion time. This study aims to analyze the actual fabrication duration, determine the critical path, and identify the most dominant activities causing delays. The study uses a descriptive quantitative approach with actual data from 49 pipe support units originating from five shipments. The data is processed using descriptive statistical analysis and the Critical Path Method (CPM) through Microsoft Project. The fabrication stages analyzed include Cutting, FIT-UP, Welding, Visual (Grinding), NDT (Visual Inspection), and Release with a Finish-to-Start activity relationship. The results show that the average actual fabrication duration is 26.14 days per pipe support unit. The CPM scheduling results in a duration of six days per unit or 294 days for 49 units, while the total actual duration reaches 1,281 days, resulting in a difference of 987 days. All activities have a total float value of zero and are included in the critical path. Cutting activities were the most dominant factor in delays, contributing 75.96%, influenced by work queues, material delays, machine limitations, revised working drawings, and operator limitations. Therefore, increasing capacity and controlling Cutting activities needs to be prioritized to reduce fabrication delays on similar projects.

Keywords: pipe support, offshore fabrication, Critical Path Method, critical path, delay, EPCI

1. Pendahuluan

Sektor konstruksi *offshore* merupakan salah satu bidang industri yang paling kompleks dan menuntut dalam hal ketepatan perencanaan serta pengendalian jadwal. Proyek berskala besar seperti proyek *Engineering, Procurement, Construction and Installation* (EPCI) *offshore* mencakup ribuan komponen struktural yang harus dirancang, diadakan, difabrikasi, dan dipasang dalam rentang waktu yang telah disepakati secara kontraktual. Dalam kondisi demikian, keterlambatan pada satu elemen saja berpotensi mengganggu seluruh rangkaian pekerjaan secara berantai, sehingga pengendalian jadwal fabrikasi menjadi salah satu prioritas utama manajemen proyek. Menurut Kerzner (2017), pengelolaan jadwal yang terstruktur merupakan fondasi keberhasilan proyek konstruksi berskala besar karena memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi keterlambatan yang dapat mempengaruhi target penyelesaian keseluruhan [1].



Gambar 1: Fasilitas *Offshore Topsides* pada Industri Migas Lepas Pantai

Sumber: QatarEnergy LNG (2025)

Pipe support merupakan salah satu komponen struktural dengan volume fabrikasi terbesar dalam proyek konstruksi *platform offshore*. Fungsinya mencakup penopangan, pengarahan, dan pengendalian pergerakan sistem perpipaan akibat beban termal, tekanan, dan getaran operasional. Pentingnya komponen ini dalam konteks manajemen jadwal telah ditegaskan oleh berbagai penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa keterlambatan fabrikasi komponen utama berdampak langsung terhadap penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan [2]. Pada proyek Perusahaan Migas X Proyek *Offshore Y* (POY) — *Offshore Topsides and Pipelines* EPCI yang dilaksanakan oleh PT Fabrikasi A selaku subkontraktor dari PT Kontraktor Utama B, jumlah item *Pipe support* yang difabrikasi mencapai 9.970 item dengan total bobot 347.349 kg yang tersebar di tujuh platform, yaitu Platform 1, Platform-2, Platform 3, Platform 4, Platform 5, Platform 6, dan Platform 7. Setiap item *Pipe support* melewati enam tahapan fabrikasi yang bersifat sekuensial dan saling bergantung, yaitu *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *Non-Destructive Testing (NDT)*, *Release*, dan *Delivery*. Data *Fabrication Daily Tracking Report* proyek POY mencatat bahwa rata-rata total *Lead Time* fabrikasi dari awal hingga *delivery* adalah 15,5 hari. Tahapan *Cutting* menuju *FIT-UP* tercatat sebagai tahapan dengan durasi rata-rata terpanjang sebesar 6,3 hari sekaligus memiliki variabilitas tertinggi dengan standar deviasi 12,6 hari, yang mengindikasikan ketidakonsistenan proses yang signifikan. Menurut *Project Management Institute* (2021), estimasi durasi yang akurat berbasis data aktual merupakan prasyarat keberhasilan analisis penjadwalan berbasis jaringan [3]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa keterlambatan pada tahapan kritis suatu proyek konstruksi dapat berdampak langsung terhadap penundaan penyelesaian secara keseluruhan [4]. Ketika satu tahapan mengonsumsi waktu jauh lebih lama atau menunjukkan variabilitas durasi yang tinggi dibandingkan tahapan lainnya, tahapan tersebut dikategorikan sebagai bottleneck yang berpotensi menghambat kelancaran seluruh alur produksi [5]. Guna memperoleh gambaran yang terukur mengenai kinerja jadwal fabrikasi, diperlukan metode analisis yang mampu memodelkan hubungan ketergantungan antar tahapan dan mengidentifikasi tahapan yang paling kritis. *Critical Path Method* (CPM) menawarkan pendekatan sistematis berbasis jaringan aktivitas untuk mengidentifikasi jalur kritis dan mengukur durasi minimum penyelesaian suatu proses [6]. Dengan menggunakan data aktual laporan fabrikasi sebagai dasar estimasi durasi, analisis CPM dapat menghasilkan temuan yang relevan dan berbasis bukti nyata di lapangan. *Critical Path Method* (CPM) merupakan teknik

penjadwalan berbasis jaringan yang pertama kali diperkenalkan oleh Kelley dan Walker pada akhir dekade 1950-an untuk mengelola proyek industri berskala besar [6]. Metode ini menyusun seluruh aktivitas proyek ke dalam sebuah diagram jaringan yang memperlihatkan urutan dan ketergantungan antar aktivitas. Dari diagram tersebut, dihitung empat parameter waktu untuk setiap aktivitas, yaitu *EARLY Start* (ES), *EARLY Finish* (EF), *Late Start* (LS), dan *Late Finish* (LF). Selisih antara LS dan ES menghasilkan nilai *Total float* (TF) yang merepresentasikan kelonggaran waktu suatu aktivitas tanpa menyebabkan keterlambatan pada jadwal penyelesaian [7]. Aktivitas dengan $TF = 0$ membentuk jalur kritis yang menentukan durasi minimum penyelesaian proses. Penerapan CPM dalam konteks fabrikasi komponen *offshore* telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi aktivitas yang memerlukan prioritas pengawasan dan alokasi sumber daya tambahan [8]. Sebelum analisis CPM dapat dilakukan, diperlukan estimasi durasi yang akurat untuk setiap aktivitas. Dalam penelitian ini, estimasi tersebut diturunkan dari analisis statistik deskriptif terhadap data tanggal aktual fabrikasi [9]. Statistik deskriptif memungkinkan perangkuman karakteristik data melalui ukuran-ukuran seperti nilai rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), standar deviasi, serta batas minimum dan maksimum. Nilai rata-rata *Lead Time* setiap tahapan yang diperoleh dari data aktual digunakan sebagai masukan durasi dalam model CPM sehingga jaringan yang dihasilkan mencerminkan kondisi nyata proses fabrikasi di lapangan [10].

Sumber data utama yang digunakan adalah *Fabrication Daily Tracking Report*, yaitu dokumen pengendalian produksi yang dikelola oleh tim *Project Control* dan memuat catatan tanggal aktual setiap tahapan fabrikasi per item komponen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan kajian manajemen konstruksi *offshore*, khususnya dalam penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) berdasarkan data aktual proses fabrikasi. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas pengendalian jadwal pada proyek EPCI. Selain itu, penggunaan data kuantitatif dalam analisis jadwal memungkinkan proses pengambilan keputusan dilakukan secara lebih terukur dan berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu tim produksi dan manajemen proyek dalam mengidentifikasi tahapan pekerjaan yang paling berpengaruh terhadap durasi penyelesaian fabrikasi *Pipe support*. Dengan demikian, upaya pengawasan dan pemanfaatan sumber daya dapat difokuskan pada aktivitas yang bersifat kritis sehingga pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lebih efektif dan target jadwal proyek lebih mudah dicapai. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana kinerja setiap tahapan fabrikasi *Pipe support* pada proyek POY berdasarkan data aktual *Fabrication Daily Tracking Report*; (2) tahapan mana yang menjadi jalur kritis berdasarkan analisis CPM; dan (3) tahapan mana yang paling dominan memengaruhi *total* durasi fabrikasi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja setiap tahapan fabrikasi menggunakan metode CPM, mengidentifikasi jalur kritis, serta menentukan tahapan yang paling berpengaruh terhadap keseluruhan durasi fabrikasi *Pipe support* pada proyek EPCI *offshore*. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan perencanaan jadwal fabrikasi pada proyek EPCI *offshore* berikutnya sehingga keterlambatan yang bersifat sistemik dapat diminimalkan melalui intervensi yang tepat sasaran [1][7].

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yaitu penelitian yang bertujuan mendeskripsikan dan menganalisis karakteristik data numerik secara sistematis menggunakan metode statistik dan teknik penjadwalan berbasis jaringan. Pendekatan kuantitatif dipilih karena data yang tersedia berupa tanggal aktual per tahapan fabrikasi yang dapat diukur dan dihitung secara presisi untuk menghasilkan kesimpulan yang objektif.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Data penelitian bersumber dari *Fabrication Daily Tracking Report* proyek Perusahaan Migas X Proyek *Offshore* Y (POY) — *Offshore* Topsides and Pipelines EPCI yang dikerjakan oleh perusahaan Fabrikasi *offshore* yang berlokasi di Batu Ampar, Batam, Kepulauan Riau. Data yang digunakan merupakan laporan fabrikasi hingga tanggal 28 Agustus 2025.

2.3 Data Penelitian

Data primer yang digunakan adalah *Fabrication Daily Tracking Report* format *Microsoft Excel* yang memuat *Tag Number*, *Drawing Number*, *Platform*, *Level*, Tipe, berat material (kg), dan tanggal aktual setiap tahapan fabrikasi per item *Pipe support*. Data sekunder berupa literatur dan referensi ilmiah sebagai landasan teori penelitian.

Tabel 1
Variabel Penelitian

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	SATUAN
1	<i>Lead Time Cutting</i>	Selisih hari antara tanggal <i>Cutting</i> dan <i>FIT-UP</i>	Hari
2	<i>Lead Time FIT-UP</i>	Selisih hari antara tanggal <i>FIT-UP</i> dan <i>Welding</i>	Hari
3	<i>Lead Time Welding</i>	Selisih hari antara tanggal <i>Welding</i> dan <i>NDT</i>	Hari
4	<i>Lead Time NDT</i>	Selisih hari antara tanggal <i>NDT</i> dan <i>Release</i>	Hari
5	<i>Lead Time Release</i>	Selisih hari antara tanggal <i>Release</i> dan <i>Delivery</i>	Hari
6	<i>Total Lead Time</i>	Selisih hari antara tanggal <i>Cutting</i> dan <i>Delivery</i>	Hari

2.4 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh item *Pipe support* yang tercatat dalam *Fabrication Daily Tracking Report* proyek Perusahaan Migas X Proyek *Offshore Y* (POY) — *Offshore Topsides and Pipelines EPCI*, berjumlah 9.970 item dari tujuh *platform*. Sampel adalah item yang memiliki data tanggal aktual lengkap pada seluruh enam tahapan fabrikasi, dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kelengkapan data.

2.5 Teknik Pengumpulan Data

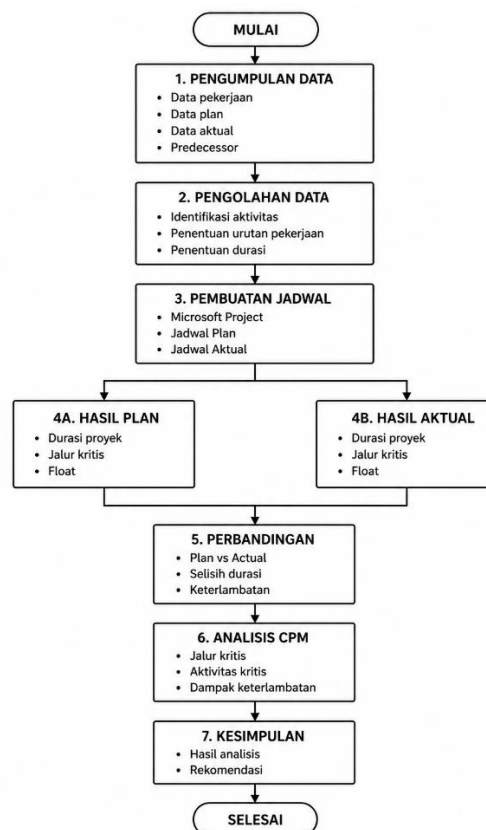
Data dikumpulkan melalui metode dokumentasi, yaitu pengambilan data dari *Fabrication Daily Tracking Report* format *Microsoft Excel*. Data tanggal aktual setiap tahapan diekstrak kemudian diolah untuk perhitungan *Lead Time* antar tahapan menggunakan formula selisih tanggal.

2.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan data aktual fabrikasi 49 unit *pipe support* yang dipilih sebagai sampel penelitian. Tahapan analisis terdiri atas tiga tahap utama. Tahap pertama adalah persiapan data, yang meliputi proses penyaringan (*filtering*) terhadap data 49 unit *pipe support* yang memiliki tanggal pelaksanaan lengkap pada seluruh tahapan fabrikasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Lead Time* setiap tahapan menggunakan selisih tanggal (*date difference*) pada *Microsoft Excel*, kemudian dilakukan

pembersihan data (*data cleaning*) dengan menghilangkan data anomali (*outlier*) yang memiliki *Lead Time* lebih dari 365 hari agar hasil analisis lebih representatif. Tahap kedua adalah analisis statistik deskriptif, yaitu menghitung nilai rata-rata (*mean*), *median*, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum *Lead Time* pada setiap tahapan fabrikasi. Nilai *mean* dari masing-masing tahapan digunakan sebagai estimasi durasi aktivitas dalam penyusunan jadwal menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Tahap ketiga adalah analisis CPM, yang meliputi penyusunan jaringan aktivitas fabrikasi berdasarkan urutan proses *Cutting* → *FIT-UP* → *Welding* → *NDT* → *Release* → *Delivery*. Selanjutnya dilakukan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh nilai *EARLY Start* (ES) dan *EARLY Finish* (EF), perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh nilai *Late Start* (LS) dan *Late Finish* (LF), kemudian dihitung *Total float* ($TF = LS - ES$) untuk setiap aktivitas. Berdasarkan hasil tersebut dilakukan identifikasi jalur kritis (*critical path*), yaitu aktivitas yang memiliki nilai $TF = 0$. Berdasarkan hasil analisis terhadap 49 unit *pipe support*, urutan proses fabrikasi bersifat sekuensial (*linear*) tanpa adanya aktivitas yang dapat dikerjakan secara paralel. Oleh karena itu, seluruh tahapan fabrikasi, yaitu *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *NDT*, *Release*, dan *Delivery*, berada pada jalur kritis ($TF = 0$). Dengan demikian, keterlambatan pada salah satu tahapan akan secara langsung menyebabkan keterlambatan terhadap penyelesaian keseluruhan proses fabrikasi. Berdasarkan akumulasi nilai rata-rata durasi setiap tahapan, diperoleh total durasi jalur kritis sebesar 50,88 hari, yang merepresentasikan durasi aktual rata-rata proses fabrikasi 49 unit *pipe support* yang menjadi sampel penelitian

2.7 Alur Penelitian



Gambar 2: Alur Penelitian (Sumber: Olahan Penulis)

Pada Gambar 2, perhitungan *Critical Path Method* (CPM) menggunakan durasi 1 hari sebagai satuan waktu dasar untuk menyeragamkan durasi setiap aktivitas, sehingga proses penentuan waktu mulai, waktu selesai, dan jalur kritis dapat dilakukan secara lebih sistematis dan mudah dipahami. Tenaga kerja yang terlibat dalam proses fabrikasi *Pipe support* terdiri dari beberapa posisi dengan tugas yang berbeda pada setiap tahapan pekerjaan. *Operator Cutting* bertugas melakukan pemotongan material sesuai ukuran pada gambar kerja. Setelah proses pemotongan selesai, *fitter* melakukan penyusunan dan penyesuaian komponen sebelum dilakukan pengelasan. Proses pengelasan kemudian dilakukan oleh *welder* sesuai prosedur kerja yang telah ditentukan. Selain itu, petugas *quality control* melakukan pemeriksaan dimensi dan kualitas hasil

fabrikasi, sedangkan petugas *NDT* melakukan pengujian untuk memastikan hasil pengelasan memenuhi standar yang berlaku. Seluruh proses produksi diawasi oleh *Foreman* dan *Supervisor* agar pekerjaan berjalan sesuai target dan jadwal yang telah direncanakan. Penelitian ini menganalisis beberapa parameter yang berkaitan dengan proses fabrikasi *Pipe support*, seperti durasi setiap aktivitas pekerjaan, hubungan antar aktivitas, dan *total* waktu penyelesaian fabrikasi. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui aktivitas yang paling berpengaruh terhadap durasi keseluruhan pekerjaan serta menentukan jalur kritis pada proses fabrikasi menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM).

Data penelitian diperoleh dari *Fabrication Tracking Report* proyek *offshore* yang berisi informasi tahapan fabrikasi mulai dari *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *inspection*, *Release*, hingga *delivery*. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan durasi aktual setiap aktivitas fabrikasi berdasarkan tanggal mulai dan tanggal selesai pekerjaan. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif dengan pendekatan statistik deskriptif dan metode *Critical Path Method* (CPM). Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik data durasi fabrikasi, seperti rata-rata durasi pekerjaan, durasi tercepat, dan durasi terlama pada setiap aktivitas. Setelah itu dilakukan penyusunan *Network Diagram* berdasarkan hubungan ketergantungan antar aktivitas pekerjaan. Analisis CPM dilakukan melalui perhitungan *forward pass* dan *backward pass* untuk menentukan nilai *EARLY Start* (ES), *EARLY Finish* (EF), *Late Start* (LS), dan *Late Finish* (LF). Selanjutnya dihitung nilai *Total float* untuk mengetahui aktivitas yang termasuk ke dalam jalur kritis dan memiliki pengaruh langsung terhadap *total* durasi fabrikasi *Pipe support*.

3. Analisa Data Dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisis Data Aktual

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data aktual proses fabrikasi *pipe support* pada proyek Engineering, Procurement, Construction, and Installation (EPCI). Data diperoleh dari dokumen pelaporan produksi perusahaan yang mencatat waktu pelaksanaan setiap unit *pipe support* selama proses fabrikasi. Objek penelitian terdiri atas 49 unit *pipe support* yang berasal dari lima *shipment*, yaitu *Shipment 163*, *Shipment 102*, *Shipment 103*, *Shipment 105*, dan *Shipment 106*. Pemilihan kelima *shipment* tersebut dilakukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu memilih *shipment* yang memiliki data fabrikasi lengkap sehingga setiap unit *pipe support* dapat ditelusuri sejak aktivitas awal hingga proses akhir. Kriteria tersebut diperlukan agar durasi fabrikasi dapat dihitung secara akurat dan digunakan dalam analisis penjadwalan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Pengambilan data dari lebih dari satu *shipment* bertujuan untuk memperoleh sampel yang lebih representatif terhadap kondisi aktual proses fabrikasi *pipe support* pada proyek EPCI. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya mencerminkan karakteristik satu kelompok pekerjaan, tetapi juga menggambarkan variasi proses produksi yang terjadi pada beberapa *shipment* dengan kondisi pelaksanaan yang berbeda. Sebelum dilakukan analisis, seluruh data diperiksa untuk memastikan kelengkapan informasi, meliputi tanggal mulai (*start date*) dan tanggal selesai (*finish date*) proses fabrikasi pada setiap unit *pipe support*. Data yang tidak memiliki informasi lengkap atau tidak memenuhi kriteria penelitian tidak diikutsertakan dalam proses analisis. Setelah proses validasi selesai, diperoleh 49 unit *pipe support* yang memenuhi persyaratan sebagai sampel penelitian. Durasi fabrikasi dihitung berdasarkan selisih antara tanggal mulai dan tanggal selesai setiap unit *pipe support* menggunakan *Microsoft Excel*.

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk memperoleh nilai rata-rata durasi fabrikasi sebagai dasar analisis statistik deskriptif dan penyusunan jadwal menggunakan *Microsoft Project*. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh rata-rata durasi fabrikasi sebesar 26,14 hari untuk setiap *pipe support*. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit *pipe support* berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Perbedaan durasi antar unit *pipe support* menunjukkan bahwa proses fabrikasi tidak selalu berlangsung dalam waktu yang sama. Variasi tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional, seperti kesiapan material, kapasitas produksi, antrean pekerjaan, koordinasi antarbagian, proses inspeksi kualitas, serta perubahan prioritas pekerjaan sesuai kebutuhan proyek. Selain menghitung nilai rata-rata, penelitian ini juga melakukan analisis statistik deskriptif yang meliputi nilai minimum, maksimum, *median*, dan standar deviasi. Analisis tersebut bertujuan untuk menggambarkan karakteristik distribusi durasi fabrikasi serta mengetahui tingkat variasi waktu penyelesaian antar *pipe support*. Hasil analisis statistik deskriptif selanjutnya menjadi dasar dalam penyusunan jadwal menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) pada *Microsoft Project*. Untuk memberikan gambaran mengenai distribusi sampel penelitian, data *pipe support* yang dianalisis berasal dari lima *shipment* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 2
Hasil Data Actual dari Total 49 Support

PERHITUNGAN KEGIATAN ACTUAL	CUTTING	FIT-UP	WELDING	VISUAL (GRINDING)	NDT(VISUAL INSPECTION)	RELEASE	TOTAL
163	196	34	32	12	0	0	274
102	179	15	11	16	0	0	221
103	25	17	22	16	0	0	80
105	280	19	14	25	0	0	338
106	293	25	26	24	0	0	368
TOTAL DATA INPUT SUPPORT				49 SUPPORT			
TOTAL HASIL DATA				1.283 DAYS			
RATA RATA				26,18 DAYS/SUPPORT			

Distribusi sampel pada Tabel 4 menunjukkan bahwa penelitian menggunakan data yang berasal dari beberapa *shipment* sehingga hasil analisis diharapkan mampu merepresentasikan kondisi aktual proses fabrikasi *pipe support* pada proyek EPCI secara lebih komprehensif. Dengan menggunakan data dari beberapa *shipment*, analisis yang dilakukan tidak hanya menggambarkan performa satu kelompok pekerjaan, tetapi juga memberikan gambaran mengenai variasi durasi fabrikasi yang terjadi selama pelaksanaan proyek.

3.2 Hasil Penjadwalan Menggunakan *Microsoft Project*

Berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS) yang telah disusun, dilakukan pemodelan jadwal menggunakan *Microsoft Project* dengan menerapkan metode *Critical Path Method* (CPM). Aktivitas fabrikasi terdiri atas:

1. *Cutting*
2. *FIT-UP*
3. *Welding*
4. *Visual (Grinding)*
5. *NDT (Visual Inspection)*
6. *Release*

Task Mode ▾	Task Name ▾	Duration ▾	Start ▾	Finish ▾
	▲ ACTUAL PIPE SUPPORT	6 days	Tue 21/07/26	Tue 28/07/26
	CUTTING	1 day	Tue 21/07/26	Tue 21/07/26
	FIT-UP	1 day	Wed 22/07/26	Wed 22/07/26
	WELDING	1 day	Thu 23/07/26	Thu 23/07/26
	VISUAL (GRINDING)	1 day	Fri 24/07/26	Fri 24/07/26
	NDT (VISUAL INSPECTION)	1 day	Mon 27/07/26	Mon 27/07/26
	RELEASE	1 day	Tue 28/07/26	Tue 28/07/26

Gambar 3: Hasil Penjadwalan Menggunakan *Microsoft Project* Harian

Hubungan antaraktivitas menggunakan ketergantungan *Finish-to-Start* (FS) sehingga setiap aktivitas hanya dapat dimulai setelah aktivitas sebelumnya selesai. Dari hasil penjadwalan *Microsoft Project* diperoleh durasi penyelesaian fabrikasi sebesar 6 hari. Selain itu diperoleh nilai *EARLY Start* (ES)¹, *EARLY Finish* (EF)¹, *Late Start* (LS)¹, *Late Finish* (LF)¹, dan *Total float* 0 untuk setiap aktivitas sehingga dapat diketahui aktivitas yang berada pada jalur kritis.

3.3 Analisis Perbandingan Data Aktual dan *Microsoft Project*

Berdasarkan hasil pengumpulan data aktual fabrikasi *support piping* pada lima *shipment* yang berbeda, diperoleh variasi durasi yang cukup besar pada setiap kelompok pengiriman. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan fabrikasi tidak selalu sama untuk setiap *shipment*, meskipun tahapan pekerjaan yang dilakukan pada dasarnya sama. Variasi durasi dapat dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing support, kesiapan material, kondisi pekerjaan, ketersediaan tenaga kerja, serta proses perpindahan dari satu aktivitas ke aktivitas berikutnya.

Tabel 3
Nilai Dari Ke 5 *Shipment* yang di jadikan Input penelitian

<i>Shipment</i>	Jumlah Support	<i>Cutting</i>	<i>Fit-Up</i>	<i>Welding</i>	<i>Visual/Grinding</i>	<i>NDT</i>	<i>Release</i>	Total (Hari)
163	9	196	34	32	12	0,2	0,2	274,4
102	10	179	15	11	16	0,2	0,2	221,4
103	10	25	17	22	16	0,2	0,2	80,4
105	10	280	19	14	25	0,2	0,2	338,4
106	10	293	25	26	24	0,2	0,2	368,4
Total	49	973	110	105	93	1	1	1283

Berdasarkan hasil pengolahan data aktual fabrikasi *support piping* pada lima *shipment*, yaitu *Shipment* 163, 102, 103, 105, dan 106, diperoleh sebanyak 49 *support piping* sebagai objek penelitian. Jumlah tersebut terdiri atas 9 *support* pada *Shipment* 163, sedangkan *Shipment* 102, 103, 105, dan 106 masing-masing terdiri atas 10 *support*. Tahapan pekerjaan yang diamati meliputi *Cutting*, *Fit-Up*, *Welding*, *Visual/Grinding*, *NDT*, dan *Release*.

Pada *Shipment* 163, jumlah *support* yang diamati sebanyak 9 unit. Akumulasi durasi aktivitas *Cutting* sebesar 196 hari, *Fit-Up* 34 hari, *Welding* 32 hari, dan *Visual/Grinding* 12 hari. Sementara itu, aktivitas *NDT* dan *Release* masing-masing membutuhkan waktu sebesar 0,2 hari. Dengan demikian, total akumulasi durasi pada *Shipment* 163 adalah 274,4 hari. Berdasarkan data tersebut, aktivitas *Cutting* menjadi aktivitas dengan durasi terbesar dan memberikan kontribusi paling dominan terhadap total waktu pelaksanaan *Shipment* 163. Pada *Shipment* 102, terdapat 10 *support* dengan durasi *Cutting* sebesar 179 hari, *Fit-Up* 15 hari, *Welding* 11 hari, dan *Visual/Grinding* 16 hari. Aktivitas *NDT* dan *Release* masing-masing memiliki durasi sebesar 0,2 hari, sehingga total akumulasi durasi *Shipment* 102 menjadi 221,4 hari. Sama seperti *Shipment* 163, durasi terbesar terdapat pada aktivitas *Cutting*, sedangkan aktivitas lainnya memiliki durasi yang relatif lebih kecil. Selanjutnya, *Shipment* 103 terdiri atas 10 *support* dengan durasi *Cutting* sebesar 25 hari, *Fit-Up* 17 hari, *Welding* 22 hari, dan *Visual/Grinding* 16 hari. Durasi *NDT* dan *Release* masing-masing sebesar 0,2 hari sehingga diperoleh total durasi sebesar 80,4 hari. *Shipment* 103 merupakan *shipment* dengan total akumulasi durasi paling rendah dibandingkan dengan empat *shipment* lainnya. Selain itu, distribusi durasi antaraktivitas pada *Shipment* 103 relatif lebih merata karena aktivitas *Cutting* tidak memiliki perbedaan durasi yang terlalu besar dibandingkan aktivitas lainnya. Pada *Shipment* 105, jumlah *support* yang diamati sebanyak 10 unit. Aktivitas *Cutting* membutuhkan waktu sebesar 280 hari, *Fit-Up* 19 hari, *Welding* 14 hari, dan *Visual/Grinding* 25 hari. Adapun *NDT* dan *Release* masing-masing memiliki durasi 0,2 hari, sehingga total durasi pada *Shipment* 105 adalah 338,4 hari. Besarnya total durasi pada *shipment* ini terutama dipengaruhi oleh tingginya akumulasi waktu pada aktivitas *Cutting*. Sementara itu, *Shipment* 106 terdiri atas 10 *support* dengan durasi *Cutting* sebesar 293 hari, *Fit-Up* 25 hari, *Welding* 26 hari, dan *Visual/Grinding* 24 hari. Aktivitas *NDT* dan *Release* masing-masing membutuhkan waktu 0,2 hari. Dengan demikian, total durasi pada *Shipment* 106 mencapai 368,4 hari dan menjadi *shipment* dengan akumulasi durasi tertinggi di antara lima *shipment* yang dianalisis. Tingginya durasi tersebut juga didominasi oleh aktivitas *Cutting* yang mencapai 293 hari. Secara keseluruhan, dari 49 *support piping* pada lima *shipment* diperoleh akumulasi durasi sebesar 973 hari untuk aktivitas *Cutting*, 110 hari untuk *Fit-Up*, 105 hari untuk *Welding*, 93 hari untuk *Visual/Grinding*, 1 hari untuk *NDT*, dan 1 hari untuk *Release*. Dengan demikian, total keseluruhan durasi aktual yang diperoleh adalah 1.283 hari. Dari seluruh tahapan pekerjaan, aktivitas *Cutting* memiliki durasi paling besar, yaitu 973 hari atau sekitar 75,84% dari keseluruhan durasi aktual. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas *Cutting* merupakan tahapan yang paling dominan dalam pembentukan total durasi pekerjaan fabrikasi *support piping*. Durasi 0,2 hari pada aktivitas *NDT* dan *Release* digunakan karena aktivitas tersebut memiliki waktu pengerjaan yang relatif singkat. Jika dikonversikan berdasarkan 1 hari kerja selama 8 jam, maka 0,2 hari setara dengan sekitar 1,6 jam. Pada lima *shipment*, akumulasi durasi *NDT* menjadi $5 \times 0,2 = 1$ hari dan durasi *Release* juga menjadi $5 \times 0,2 = 1$ hari. Oleh karena itu, kedua aktivitas tersebut tetap diperhitungkan dalam total durasi aktual meskipun durasinya jauh lebih kecil dibandingkan aktivitas *Cutting*, *Fit-Up*, *Welding*, dan *Visual/Grinding*.

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Critical	Total Slack
→	ACTUAL PIPE SUPPORT	6 days	Tue 21/07/26	Tue 28/07/26		Yes	0 days
→	CUTTING	1 day	Tue 21/07/26	Tue 21/07/26		Yes	0 days
→	FIT-UP	1 day	Wed 22/07/26	Wed 22/07/26	2	Yes	0 days
→	WELDING	1 day	Thu 23/07/26	Thu 23/07/26	3	Yes	0 days
→	VISUAL (GRINDING)	1 day	Fri 24/07/26	Fri 24/07/26	4	Yes	0 days
→	NDT (VISUAL INSPECTION)	1 day	Mon 27/07/26	Mon 27/07/26	5	Yes	0 days
→	RELEASE	1 day	Tue 28/07/26	Tue 28/07/26	6	Yes	0 days

a

b

Gambar 4: (a) data WBS Ms Project,(b) data *actual*

Berdasarkan data aktual pada lima *shipment*, aktivitas *NDT* dan *Release* masing-masing memiliki durasi sebesar 0,2 hari pada setiap *shipment*. Dengan demikian, akumulasi durasi *NDT* dari lima *shipment* adalah $5 \times 0,2 = 1$ hari, dan akumulasi durasi *Release* juga sebesar $5 \times 0,2 = 1$ hari. Nilai tersebut secara numerik sama dengan durasi yang digunakan pada penjadwalan *Microsoft Project*, yaitu 1 hari untuk aktivitas *NDT* dan 1 hari untuk aktivitas *Release*. Meskipun memiliki nilai yang sama, dasar penentuannya berbeda. Pada data aktual, nilai 1 hari merupakan hasil akumulasi durasi dari lima *shipment*, sedangkan pada *Microsoft Project* durasi 1 hari digunakan sebagai durasi aktivitas dalam penyusunan jaringan kerja CPM.

3.4 Perbandingan Durasi Aktual dan *Microsoft Project*

Perbandingan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara durasi aktual di lapangan dengan durasi hasil penjadwalan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Sebagai contoh tabel:

Tabel 4

Hasil Perbandingan Durasi Aktual Dan *Microsoft Project*

Aktivitas	Aktual(Hari)	Jumlah Support	Durasi CPM (Hari/Support)	Total Durasi CPM (Hari)	Selisih (Hari)
<i>CUTTING</i>	973	49	1	49	924
<i>FIT-UP</i>	110	49	1	49	61
<i>WELDING</i>	105	49	1	49	56
<i>VISUAL (GRINDING)</i>	93	49	1	49	44
<i>NDT</i>	1	49	1	49	-48
<i>Release</i>	1	49	1	49	-48
Total	1283	49 Support	6 Aktivitas	294	989

Berdasarkan Tabel Hasil Perbandingan Durasi Aktual dan *Microsoft Project*, dilakukan perbandingan antara durasi aktual pekerjaan dengan durasi yang direncanakan menggunakan metode *Critical Path*

Method (CPM) pada *Microsoft Project*. Objek pekerjaan terdiri atas 49 *support piping* dengan enam jenis aktivitas, yaitu *Cutting*, *Fit-Up*, *Welding*, *Visual & Grinding*, *NDT*, dan *Release*. Dalam perhitungan CPM, setiap aktivitas diasumsikan memiliki durasi 1 hari untuk setiap *support*. Oleh karena itu, untuk 49 *support* diperoleh durasi sebesar 49 hari pada masing-masing aktivitas. Apabila seluruh enam aktivitas dijumlahkan, maka total durasi berdasarkan perhitungan tersebut adalah 294 hari. Berdasarkan data aktual, total durasi pelaksanaan seluruh aktivitas mencapai 1.283 hari. Aktivitas *Cutting* memiliki durasi aktual paling besar, yaitu 973 hari, sedangkan durasi berdasarkan CPM sebesar 49 hari. Dengan demikian, aktivitas *Cutting* memiliki selisih sebesar 924 hari. Selanjutnya, aktivitas *Fit-Up* memiliki durasi aktual 110 hari dengan selisih 61 hari, *Welding* memiliki durasi aktual 105 hari dengan selisih 56 hari, dan *Visual & Grinding* memiliki durasi aktual 93 hari dengan selisih 44 hari. Nilai selisih positif menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan aktual lebih lama dibandingkan dengan durasi yang direncanakan berdasarkan CPM. Sementara itu, aktivitas *NDT* dan *Release* masing-masing memiliki durasi aktual sebesar 1 hari, sedangkan durasi berdasarkan perhitungan CPM adalah 49 hari. Hal tersebut menghasilkan selisih sebesar -48 hari pada masing-masing aktivitas. Nilai negatif menunjukkan bahwa pelaksanaan aktual aktivitas tersebut berlangsung 48 hari lebih cepat dibandingkan dengan durasi yang diasumsikan dalam perhitungan CPM. Perbedaan ini dapat terjadi karena proses *NDT* dan *Release* dapat dilakukan secara bersamaan, secara kelompok (*batch*), atau tidak memerlukan waktu satu hari secara terpisah untuk setiap *support*. Secara keseluruhan, terdapat selisih antara durasi aktual dan durasi CPM sebesar:

$$\text{Selisih} = 1283 - 294 = 989 \text{ Hari} \quad (1)$$

Dengan menggunakan durasi CPM sebagai dasar perbandingan, persentase keterlambatan dapat dihitung sebagai berikut:

Keterlambatan=

$$\text{Keterlambatan} = \frac{1283 - 294}{294} \times 100\% = 336,39\% \quad (2)$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa durasi aktual pelaksanaan pekerjaan memiliki deviasi sebesar 989 hari atau 336,39% lebih lama dibandingkan durasi berdasarkan perhitungan CPM. Besarnya perbedaan terutama dipengaruhi oleh tingginya durasi aktual pada aktivitas *Cutting*, *Fit-Up*, *Welding*, serta *Visual & Grinding*. Dengan demikian, aktivitas-aktivitas tersebut perlu menjadi perhatian dalam evaluasi pelaksanaan pekerjaan untuk mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan dan menentukan langkah perbaikan pada pekerjaan selanjutnya

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan antara durasi aktual pelaksanaan fabrikasi *support piping* dengan durasi rencana (*plan*) yang dihitung menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Data aktual diperoleh dari 49 *support* yang terdapat pada lima *shipment*, dengan total akumulasi durasi sebesar 1.283 hari. Total tersebut terdiri atas aktivitas *Cutting* sebesar 973 hari, *Fit-Up* 110 hari, *Welding* 105 hari, *Visual/Grinding* 93 hari, *NDT* 1 hari, dan *Release* 1 hari. Pada perhitungan rencana menggunakan CPM, masing-masing aktivitas ditetapkan memiliki durasi 1 hari untuk setiap *support*. Dengan jumlah 49 *support*, maka durasi rencana untuk setiap jenis aktivitas adalah $49 \text{ support} \times 1 \text{ hari/support} = 49 \text{ hari}$. Proses fabrikasi terdiri atas enam aktivitas utama, yaitu *Cutting*, *Fit-Up*, *Welding*, *Visual/Grinding*, *NDT*, dan *Release*. Oleh karena itu, angka 6 yang digunakan dalam perhitungan berasal dari jumlah aktivitas tersebut. Total akumulasi durasi rencana diperoleh dari $6 \text{ aktivitas} \times 49 \text{ support} \times 1 \text{ hari/support}$, sehingga diperoleh sebesar 294 hari. Perbandingan antara durasi aktual sebesar 1.283 hari dengan durasi rencana sebesar 294 hari menunjukkan adanya selisih sebesar 989 hari. Selisih terbesar terdapat pada aktivitas *Cutting*, yaitu sebesar 924 hari, yang diperoleh dari 973 hari aktual dikurangi 49 hari rencana. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas *Cutting* memberikan kontribusi terbesar terhadap perbedaan antara kondisi aktual dan rencana. Sementara itu, aktivitas *NDT* dan *Release* memiliki selisih negatif sebesar -48 hari karena durasi aktual masing-masing hanya 1 hari, lebih singkat dibandingkan akumulasi durasi rencana sebesar 49 hari.

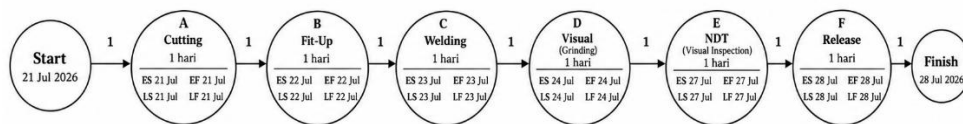
3.5 Analisis Jalur Kritis Menggunakan Metode *Critical Path Method* (CPM)

Analisis jalur kritis dilakukan untuk mengidentifikasi rangkaian aktivitas yang secara langsung menentukan durasi penyelesaian proyek pekerjaan *Actual Pipe support*. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Microsoft Project*, diperoleh bahwa seluruh aktivitas utama berada pada jalur kritis dengan nilai *Total float* sebesar 0 hari. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kelonggaran waktu pada setiap

aktivitas sehingga keterlambatan pada satu aktivitas akan menyebabkan keterlambatan pada penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis yang terbentuk pada pekerjaan *Actual Pipe support* terdiri atas enam aktivitas, yaitu *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *Visual (Grinding)*, *NDT (Visual Inspection)*, dan *Release*. Seluruh aktivitas tersebut memiliki hubungan ketergantungan secara berurutan (*Finish to Start*), sehingga suatu aktivitas hanya dapat dimulai setelah aktivitas sebelumnya selesai dikerjakan. Berdasarkan hasil analisis CPM, durasi masing-masing aktivitas adalah 1 hari kerja dengan total durasi proyek sebesar 6 hari kerja. Urutan jalur kritis yang diperoleh dapat dituliskan sebagai berikut:

Cutting → *FIT-UP* → *Welding* → *Visual (Grinding)* → *NDT (Visual Inspection)* → *Release*

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *EARLY Start* (ES) sama dengan *Late Start* (LS) serta nilai *EARLY Finish* (EF) sama dengan *Late Finish* (LF) pada seluruh aktivitas. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa setiap aktivitas berada pada lintasan kritis dan tidak memiliki waktu tunda (*slack time*). Oleh karena itu, pengendalian pelaksanaan pekerjaan harus difokuskan pada aktivitas-aktivitas tersebut untuk menghindari keterlambatan proyek. Secara teknis, aktivitas *Cutting* merupakan tahap awal yang menentukan kesiapan material untuk proses berikutnya. Setelah proses pemotongan selesai, dilakukan *FIT-UP* sebagai proses penyusunan dan penyelarasan komponen sebelum pengelasan. Aktivitas *Welding* menjadi tahapan utama dalam pembentukan struktur *pipe support*. Selanjutnya dilakukan *Visual (Grinding)* untuk membersihkan dan merapikan area hasil pengelasan sebelum memasuki tahap inspeksi. Aktivitas *NDT (Visual Inspection)* bertujuan memastikan kualitas sambungan las sesuai standar yang ditetapkan. Tahap terakhir adalah *Release*, yaitu proses persetujuan akhir sebelum produk diserahkan atau digunakan. Tidak adanya nilai *float* pada seluruh aktivitas menunjukkan bahwa proyek memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap keterlambatan. Apabila salah satu aktivitas mengalami keterlambatan selama satu hari, maka durasi penyelesaian proyek juga akan bertambah satu hari. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian yang ketat terhadap ketersediaan material, kesiapan tenaga kerja, kondisi peralatan, serta proses inspeksi untuk memastikan setiap aktivitas dapat diselesaikan sesuai jadwal yang telah direncanakan.



Gambar 5: Network Diagram CPM

3.6 Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan

Tabel 5
Peringkat Penyebab Keterlambatan

AKTIVITAS	KETERLAMBATAN (JAM)	PERSENTASE(%)	FAKTOR KETERLAMBATAN
<i>Cutting</i>	973	75,96 %	Antrean pekerjaan di <i>workshop</i> , keterlambatan material, keterbatasan mesin <i>Cutting</i> , revisi gambar kerja, dan keterbatasan operator.
<i>FIT-UP</i>	110	8,59 %	Ketidaksesuaian dimensi hasil <i>Cutting</i> , menunggu material, dan penyesuaian posisi komponen sebelum pengelasan.
<i>Welding</i>	105	8,20 %	Keterbatasan <i>welder</i> , antrean pekerjaan pengelasan, perbaikan hasil las (<i>repair Welding</i>), serta persiapan peralatan las.

<i>Visual (Grinding)</i>	93	7,26 %	Menunggu selesainya proses <i>Welding</i> , perbaikan permukaan hasil las, dan antrean inspeksi kualitas.
Total	1.281	100,00 %	

Berdasarkan hasil identifikasi faktor keterlambatan, aktivitas *Cutting* merupakan penyumbang keterlambatan terbesar dengan total 973 jam kerja atau 75,96% dari total keterlambatan proyek. Tingginya kontribusi keterlambatan pada aktivitas ini menunjukkan bahwa proses pemotongan material menjadi kendala utama dalam pelaksanaan pekerjaan *pipe support*. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh antrean pekerjaan yang tinggi di *workshop*, keterlambatan ketersediaan material, keterbatasan kapasitas mesin pemotong, serta terbatasnya jumlah operator yang tersedia. Selain aktivitas *Cutting*, keterlambatan juga terjadi pada aktivitas *FIT-UP*, *Welding*, dan *Visual (Grinding)*. Keterlambatan pada aktivitas *FIT-UP* umumnya disebabkan oleh ketidaksesuaian dimensi hasil pemotongan yang memerlukan penyesuaian ulang sebelum proses perakitan. Pada aktivitas *Welding*, keterlambatan dipengaruhi oleh keterbatasan tenaga *welder*, antrean pekerjaan pengelasan, serta adanya pekerjaan perbaikan hasil las (*repair Welding*). Sementara itu, keterlambatan pada aktivitas *Visual (Grinding)* terjadi akibat menunggu penyelesaian proses *Welding* serta adanya perbaikan permukaan hasil pengelasan sebelum dilakukan inspeksi kualitas. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa faktor dominan penyebab keterlambatan proyek berasal dari keterbatasan sumber daya produksi di *workshop* dan keterlambatan pada tahap awal proses fabrikasi, khususnya aktivitas *Cutting*. Keterlambatan pada aktivitas tersebut kemudian menimbulkan efek berantai terhadap aktivitas berikutnya karena seluruh pekerjaan berada pada jalur kritis (*critical path*), sehingga menyebabkan durasi aktual proyek menjadi lebih panjang dibandingkan durasi yang direncanakan menggunakan *Microsoft Project*.

Interpretasi: Aktivitas *Cutting* merupakan penyebab utama keterlambatan proyek dengan kontribusi hampir 76% dari total keterlambatan, sehingga upaya perbaikan jadwal dan peningkatan produktivitas sebaiknya difokuskan pada aktivitas tersebut untuk mengurangi potensi keterlambatan pada proyek sejenis di masa mendatang.

3.7 Kesimpulan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis penjadwalan menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* pada *Microsoft Project* dan perbandingannya dengan data aktual pelaksanaan pekerjaan *Actual Pipe support*, dapat disimpulkan bahwa jalur kritis proyek terdiri dari aktivitas *Cutting*, *FIT-UP*, *Welding*, *Visual (Grinding)*, *NDT (Visual Inspection)*, dan *Release*. Seluruh aktivitas tersebut memiliki nilai *float* sebesar nol sehingga setiap keterlambatan yang terjadi pada salah satu aktivitas akan secara langsung memengaruhi durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft Project* menunjukkan total durasi proyek sebesar 294 jam kerja, sedangkan berdasarkan data aktual untuk penyelesaian 49 unit *pipe support* diperoleh total durasi sebesar 1.281 jam kerja.

4 Daftar Pustaka

- [1] H. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, 12th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2017.
- [2] F. Almaziad, A. Alshibani, M. Julaih, A. Adress, and O. Alshamrani, "Identifying and Ranking the Root Causes of Schedule Delays in Oil and Gas Pipeline Construction Projects," *Energies*, vol. 16, no. 1, p. 283, Dec. 2022, doi: 10.3390/en16010283.
- [3] *Project Management Institute*, A Guide to the *Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7th ed. Newtown Square, PA: PMI, 2021.
- [4] U. B. Danfalani, M. M. Yawa, R. B. Z. Joshua, A. Yakubu, and S. I. Digil, "Application of *Critical Path Method (CPM)* to Optimal *Project Scheduling*: A Case of Mosul Building Company, Yola North Local Government Adamawa State, Nigeria," *FUDMA Journal of Sciences*, vol. 7, no. 5, pp. 186–192, 2023.
- [5] A. Mansur, K. Suleiman, M. Hassan, and N. I. Isma'il, "Utilizing CPM and PERT in *Project Planning and Scheduling*, Incorporating Linear Programming," *International Journal of Scientific Research in Mathematical and Statistical Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 6–10, Feb. 2024, doi: 10.26438/ijrmss/v11i1.610.
- [6] J. E. Kelley Jr. and M. R. Walker, "Critical-path planning and scheduling," in *Proc. Eastern Joint Computer Conf.*, 1959, pp. 160–173.
- [7] N. Maniarasan, N. Muthukumar, and S. S. Arunkumar, "Management of Factors Leading to Delay *Construction Project*: The Case of *Offshore Projects*," *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, vol. 7, no. 11, pp. 1255–1262, Nov. 2022.
- [8] K. Itani, "Mastering *Construction Schedules*: The Power of CPM and PERT Integration," *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, vol. 10, no. 4, pp. 356–365, Oct. 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.56111.
- [9] O. F. Okoh et al., "Construction Management: Some Issues in the *Construction Project*," *Eng. Herit. J.*, vol. 8, no. 1, pp. 42–50, Jan. 2024.
- [10] A. Rauzana and D. A. Usni, "Kajian Faktor-Faktor Penyebab Rendahnya Kinerja Mutu pada Proyek Konstruksi di Provinsi Aceh," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 26, no. 2, 2020.