

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi Jalan

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu bangunan atau infrastruktur sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah direncanakan dalam batasan biaya, mutu, dan waktu tertentu. Setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik yang unik karena dipengaruhi oleh kondisi lokasi, sumber daya yang tersedia, metode pelaksanaan, serta lingkungan proyek yang berbeda-beda.

Menurut Soeharto (1999), proyek konstruksi adalah suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan tujuan menghasilkan produk konstruksi yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam pelaksanaannya, proyek konstruksi memerlukan pengelolaan sumber daya secara efektif agar sasaran proyek dapat tercapai sesuai dengan rencana.

Salah satu jenis proyek konstruksi yang memiliki peranan penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur adalah proyek jalan. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang berfungsi untuk menunjang mobilitas manusia dan distribusi barang sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi dan perkembangan wilayah. Oleh karena itu, pembangunan dan pemeliharaan jalan harus dilakukan secara efektif dan efisien agar dapat memberikan manfaat yang optimal bagi masyarakat.

Pada proyek rekonstruksi jalan, pekerjaan perkerasan merupakan salah satu pekerjaan utama yang memerlukan penggunaan alat berat dalam jumlah yang cukup besar. Penggunaan alat berat bertujuan untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan, meningkatkan kualitas hasil pekerjaan, dan mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual. Kinerja alat berat yang

digunakan akan sangat mempengaruhi keberhasilan pelaksanaan proyek, terutama dari aspek waktu dan produktivitas.

Keberhasilan pelaksanaan proyek jalan sangat dipengaruhi oleh penggunaan sumber daya yang tersedia, terutama alat berat. Penggunaan alat berat pada pekerjaan jalan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan, mempercepat waktu pelaksanaan, dan menghasilkan mutu pekerjaan yang sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan.

Berikut ini merupakan ciri-ciri proyek menurut Soeharto (1999):

1. Jumlah biaya, sasaran jadwal dan kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan;
2. Memiliki maksud tujuan khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir;
3. Bersifat hanya sementara, dalam artian umurnya di batas oleh selesainya tugas, titik awal maupun akhir di tentukan dengan jelas;
4. Non rutin, tidak adanya berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan sejauh dan sepanjang proyek berjalan.

Tabel 3. 1 Karakteristik Proyek Konstruksi

No	Karakteristik	Keterangan
1	Bersifat Sementara	Memiliki waktu mulai dan selesai yang jelas
2	Memili tujuan tertentu	Menghasilkan produk konstruksi sesuai spesifikasi
3	Memerlukan sumber daya	Tenaga kerja, material, alat, biaya, dan waktu
4	Bersifat unik	Setiap proyek memiliki kondisi yang berbeda
5	Mengandung risiko	Dipengaruhi faktor teknis dan nonteknis

Sumber : Soeharto (1999)

3.2 Alat Berat

Di dunia teknik sipil, alat berat memainkan peran krusial sebagai perangkat yang dirancang untuk mendukung dan mempermudah pelaksanaan berbagai tugas dalam proyek pembangunan. Alat berat, seperti excavator, bulldozer, dan crane, sangat penting dalam proyek konstruksi maupun kegiatan berskala besar lainnya karena kemampuannya untuk menangani pekerjaan yang memerlukan tenaga dan kapasitas yang jauh melampaui kemampuan manual manusia. Secara umum, alat berat digunakan untuk menyederhanakan dan mempercepat proses pelaksanaan proyek konstruksi yang memerlukan pengangkatan, pemindahan, penggalian, dan pengerjaan material berat. Dengan mengandalkan alat berat, proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode manual, yang pada gilirannya mengurangi durasi keseluruhan proyek. Kecepatan yang lebih tinggi ini tidak hanya mempercepat waktu penyelesaian tetapi juga berkontribusi pada penghematan biaya operasional, karena waktu kerja yang lebih efisien mengurangi biaya tenaga kerja dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Selain efisiensi waktu dan biaya, penggunaan alat berat juga berperan dalam meningkatkan kualitas pekerjaan. Alat berat dirancang untuk memberikan akurasi dan konsistensi yang sulit dicapai dengan metode manual, sehingga menghasilkan pekerjaan yang lebih presisi dan berkualitas tinggi. Dengan kemampuan untuk mengerjakan tugas-tugas berat secara lebih presisi dan efisien, alat berat membantu mencapai hasil akhir proyek yang memenuhi standar teknis dan estetika yang diinginkan. Secara keseluruhan, alat berat bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan proyek, memungkinkan manusia untuk menyelesaikan tugas yang kompleks dan berat dengan lebih mudah dan cepat. Ini memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan dengan hasil yang optimal, efisiensi biaya, dan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Dengan demikian, alat berat merupakan komponen esensial dalam mencapai kesuksesan dalam proyek konstruksi dan pembangunan (Faizah et al., 2022).

Dalam proses pembangunan jalan, penggunaan alat berat merupakan aspek yang sangat penting untuk mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi dan memastikan bahwa target yang telah ditetapkan dapat tercapai. Alat berat memungkinkan pengerjaan tugas-tugas berat dan kompleks dengan lebih cepat dibandingkan metode manual, sehingga mempercepat proses konstruksi dan mengurangi durasi proyek. Keuntungan dari penggunaan alat berat mencakup tenaga yang besar, efisiensi ekonomi, dan mutu hasil kerja yang lebih baik. Alat berat dirancang untuk menangani beban berat dan volume material yang besar, sehingga mampu menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual. Selain itu, penggunaan alat berat yang tepat dapat menurunkan biaya operasional secara keseluruhan, karena mengurangi waktu pengerjaan dan meminimalkan kesalahan yang dapat terjadi dengan metode manual. Mutu hasil kerja juga meningkat, karena alat berat dapat memberikan presisi dan konsistensi yang sulit dicapai tanpa bantuan alat. Namun, untuk memaksimalkan efisiensi dan produktivitas alat berat, penggunaan alat harus dilakukan dengan hati-hati dan terencana. Pengguna harus memiliki keahlian dan pengetahuan mendalam tentang berbagai aspek alat berat, termasuk kemampuan alat, jenis-jenis alat yang tersedia, keterbatasan masing-masing alat, serta biaya operasional yang terkait. Keahlian dalam memilih dan mengoperasikan alat yang tepat untuk jenis pekerjaan tertentu sangat penting untuk mengoptimalkan performa alat dan menghindari pemborosan. Produktivitas alat berat juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis atau tipe alat yang digunakan, metode kerja yang diterapkan, kondisi lapangan tempat alat beroperasi, dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Memahami bagaimana masing-masing faktor ini mempengaruhi kinerja alat dapat membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek yang lebih efisien. Dengan perencanaan yang matang dan pemanfaatan alat berat yang efektif, proyek konstruksi dapat dikelola dengan lebih baik, memastikan penyelesaian sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, anggaran yang disusun, dan standar kualitas yang diharapkan. Perencanaan yang matang mencakup penentuan kebutuhan alat berat yang

sesuai dengan jenis dan skala proyek, penjadwalan penggunaan alat untuk menghindari tumpang tindih atau waktu yang tidak efisien, serta pengelolaan sumber daya secara optimal. Pemilihan alat berat yang tepat dan penempatan alat di lokasi yang strategis dapat mengurangi waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk setiap tahap pekerjaan. Dengan perencanaan yang detail, termasuk perhitungan kapasitas dan kemampuan alat, serta pengaturan logistik yang efisien, proyek dapat berjalan dengan lancar, meminimalkan risiko keterlambatan, dan menghindari biaya tambahan yang tidak perlu. Efektivitas penggunaan alat berat juga melibatkan pelatihan operator dan pemeliharaan rutin, yang memastikan alat beroperasi pada performa terbaiknya dan mengurangi kemungkinan kerusakan atau downtime. Operator yang berpengalaman dan terlatih dapat memanfaatkan fitur alat berat dengan maksimal, meningkatkan produktivitas, dan memastikan hasil kerja sesuai dengan spesifikasi teknis. Selain itu, pemanfaatan teknologi dan metode terbaru dalam perencanaan dan pelaksanaan dapat lebih meningkatkan efisiensi. Misalnya, penggunaan perangkat lunak manajemen proyek untuk memantau kemajuan, mengatur sumber daya, dan berkomunikasi dengan tim proyek secara real-time dapat membantu mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah sebelum berkembang menjadi kendala yang lebih besar. Secara keseluruhan, pendekatan yang terencana dan pengelolaan alat berat yang efektif tidak hanya mendukung penyelesaian proyek sesuai jadwal dan anggaran, tetapi juga memastikan bahwa hasil akhir memenuhi standar kualitas yang tinggi. Ini berkontribusi pada kepuasan klien dan kesuksesan proyek, serta meningkatkan reputasi dan kredibilitas kontraktor dalam industri konstruksi (Faizah et al., 2022).

3.3 Manajemen Alat Berat

Pemilihan alat berat merupakan langkah kritis dalam tahap perencanaan proyek konstruksi, di mana keputusan tentang jenis, jumlah, dan kapasitas alat menjadi faktor penentu kesuksesan proyek. Tidak semua alat berat cocok untuk setiap jenis proyek; oleh karena itu, pemilihan yang tepat sangat penting untuk

memastikan bahwa proyek berjalan sesuai rencana. Setiap jenis alat berat memiliki spesifikasi dan fungsi tertentu yang membuatnya lebih cocok untuk tugas-tugas tertentu. Jika kesalahan terjadi dalam pemilihan alat berat, dampaknya dapat signifikan. Salah memilih alat dapat menyebabkan berbagai masalah selama pelaksanaan proyek, termasuk keterlambatan yang dapat memperpanjang waktu penyelesaian proyek. Misalnya, alat yang tidak sesuai mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan tugas atau mungkin tidak dapat menangani volume pekerjaan yang direncanakan, menyebabkan kemacetan dan penurunan produktivitas (Sangadji et al., 2021).

Pada pelaksanaan suatu proyek, terdapat faktor yang mempengaruhi ketersediaan dari sumber daya yang nantinya akan berdampak pada efektifitas dan efisiensi pelaksanaan suatu proyek, baik waktu pelaksanaan maupun biaya pelaksanaan proyek. Salah satu sumber daya yang berperan penting adalah alat berat. Kontribusi dari alat berat yang penting dan juga biaya pemakaian yang relatif mahal sehingga manajemen yang baik dan benar dalam pemberdayaannya sangat dibutuhkan. Dalam penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan situasi dan kondisi lapangan pekerjaan akan mengakibatkan kerugian seperti produktivitas yang rendah, pembengkakan biaya proyek karena perbaikan dan perawatan, dan target waktu yang direncanakan tidak tercapai.

Kontraktor yang menggunakan alat berat yang sudah tua atau usang sering kali menghadapi tantangan besar terkait dengan kerusakan yang sering terjadi. Alat berat yang tidak diperbarui atau dirawat dengan baik cenderung mengalami gangguan teknis dan kerusakan yang lebih sering dibandingkan dengan alat yang lebih baru dan modern. Ketika alat berat mengalami kerusakan, proyek konstruksi harus dihentikan untuk sementara waktu guna melakukan perbaikan atau pemeliharaan, yang dapat menyebabkan penundaan signifikan dalam jadwal proyek. Penundaan ini memiliki dampak yang luas, tidak hanya pada waktu yang direncanakan untuk penyelesaian proyek, tetapi juga pada anggaran dan keseluruhan efisiensi operasional. Setiap periode penghentian akibat

kerusakan alat dapat mengakibatkan penambahan biaya untuk perbaikan dan mungkin bahkan biaya tambahan untuk sewa alat pengganti. Selain itu, penghentian pekerjaan juga mempengaruhi produktivitas tim kerja, yang harus menunggu alat diperbaiki sebelum dapat melanjutkan pekerjaan mereka. Pengaruh kerusakan alat berat yang sering juga dapat menghambat kemajuan proyek secara keseluruhan, menyebabkan penundaan dalam penyelesaian tahapan proyek dan, pada akhirnya, dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan. Hal ini dapat mengganggu jadwal yang telah disepakati dengan klien, memengaruhi reputasi kontraktor, dan berpotensi menimbulkan masalah dalam hubungan dengan pihak-pihak terkait, termasuk pemilik proyek dan subkontraktor (Syauki et al., 2017).

Dalam pekerjaan konstruksi jalan, terdapat beberapa faktor kritis yang harus diperhatikan untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan proyek. Pertama, jenis konstruksi jalan yang dipilih apakah itu jalan beraspal, beton, atau jenis konstruksi lain memengaruhi spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan. Setiap jenis konstruksi memiliki persyaratan yang berbeda terkait material, teknik, dan alat yang digunakan. Alat-alat berat yang digunakan dalam proyek juga memegang peranan penting. Pemilihan alat berat yang tepat sesuai dengan jenis pekerjaan dan kondisi lapangan dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proyek. Penting untuk memiliki pengetahuan mendalam mengenai kapasitas dan kemampuan setiap alat berat, termasuk kapasitas angkut, kecepatan kerja, dan kekuatan alat. Memahami kemampuan alat berat memastikan bahwa peralatan dapat bekerja secara optimal tanpa mengalami kelebihan beban yang dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan performa. Selain itu, pengelolaan alat berat harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari pemborosan tenaga kerja, modal, dan sumber daya lainnya. Pemborosan dapat terjadi jika alat tidak digunakan secara efisien, seperti pemilihan alat yang tidak sesuai atau operasi yang tidak optimal. Misalnya, alat berat yang tidak memadai untuk ukuran proyek dapat memperlambat kemajuan pekerjaan, meningkatkan waktu penyelesaian, dan menambah biaya operasional. Dengan memastikan bahwa alat berat yang digunakan sesuai

dengan kebutuhan proyek, serta memiliki pemahaman yang baik tentang kapasitas dan kemampuan alat, kontraktor dapat menghindari pemborosan dan meningkatkan produktivitas. Selain itu, perencanaan yang matang dan pengelolaan yang efektif dari peralatan kerja membantu memenuhi kebutuhan proyek secara keseluruhan, termasuk efisiensi biaya, waktu penyelesaian, dan kualitas hasil akhir konstruksi jalan. Ini akan mendukung keberhasilan proyek, kepuasan klien, dan optimalisasi sumber daya yang tersedia (Supit, 2020).

Pemilihan alat berat sangat vital terhadap keberlangsungan suatu proyek. Alat berat yang digunakan harus tepat sehingga pengerjaan proyek berjalan sesuai rencana. Kesalahan dalam pemilihan alat berat akan mengakibatkan manajemen proyek yang tidak efektif dan efisien. Sehingga dengan demikian akan terjadi keterlambatan dan penambahan biaya suatu proyek apabila dilakukan pengadaan alat berat lainnya. Dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga menghindari kesalahan dalam memilih alat berat. Faktor faktor dari pemilihan alat berat adalah sebagai berikut:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkat, meratakan permukaan, dan lain-lain.
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
4. Pembatasan dari metode yang di pakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang di pakai dapat membuat pemilihan alat berat berubah.

5. **Ekonomi.** Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan biaya pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat pada suatu proyek konstruksi.
6. **Jenis proyek.** Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek jembatan, gedung, pelabuhan, jalan, bandar udara, irigasi, pembuka hutan, dan sebagainya.
7. **Lokasi proyek.** Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek didataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
8. **Jenis dan daya dukung tanah.** Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan di kerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai, tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
9. **Kondisi lapangan.** Kondisi lapangan dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Tabel 3. 2 Aspek Manajemen Alat Berat

No	Aspek	Tujuan
1	Pemilihan alat	Menyesuaikan alat dengan jenis pekerjaan
2	Penentuan jumlah alat	Menjamin keseimbangan produksi
3	Penjadwalan alat	Mengoptimalkan waktu penggunaan alat
4	Pemeliharaan alat	Mengurangi kerusakan dan downtime
5	Pengawasan operasional	Menjaga produktivitas alat

Sumber : Rochmandi (1992)

3.4 Jenis Alat Berat Pada Pekerjaan Perkerasan Aspal

1. *Dump Truck*

Dump truck adalah alat yang sangat penting dalam industri konstruksi, terutama untuk pengangkutan material seperti aspal dari pabrik atau asphalt

mixing plant ke lokasi pengaspalan. Selain efisiensinya dalam pengangkutan jarak jauh, dump truck juga dikenal karena kemampuannya yang bervariasi dalam menampung dan mengangkut berbagai jenis material. Untuk memahami bagaimana dump truck dapat dioptimalkan dalam penggunaannya, penting untuk mengenal dua jenis kapasitas yang ada pada bak penampung truck: struck capacity dan heaped capacity (Aoliya, 2021). Struck capacity (Kapasitas Peres) adalah ukuran kapasitas bak dump truck ketika muatan diisi hingga mencapai ketinggian bak tanpa melebihi batasnya. Ini adalah metode pengukuran yang digunakan ketika material di dalam bak cenderung datar dan tidak menggunung. Material dengan daya lekat rendah, seperti pasir dan krikil, umumnya lebih cocok diangkut dengan kapasitas peres. Karena sifat material ini yang mudah mengalir dan tidak mudah menumpuk di atas batas bak, kapasitas peres memberikan estimasi yang lebih akurat tentang volume yang dapat diangkut secara efektif. Dalam konteks pengangkutan jarak jauh, menggunakan kapasitas peres dapat membantu memastikan bahwa material tetap terdistribusi dengan merata dan mengurangi risiko tumpahan atau kehilangan material. Sebaliknya, heaped capacity (Kapasitas Menunjang) mengukur kapasitas bak dump truck ketika muatan dibiarkan menggunung melebihi batas ketinggian bak. Kapasitas ini memberikan estimasi volume material yang lebih besar karena muatan dapat menumpuk lebih tinggi di atas tepi bak. Material dengan daya lekat tinggi, seperti tanah liat, biasanya memanfaatkan kapasitas heaped. Tanah liat, dengan daya lekat antar butir yang signifikan, dapat menumpuk lebih tinggi tanpa mengalami penurunan yang signifikan dalam volume, sehingga memungkinkan pengangkutan lebih banyak material dalam satu trip. Penggunaan kapasitas heaped sangat menguntungkan dalam situasi di mana efisiensi pengangkutan sangat penting, terutama dalam proyek besar di mana mengurangi jumlah trip dapat menghemat waktu dan biaya. Pemilihan jenis kapasitas pengangkutan baik struck capacity maupun heaped capacity harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti kondisi lapangan, volume material yang akan diangkut, waktu yang tersedia, dan

biaya operasional. Misalnya, medan yang tidak rata atau jalan yang sempit mungkin memerlukan pertimbangan khusus dalam memilih dump truck yang tepat dengan kapasitas yang sesuai. Volume material yang besar mungkin lebih efisien menggunakan kapasitas heaped untuk mengurangi jumlah trip. Selain itu, perhitungan biaya harus mencakup tidak hanya biaya bahan bakar dan perawatan tetapi juga potensi risiko dan kerugian dari muatan yang tidak terjaga dengan baik.

Dengan memahami perbedaan antara struck capacity dan heaped capacity serta bagaimana faktor-faktor ini mempengaruhi pilihan pengangkutan yang tepat, proyek konstruksi dapat meminimalkan risiko terkait dengan penanganan material, proyek konstruksi dapat lebih efisien dalam perencanaan dan pelaksanaan pengangkutan material, sehingga mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan kualitas pekerjaan (Aoliya, 2021).

2. *Asphalt Finisher*

Menurut Kaseke (2008), alat ini merupakan traktor beroda ban ataupun crawler yang dilengkapi dengan suatu sistem yang berfungsi untuk menghamparkan campuran aspal di atas permukaan pondasi jalan. Paver dengan roda ban sebaiknya dipilih jika pada pengaspalan jalan alat tersebut sering dipindahkan. Hal ini karena paver beroda crawler lebih stabil. Paver dengan roda ban lebih cocok digunakan dalam proyek pengaspalan di mana alat perlu sering dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Desain beroda ban memberikan fleksibilitas dan mobilitas yang diperlukan untuk memindahkan alat dengan cepat dan efisien di berbagai area konstruksi. Di sisi lain, paver dengan roda crawler lebih menguntungkan untuk kondisi jalan yang memiliki kemiringan, baik menanjak maupun menurun. Roda crawler memberikan kestabilan yang lebih baik pada medan yang tidak rata atau berbukit, mengurangi risiko tergelincir atau kehilangan kontrol. Kemampuan paver beroda crawler untuk mendistribusikan berat secara merata membantu menjaga kestabilan dan presisi selama proses penghamparan, yang sangat penting untuk mencapai hasil akhir yang

berkualitas tinggi pada permukaan jalan dengan kemiringan atau kontur yang menantang.

Di bagian depan dari asphalt finisher, terdapat komponen penting yang dikenal sebagai hopper, yang berfungsi sebagai tempat penerima campuran aspal dari berbagai jenis truk pengangkut, seperti bottom dump truck atau rear dump truck. Hopper ini dirancang untuk menampung dan menyimpan campuran aspal yang baru tiba dari truk, sehingga memudahkan proses pemindahan material ke bagian alat yang selanjutnya. Setelah campuran aspal diterima oleh hopper, proses penghamparan dimulai. Campuran aspal kemudian dipindahkan ke permukaan pondasi jalan melalui dua komponen utama: auger dan conveyor. Auger adalah sistem pengaduk berulir yang berfungsi untuk mengangkut aspal dari hopper ke bagian depan finisher dengan cara yang teratur dan berkelanjutan. Auger memastikan bahwa campuran aspal terdistribusi secara merata dan tidak terhambat, sehingga meminimalkan kemungkinan adanya kekosongan atau ketidakmerataan pada lapisan aspal. Selanjutnya, conveyor atau ban berjalan berperan dalam memindahkan aspal dari auger ke area penghamparan yang diinginkan. Conveyor ini menggerakkan campuran aspal dengan kecepatan yang dapat diatur, memastikan bahwa aspal disebar secara merata di sepanjang permukaan jalan sesuai dengan ketebalan dan spesifikasi yang dibutuhkan. Proses ini penting untuk memastikan bahwa lapisan aspal yang dihasilkan memiliki kepadatan dan ketebalan yang konsisten, serta permukaan yang halus dan rata. Dengan adanya sistem hopper, auger, dan conveyor yang terintegrasi dengan baik, asphalt finisher dapat secara efisien menghamparkan campuran aspal dengan kualitas tinggi, memenuhi standar teknis dan estetik yang diperlukan dalam pembangunan jalan. Sistem ini membantu dalam mengoptimalkan alur kerja, mengurangi waktu downtime, dan meningkatkan keseluruhan produktivitas proyek pengaspalan (Kulo, 2017).

3. *Tandem Roller*

Tandem roller adalah alat berat yang dirancang khusus untuk memadatkan lapisan aspal yang telah dihamparkan sebelumnya oleh asphalt finisher, dan sangat penting dalam memastikan kualitas permukaan jalan yang optimal. Alat ini mudah dikenali berkat desain khasnya, yang terdiri dari dua roda besar berbahan besi bulatsatu di bagian depan dan satu di bagian belakang. Roda-roda ini berperan krusial dalam proses pemadatan aspal, karena bahan besi yang kuat dapat memberikan tekanan yang merata dan efektif, serta membantu meratakan aspal dengan efisiensi tinggi. Namun, tandem roller memiliki keterbatasan dalam penggunaannya. Alat ini tidak cocok digunakan pada permukaan batuan keras dan tajam karena risiko kerusakan pada roda besinya. Permukaan yang kasar atau tidak rata dapat menyebabkan kerusakan serius pada roda, mengurangi efektivitas alat dan memperpendek umur pakai. Proses pemadatan dengan tandem roller terjadi melalui dua mekanisme utama: getaran dan berat alat itu sendiri. Getaran yang dihasilkan oleh tandem roller membantu mengurangi gelembung udara dan menyatukan partikel-partikel aspal, memastikan kepadatan yang merata di seluruh permukaan. Selain itu, berat alat tersebut memberikan tekanan tambahan yang memperkuat pemadatan, menghasilkan permukaan jalan yang padat dan tahan lama. Kombinasi antara getaran dan berat alat dalam tandem roller memastikan bahwa lapisan aspal yang terhampar memperoleh kualitas pemadatan yang optimal, yang berpengaruh signifikan terhadap kekuatan struktural dan ketahanan permukaan jalan. Getaran yang dihasilkan oleh tandem roller berfungsi untuk menghilangkan gelembung udara dan menyatukan partikel aspal secara lebih efektif, sementara berat alat memberikan tekanan tambahan yang memastikan material aspal menempel dengan kuat pada permukaan jalan.

Permukaan jalan yang padat dan terkompresi dengan baik dapat menahan tekanan dari beban lalu lintas yang berat tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Selain itu, pemadatan yang optimal juga meningkatkan ketahanan jalan terhadap perubahan cuaca yang ekstrem, seperti suhu tinggi,

hujan deras, dan pembekuan. Permukaan yang kuat dan stabil ini mengurangi risiko terjadinya retak atau kerusakan permukaan yang dapat mengganggu kenyamanan berkendara dan keamanan.

4. *Pneumatic Tired Roller*

Pneumatic tired roller adalah alat berat yang digunakan dalam pemadatan aspal dengan cara yang mirip dengan tandem roller, tetapi memiliki perbedaan signifikan pada jenis roda yang digunakan. Sementara tandem roller menggunakan roda berbahan besi, pneumatic tired roller dilengkapi dengan roda berbahan karet di bagian depan dan belakang. Alat ini memiliki empat roda karet di bagian belakang dan depan, yang memberikan keuntungan tambahan dalam proses pemadatan. Roda karet pada pneumatic tired roller dirancang untuk menghaluskan permukaan aspal secara efektif. Material karet pada roda memberikan kontak yang lebih baik dengan permukaan aspal, mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada permukaan aspal yang mungkin terjadi dengan roda besi. Selain itu, karet juga membantu mendistribusikan tekanan lebih merata, yang berkontribusi pada hasil pemadatan yang lebih halus dan seragam. Sebagai alat finishing, pneumatic tired roller memainkan peran penting dalam menyelesaikan pekerjaan pengaspalan.

Proses pemadatan menggunakan alat ini melibatkan dua metode utama: kneading action dan static weight. Kneading action merujuk pada teknik di mana roda karet memadatkan aspal melalui gerakan yang mirip dengan menguleni, yang membantu menghilangkan rongga udara dan meningkatkan kekompakan aspal. static weight, atau berat statis, mengacu pada penggunaan berat alat itu sendiri untuk memberikan tekanan tambahan pada permukaan aspal, memperkuat pemadatan (Kulo, 2017).

3.5 Produktivitas Alat Berat

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Produktivitas merupakan kemampuan untuk menghasilkan sesuatu, sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat

berat adalah kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu persatuan waktu.

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas per jam dari alat yang diperlukan adalah produktivitas standar alat dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja, Produktivitas adalah ukuran kemampuan peralatan untuk memproduksi berupa hasil kerjanya yang aktual per satuan waktu kerja efektif.

Untuk menggunakan alat berat secara efisien beberapa perlu diketahui yaitu jenis alat, kemampuan alat, keterbatasan alat, dan biaya operasional alat. Produktivitas alat bergantung pada jenis alat, metode kerja, kondisi medan kerja dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Untuk mengetahui produktivitas, aspek tersebut sangat berkaitan, kemudian untuk dapat menganalisis produktivitas alat berat harus sesuai dengan teori dan tahapan analisis yang tepat (Ewal et al., 2020).

Produktivitas adalah ukuran yang menggambarkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam menghasilkan output, dan didefinisikan sebagai perbandingan antara hasil produksi (output) dengan komponen produksi (input) yang digunakan. Komponen produksi yang dimaksud meliputi tenaga kerja, bahan baku, peralatan, dan waktu. Dalam analisis produktivitas, rasio ini sering kali dievaluasi berdasarkan hasil produksi terhadap komponen produksi dan waktu yang digunakan, seperti jam kerja atau hari kerja. Ketika komponen produksi dan waktu yang dibutuhkan relatif kecil, dan hasil produksi meningkat, maka produktivitas akan semakin tinggi. Artinya, jika suatu proses dapat menghasilkan lebih banyak output dengan penggunaan sumber daya yang lebih sedikit, maka produktivitasnya akan meningkat.

Dalam pekerjaan perkerasan aspal, produktivitas alat berat sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan proyek karena seluruh alat bekerja secara berkesinambungan dalam satu rangkaian proses pekerjaan. Apabila salah satu alat memiliki produktivitas yang rendah, maka akan mempengaruhi

produktivitas alat lainnya dan berpotensi menyebabkan keterlambatan pekerjaan.

Secara umum, produktivitas alat berat dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{Q}{T} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

P = Produktivitas alat

Q = Volume alat

T = Waktu Kerja

Satuan produktivitas dapat berupa ton/jam, m^3 /jam, m^2 /jam sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.

3.5.1 Produktivitas Rencana

1. Produktivitas Dump Truck

Dump Truck merupakan alat yang berfungsi untuk mengangkut campuran aspal panas dari Asphalt Mixing Plant (AMP) menuju lokasi pekerjaan. Produktivitas dump truck dipengaruhi oleh kapasitas bak angkut, waktu pemuatan, waktu perjalanan menuju lokasi pekerjaan, waktu pembongkaran material, dan waktu kembali menuju Asphalt Mixing Plant (AMP).

Menurut Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023, produktivitas dump truck dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{C \times 60 \times Fa}{CT} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas dump truck (ton/jam)

C = Kapasitas bak dump truck (ton)

Fa = Faktor efisiensi alat

CT = Waktu siklus (menit)

Waktu siklus dump truck terdiri atas :

$$CT = T_m + T_p + T_b + T_k \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

T_m = Waktu muat (menit)

T_p = Waktu perjalanan menuju lokasi pekerjaan (menit)

T_b = Waktu bongkar (menit)

T_k = Waktu kembali ke AMP

Semakin kecil waktu siklus yang dibutuhkan, maka produktivitas dump truck akan semakin tinggi.

Tabel 3. 3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Dump Truck

No	Faktor	Pengaruh
1	Kapasitas bak	Semakin besar kapasitas, produktivitas meningkat
2	Jarak angkut	Semakin jauh jarak, produktivitas menurun
3	Kondisi jalan	Jarak buruk memperlambat perjalanan
4	Waktu bongkar	Semakin lama bongkar, produktivitas menurun
5	Faktor efisiensi alat	Menentukan tingkat efektivitas operasi

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

2. Produktivitas Asphalt Finisher

Asphalt Finisher merupakan alat yang digunakan untuk menghampar campuran aspal secara merata sesuai dengan ketebalan dan lebar yang direncanakan. Produktivitas asphalt finisher dipengaruhi oleh kecepatan penghamparan, lebar hamparan, ketebalan lapisan, dan faktor efisiensi alat.

Menurut Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023, Produktivitas Asphalt Finisher dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V \times W \times T \times Fa \times 60}{100} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas aphalt finisher (ton/jam)

V = Kecepatan alat (m/menit)

W = Lebar hamparan (m)

T = Tebal hamparan padat(cm)

Fa = Faktor efisiensi alat

Produktivitas asphalt Finisher berbanding lurus dengan kecepatan alat dan lebar hamparan. Semakin besar lebar hamparan dan semakin tinggi kecepatan alat, maka produktivitas yang dihasilkan akan semakin besar.

Tabel 3. 4 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Asphalt Finisher

No	Faktor	Pengaruh
1	Kecepatan alat	Menentukan kapasitas hamparan
2	Lebar hamparan	Semakin lebar, produktivitas meningkat
3	Ketebalan lapisan	Mempengaruhi volume pekerjaan
4	Ketersediaan material	Menghindari berhentinya alat
5	Faktor efisiensi alat	Menentukan efektivitas operasi

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

3. Produktivitas Tandem Roller

Tandem Roller merupakan alat pemadat yang menggunakan dua drum baja untuk menghasilkan tekanan pada lapisan aspal. Alat ini berfungsi melakukan pemadatan awal sehingga campuran aspal mencapai tingkat kepadatan yang direncanakan.

Menurut Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023, Produktivitas tandem roller dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V \times W \times 100 \times Fa}{N} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas tandem roller (m^2 /jam)

V = Kecepatan alat (km/menit)

W = Lebar efektif pemadatan (m)

Fa = Faktor efisiensi alat

N = Jumlah lintasan

Produktivitas tandem roller dipengaruhi oleh jumlah lintasan yang diperlukan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan. Semakin banyak lintasan yang diperlukan, maka produktivitas alat akan semakin rendah.

Tabel 3. 5 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tandem Roller

No	Faktor	Pengaruh
1	Kecepatan alat	Menentukan luas pemadatan
2	Lebar drum	Menentukan lebar kerja efektif
3	Jumlah lintasan	Semakin banyak lintasan, produktivitas menurun
4	Kondisi permukaan	Mempengaruhi kecepatan kerja
5	Faktor efisiensi alat	Menentukan efektivitas operasi

Sumber :Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

4. Produktivitas Pneumatic Tire Roller (PTR)

Pneumatic Tire Roller (PTR) merupakan alat pemadat yang menggunakan roda karet sebagai media pemadatan. Alat ini berfungsi

untuk menghasilkan kepadatan yang lebih merata secara menutup rongga – rongga yang masih terdapat pada lapisan aspal.

Menurut Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023, Produktivitas Pneumatic Tire Roller dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V \times W \times 100 \times Fa}{N} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas tandem roller (m^3 /jam)

V = Kecepatan alat (km/menit)

W = Lebar efektif pemadatan (m)

Fa = Faktor efisiensi alat

N = Jumlah lintasan

Produktivitas PTR dipengaruhi oleh jumlah lintasan pemadatan, tekanan ban, kecepatan operasi, dan kondisi lapisan perkerasan yang dipadatkan.

Tabel 3. 6 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas PTR

No	Faktor	Pengaruh
1	Kecepatan alat	Menentukan luas pemadatan
2	Lebar kerja	Menentukan kapasitas Kerja
3	Tekanan ban	Mempengaruhi kualitas pemadatan
4	Jumlah lintasan	Semakin banyak lintasan, produktivitas menurun
5	Faktor efisiensi alat	Menentukan efektivitas operasi

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

3.5.2 Produktivitas Aktual

Produktivitas aktual merupakan produktivitas yang diperoleh berdasarkan hasil pekerjaan yang benar-benar dicapai selama pelaksanaan prouek.

Produktivitas aktual dihitung menggunakan data realisasi pekerjaan di lapangan yang meliputi volume pekerjaan dan waktu kerja alat.

Sesuai dengan batasan masalah penelitian, analisis produktivitas didasarkan pada perbandingan antara output pekerjaan dengan waktu kerja alat dilapangan.

Produktivitas aktual dapat dihitung dengan persamaan :

$$Pa = \frac{Qa}{Ta} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

Pa = Produktivitas aktual

Qa = Volume Pekerjaan alat

Ta = Waktu kerja aktual

Satuan produktivitas yang digunakan disesuaikan dengan jenis alat dan pekerjaan yang dianalisis seperti :

1. Ton/jam untuk dump truck.
2. Ton/jam untuk asphalt finisher.
3. m^2 /jam untuk tandem roller.
4. m^2 /jam untuk pneumatic tire roller.

Produktivitas aktual mencerminkan kemampuan nyata alat dalam menyelesaikan pekerjaan berdasarkan kondisi lapangan sesungguhnya.

3.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Produktivitas alat berat merupakan salah satu indikator penting yang digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan penggunaan alat dalam suatu proyek konstruksi. Tingkat produktivitas alat tidak hanya ditentukan oleh kapasitas alat itu sendiri, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis maupun nonteknis yang terjadi selama pelaksanaan pekerjaan. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan produktivitas aktual yang dicapai di lapangan berbeda dengan produktivitas yang direncanakan.

Menurut Rochamandi (1992), produktivitas alat berat dipengaruhi oleh kondisi alat, kemampuan operator, kondisi lapangan, metode kerja, serta faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kelancaran operasi alat. Oleh karena itu, evaluasi produktivitas alat berat perlu dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penyimpangan antara produktivitas aktual dan produktivitas rencana.

Dalam penelitian ini, faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat pada pekerjaan perkerasan aspal dapat dikelompokkan menjadi beberapa aspek sebagai berikut.

3.6.1 Kondisi Alat Berat

Kondisi alat berat merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas pekerjaan. Alat yang berada dalam kondisi baik akan mampu bekerja secara optimal sesuai dengan kapasitas yang direncanakan. Sebaliknya, alat yang mengalami kerusakan atau gangguan mekanis akan menyebabkan penurunan produktivitas karena sering mengalami waktu berhenti (downtime).

Kerusakan alat dapat terjadi akibat kurangnya perawatan, usia alat yang sudah tua, atau penggunaan alat yang melebihi kapasitas kerja yang direkomendasikan. Oleh karena itu, pemeliharaan alat secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga kinerja alat tetap optimal selama pelaksanaan proyek.

3.6.2 Kemampuan Operator

Operator merupakan sumber daya manusia yang bertanggung jawab dalam mengoperasikan alat berat. Tingkat keterampilan dan pengalaman operator sangat mempengaruhi produktivitas alat yang digunakan.

Operator yang berpengalaman umumnya mampu mengoperasikan alat secara lebih efektif dan efisien dibandingkan operator yang kurang berpengalaman. Kesalahan dalam pengoperasian alat dapat menyebabkan waktu kerja menjadi lebih lama serta meningkatkan risiko kerusakan alat.

Tabel 3. 7 Pengaruh Kemampuan Operator terhadap Produktivitas

Tingkat Operator	Karakteristik	Pengaruh terhadap Produktivitas
Tinggi	Berpengalaman dan terlatih	Produktivitas tinggi
Sedang	Cukup berpengalaman	Produktivitas normal
Rendah	Kurang berpengalaman	Produktivitas rendah

Sumber : Rochmanhadi (1992)

3.6.3 Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kelancaran operasi alat berat. Pada pekerjaan perkerasan aspal, kondisi permukaan jalan, kemiringan medan, ruang gerak alat, serta aksesibilitas lokasi pekerjaan dapat mempengaruhi produktivitas alat.

Apabila kondisi lapangan tidak mendukung, maka kecepatan kerja alat akan berkurang sehingga produktivitas yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Sebaliknya, kondisi lapangan yang baik akan mendukung kelancaran operasi alat dan meningkatkan produktivitas pekerjaan.

3.6.4 Kondisi Cuaca

Cuaca merupakan faktor eksternal yang tidak dapat dikendalikan tetapi sangat mempengaruhi produktivitas alat berat, terutama pada pekerjaan perkerasan aspal. Hujan dapat menghentikan proses penghamparan dan pemadatan aspal karena campuran aspal tidak boleh dihampar pada permukaan yang basah.

Selain hujan, suhu lingkungan juga mempengaruhi proses pemadatan campuran aspal. Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan campuran aspal kehilangan temperatur lebih cepat sehingga proses pemadatan menjadi kurang optimal.

Tabel 3. 8 Pengaruh Cuaca terhadap Produktivitas

Kondisi Cuaca	Dampak terhadap Pekerjaan
Cerah	Produktivitas optimal
Mendung	Produktivitas relatif normal
Hujan ringan	Produktivitas menurun
Hujan lebat	Pekerjaan dapat dihentikan

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

3.6.5 Ketersediaan Material

Produktivitas alat berat pada pekerjaan perkerasan aspal sangat dipengaruhi oleh ketersediaan material. Keterlambatan pasokan campuran aspal dari Asphalt Mixing Plan (AMP) dapat menyebabkan alat seperti asphalt finisher dan tandem roller mengalami waktu menganggur (idle time).

Apabila pasokan material berlangsung secara kontinu sesuai kebutuhan lapangan, maka alat dapat bekerja secara berkesinambungan sehingga produktivitas pekerjaan dapat meningkat.

3.6.6 Waktu Siklus (Cycle Time)

Waktu siklus adalah durasi waktu yang diperlukan oleh alat berat untuk menyelesaikan satu siklus operasi secara berulang dalam menghasilkan suatu produk atau menyelesaikan suatu pekerjaan. Dalam konteks konstruksi atau industri, waktu siklus mencakup semua tahap operasional yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit tugas, mulai dari persiapan, pelaksanaan, hingga penyelesaian dan kembali ke kondisi awal untuk memulai siklus berikutnya. Waktu siklus yang efisien sangat penting karena langsung mempengaruhi koefisien peralatan dan kapasitas produksi. Koefisien peralatan, yang merupakan ukuran efisiensi alat dalam menyelesaikan pekerjaan, dipengaruhi oleh seberapa cepat alat dapat menyelesaikan satu siklus. Semakin singkat waktu siklus, semakin tinggi efisiensi peralatan, karena alat dapat menyelesaikan lebih banyak siklus

dalam periode waktu yang sama. Di sisi lain, kapasitas produksi juga sangat bergantung pada waktu siklus.

Kapasitas produksi mengacu pada jumlah output yang dapat dihasilkan oleh alat dalam periode tertentu. Dengan waktu siklus yang lebih pendek, alat dapat memproduksi lebih banyak unit output dalam waktu yang sama, meningkatkan total kapasitas produksi. Sebaliknya, waktu siklus yang panjang dapat mengurangi jumlah output yang dihasilkan, menghambat efisiensi produksi, dan berpotensi meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, memahami dan mengoptimalkan waktu siklus adalah kunci untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi alat berat. Melalui analisis dan pengelolaan waktu siklus yang efektif, perusahaan dapat memaksimalkan potensi alat, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan mencapai hasil produksi yang lebih tinggi, yang pada akhirnya berkontribusi pada keberhasilan proyek dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Untuk menentukan waktu siklus adalah sebagai berikut:

$$TS = T1 + T2 + T3 + T4 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dengan:

Ts = waktu siklus (menit)

T1 = waktu muat (menit)

T2 = waktu angkut (menit)

T3 = waktu bongkar (menit)

T4 = waktu kembali (menit)

Pada pekerjaan perkerasan aspal, waktu siklus menjadi salah satu parameter penting karena alat-alat yang digunakan bekerja secara berurutan dan saling bergantung satu sama lain. Keterlambatan pada suatu alat dapat mempengaruhi kinerja alat lainnya sehingga menyebabkan penurunan produktivitas secara keseluruhan.

Hubungan antara waktu siklus dan produktivitas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = \frac{C \times 60 \times Fa}{CT} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas alat (satuan/jam)

C = Kapasitas alat

Fa = Faktor efisiensi alat

CT = Waktu siklus (menit)

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa produktivitas berbanding terbalik dengan waktu siklus. Oleh karena itu, upaya memperkecil waktu siklus akan meningkatkan produktivitas alat berat.

1. Waktu Siklus Dump Truck

Pada pekerjaan perkerasan aspal, dump truck digunakan untuk mengangkut campuran aspal dari Asphalt Mixing Plant (AMP) menuju lokasi pekerjaan. Produktivitas dump truck dipengaruhi oleh waktu siklus pengangkutan.

Tabel 3. 9 Komponen Waktu Siklus Dump Truck

No	Komponen	Keterangan
1	Waktu Muat	Pengisian campuran aspal ke bak dump truck
2	Waktu Perjalanan	Perjalanan menuju lokasi pekerjaan
3	Waktu Bongkar	Pembongkaran campuran aspal
4	Waktu Kembali	Perjalanan kembali menuju AMP

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

Semakin pendek waktu perjalanan dan waktu bongkar yang dibutuhkan, maka semakin tinggi produktivitas dump truck yang dapat dicapai.

2. Waktu Siklus Asphalt Finisher

Asphalt finisher merupakan alat yang berfungsi untuk menghampar campuran aspal secara merata diatas permukaan jalan. Pada alat ini, waktu siklus berkaitan dengan proses penghamparan material sepanjang area pekerjaan.

Waktu siklus asphalt finisher dipengaruhi oleh :

- a. Kecepatan penghamparan.
- b. Lebar hamparan.
- c. Ketebalan lapisan.
- d. Kelancaran pasokan campuran aspal dari dump truck.
- e. Kondisi permukaan yang dihampar.

Gangguan pasokan material dapat menyebabkan asphalt finisher berhenti bekerja sehingga meningkatkan waktu siklus dan menurunkan produktivitas alat.

3. Waktu Siklus Tandem Roller

Tandem roller digunakan untuk melakukan pemadatan awal pada lapisan aspal. Waktu siklus tandem roller dipengaruhi oleh :

- a. Kecepatan pemadatan.
- b. Lebar drum.
- c. Panjang area pemadatan.
- d. Jumlah lintasan (*pass*).
- e. Waktu putar balik alat.

Semakin sedikit jumlah lintasan yang diperlukan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan, maka waktu siklus akan semakin kecil dan produktivitas meningkat.

4. Waktu Siklus Pneumatic Tire Roller (PTR)

Pneumatic Tire Roller (PTR) digunakan untuk pemadatan antara dan pemadatan akhir. Waktu siklus PTR dipengaruhi oleh :

- a. Kecepatan alat.

- b. Lebar efektif pemadatan.
- c. Jumlah lintasan.
- d. Panjang area pemadatan.
- e. Kondisi permukaan aspal.

Sama seperti tandem roller, peningkatan jumlah lintasan akan menyebabkan waktu siklus bertambah sehingga produktivitas alat menjadi lebih rendah.

5. Pengaruh Waktu Siklus terhadap Produktivitas

Waktu siklus memiliki hubungan yang sangat erat dengan produktivitas alat berat. Apabila waktu siklus meningkat akibat adanya hambatan operasional, maka produktivitas alat akan mengalami penurunan. Sebaliknya, apabila waktu siklus dapat diminimalkan melalui pengelolaan alat yang baik, maka produktivitas akan meningkat.

Tabel 3. 10 Hubungan Waktu Siklus dan Produktivitas

Waktu Siklus	Produktivitas
Rendah	Tinggi
Sedang	Sedang
Tinggi	Rendah

Sumber : Rochmandi (1992)

3.6.7 Faktor Efisiensi Alat (Fa)

Pada perencanaan produktivitas alat yang harus diperhitungkan yaitu efisiensi kerja alat (Fa), yaitu dengan cara mengalikan produktivitas standar alat pada kondisi ideal dengan faktor efisiensi alat. Besar nilai dari efisiensi alat sulit ditentukan secara tepat, tetapi dengan pengalaman dapat ditentukan efisiensi alat yang mendekati kenyataan (Faizah et al., 2022).

Dalam perencanaan produktivitas juga terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi, diantaranya adalah sebagai berikut menurut Utama Dewi & Hendi Jaya (2019):

1. Faktor Operator
2. Faktor kondisi alat
3. Faktor Cuaca
4. Faktor Kondisi Medan/Lapangan
5. Faktor Manajemen Kerja

Tabel 3. 11 Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Alat

No	Faktor	Dampak terhadap Efisiensi
1	Kondisi alat	Menentukan kesiapan operasi alat
2	Operator	Menentukan kelancaran penggunaan alat
3	Kondisi lapangan	Mempengaruhi kecepatan kerja alat
4	Manajemen Proyek	Mengurangi waktu tunggu alat
5	Cuaca	Mempengaruhi kontinuitas pekerjaan

Sumber : Rochmandi (1992).

Faktor efisiensi alat menunjukkan tingkat pemanfaatan alat selama periode kerja tertentu. Nilai faktor efisiensi dipengaruhi oleh berbagai kondisi operasional yang terjadi selama pelaksanaan pekerjaan.

$$Fa = \frac{We}{Wt} \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan :

Fa = Faktor efisiensi alat

We = Waktu kerja efektif (jam)

Wt = Waktu kerja tersedia (jam)

Nilai Fa berkisar 0 sampai 1. Semakin mendekati angka 1 menunjukkan bahwa alat bekerja semakin efektif.

Faktor efisiensi alat memainkan peran krusial dalam menentukan produktivitas alat berat selama pelaksanaan pekerjaan, dan sangat penting untuk memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan optimal. Namun, efisiensi alat tidak dapat diandalkan jika kondisi pemeliharaan dan operasi mesin berada dalam keadaan buruk. Jika alat berat tidak dirawat dengan baik atau operasionalnya tidak sesuai standar, kinerjanya akan menurun secara signifikan, mengakibatkan penurunan produktivitas dan

kemungkinan terjadinya kerusakan yang lebih serius. Menurut Nugraha et al., (2017) ada beberapa aspek kunci mempengaruhi efektivitas alat berat dalam melaksanakan pekerjaan, termasuk:

Kemampuan Operator: Keahlian dan pengalaman operator alat berat sangat mempengaruhi efisiensi dan produktivitas alat. Operator yang terampil dapat memaksimalkan potensi alat dan menghindari kesalahan yang dapat mengurangi efektivitas operasional.

Pemilihan dan Pemeliharaan Alat: Pemilihan alat yang sesuai untuk jenis pekerjaan dan kondisi lapangan sangat penting. Selain itu, pemeliharaan rutin dan perbaikan yang tepat waktu memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik, mengurangi risiko kerusakan dan meningkatkan efisiensi.

Perencanaan dan Pengaturan Letak Alat: Perencanaan yang matang mengenai penempatan alat dan pengaturannya di lokasi proyek dapat meningkatkan efisiensi operasional. Pengaturan yang tepat mengurangi waktu perjalanan dan meminimalkan gangguan, sehingga meningkatkan produktivitas.

Kondisi Cuaca: Cuaca yang ekstrem, seperti hujan lebat atau suhu tinggi, dapat mempengaruhi kinerja alat berat dan kondisi lapangan. Cuaca buruk dapat mengurangi efisiensi alat, meningkatkan risiko kecelakaan, dan memperlambat kemajuan pekerjaan.

Topografi: Kondisi geografis atau topografi lokasi proyek, seperti kemiringan tanah atau medan berbatu, mempengaruhi cara kerja alat berat. Alat yang dirancang untuk medan tertentu akan bekerja lebih efektif dalam kondisi yang sesuai, sementara medan yang sulit memerlukan penyesuaian dalam teknik operasional.

Volume Pekerjaan: Volume pekerjaan yang besar mempengaruhi kebutuhan akan alat berat dan intensitas penggunaannya. Memahami volume pekerjaan memungkinkan penjadwalan yang lebih baik dan penggunaan alat yang

lebih efisien, meminimalkan downtime dan mempercepat penyelesaian proyek.

Dengan mempertimbangkan dan mengelola faktor-faktor ini, efektivitas dan efisiensi alat berat dapat ditingkatkan, menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dan penyelesaian proyek yang lebih cepat. Perencanaan yang baik dan perhatian terhadap detail dalam setiap aspek operasional alat berat memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan optimal dalam berbagai kondisi dan tantangan yang dihadapi di lapangan (Nugraha et al., 2017).

Faktor efisiensi alat (Fa) dapat dilihat pada Tabel 3.11. berikut ini:

Tabel 3. 12 Faktor Efisiensi Alat (Fa)

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber : Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin baik kondisi operasi alat di lapangan, maka semakin tinggi nilai faktor efisiensi yang digunakan dalam perhitungan produktivitas alat.

1. Hubungan Faktor Efisiensi dengan Produktivitas Alat

Faktor efisiensi alat memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan produktivitas alat berat. Dalam rumus produktivitas, nilai faktor efisiensi menjadi salah satu variabel yang secara berlangsung mempengaruhi besarnya kapasitas produksi alat.

Tabel 3. 13 Hubungan Faktor Efisiensi dan Produktivitas

Faktor Efisiensi (Fa)	Tingkat Produktivitas
Tinggi	Tinggi
Sedang	Sedang
Rendah	Rendah

Sumber : Analisis penulis berdasarkan Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

2. Penerapan Faktor Efisiensi Alat dalam Penelitian

Pada penelitian ini, faktor efisiensi alat digunakan sebagai salah satu dasar untuk mengevaluasi kinerja alat berat yang digunakan pada pekerjaan perkerasan aspal. Alat yang dianalisis meliputi :

- a. Dump Truck
- b. Asphalt Finisher
- c. Tandem Roller
- d. Pneumatic Tire Roller (PTR)

Nilai faktor efisiensi alat akan digunakan untuk menjelaskan perbedaan antara produktivitas aktual dan produktivitas yang direncanakan. Selain itu, faktor efisiensi juga menjadi salah satu indikator dalam mengevaluasi efektivitas penggunaan alat berat selama pelaksanaan proyek.

3.6.8 Manajemen Pelaksanaan Pekerjaan

Manajemen Pelaksanaan pekerjaan yang baik dapat meningkatkan produktivitas alat berat. Pengaturan jadwal kerja, koordinasi antaralat, pengendalian material, serta pengawasan lapangan yang efektif akan mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan.

Sebaliknya, kurangnya koordinasi antaralat dapat menyebabkan antrean alat, waktu tunggu yang tinggi, dan ketidakseimbangan produksi sehingga produktivitas pekerjaan menjadi menurun.

Tabel 3. 14 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Berat

No	Faktor	Pengaruh Terhadap Produktivitas
1	Kondisi alat	Menentukan kesiapan operasi alat
2	Kemampuan operator	Menentukan efektivitas penggunaan alat
3	Kondisi lapangan	Mempengaruhi kecepatan kerja alat
4	Cuaca	Mempengaruhi kelancaran pekerjaan
5	Ketersediaan material	Menentukan kontinuitas pekerjaan
6	Waktu siklus	Menentukan kapasitas produksi alat
7	Faktor efisiensi alat	Menentukan efektivitas kerja alat
8	Manajemen pekerjaan	Menentukan koordinasi penggunaan alat

3.7 Efisiensi Penggunaan Alat Berat

Efisiensi penggunaan alat berat merupakan tingkat kemampuan alat dalam menghasilkan output pekerjaan secara optimal dengan penggunaan waktu dan sumber daya yang tersedia secara efektif. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, efisiensi alat menjadi salah satu indikator penting untuk menilai keberhasilan pengelolaan alat berat karena berhubungan dengan produktivitas, waktu pelaksanaan, dan kinerja proyek secara keseluruhan.

Menurut Ervianto (2015), efisiensi merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai dengan sumber daya yang digunakan untuk memperoleh hasil tersebut. semakin besar output yang dihasilkan dengan penggunaan sumber daya yang sama, maka tingkat efisiensi akan semakin tinggi.

Pada Proyek konstruksi jalan, efisiensi penggunaan alat berat sangat penting karena alat berat merupakan salah satu sumber daya utama yang mempengaruhi keberhasilan pelaksanaan proyek. Penggunaan alat yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan waktu kerja, meningkatnya biaya operasional, dan menurunnya produktivitas pekerjaan. Sebaliknya penggunaan alat yang efisien akan membantu mempercepat penyelesaian pekerjaan dan meningkatkan

kinerja proyek secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa efisiensi alat berat dipengaruhi oleh waktu kerja efektif, waktu siklus, kondisi alat, serta koordinasi operasional lapangan.

3.7.1 Pengertian Efisiensi Penggunaan Alat Berat

Efisiensi penggunaan alat berat menunjukkan sejauh mana alat dapat dimanfaatkan secara optimal selama waktu kerja yang tersedia. Dalam praktik pelaksanaan proyek, alat tidak selalu bekerja secara penuh karena adanya waktu tunggu (idle time), perawatan alat, gangguan teknis, maupun faktor lingkungan.

Secara umum, efisiensi alat dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara waktu kerja efektif terhadap waktu kerja yang tersedia.

$$E = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (3.11)$$

Keterangan :

E = Efisiensi penggunaan alat (%)

W_e = Waktu kerja efektif (jam)

W_t = Waktu kerja tersedia (jam)

Semakin besar nilai efisiensi yang diperoleh, maka semakin baik tingkat pemanfaatan alat selama pelaksanaan pekerjaan.

3.7.2 Waktu Kerja Efektif dan Waktu Kerja Tidak Efektif

Dalam analisis efisiensi alat berat, waktu kerja dibedakan menjadi dua kategori, yaitu waktu kerja efektif dan waktu kerja tidak efektif.

1. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif merupakan waktu yang benar-benar digunakan alat untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan fungsinya.

2. Waktu Kerja Tidak Efektif

Waktu kerja tidak efektif adalah waktu yang tidak menghasilkan output pekerjaan.

Tabel 3. 15 Klasifikasi Waktu Kerja Alat

No	Jenis Waktu	Keterangan
1	Waktu Kerja Efektif	Menghasilkan output pekerjaan
2	Waktu Tunggu	Menunggu material atau alat lain
3	Waktu Perbaikan	Akibat kerusakan alat
4	Waktu Istirahat	Sesuai jadwal kerja
5	Waktu Manuver	Persiapan dan pengaturan alat

Sumber : Ervianto (2015).

3.7.3 Tingkat Efisiensi Penggunaan Alat

Untuk mempermudah interpretasi hasil analisis, tingkat efisiensi penggunaan alat dapat dikategorikan.

Tabel 3. 16 Kriteria Tingkat Efisiensi Alat Berat

Nilai Efisiensi	Kategori
>85%	Sangat Efisien
75% - 85%	Efisien
60% - 74%	Cukup Efisien
50% -59%	Kurang Efisien
<50%	Tidak Efisien

Sumber : Ervianto (2015).

Berdasarkan tabel tersebut, alat yang memiliki nilai efisiensi di atas 75% dapat dikatakan telah dimanfaatkan dengan baik selama pelaksanaan pekerjaan.

3.8 Perbandingan Produktivitas Aktual dan Produktivitas Rencana

Perbandingan antara produktivitas aktual dan produktivitas rencana digunakan untuk mengetahui tingkat pencapaian kinerja alat berat selama pelaksanaan proyek.

Tingkat pencapaian produktivitas dapat dihitung menggunakan persamaan

$$TP = \frac{Pa}{Pr} \times 100\% \dots\dots\dots (3.12)$$

Keterangan :

TP = Tingkat pencapaian produktivitas (%)

Pa = Produktivitas aktual

Pr = Produktivitas rencana

Interprestasi hasil perbandingan sebagai berikut :

Tabel 3. 17 Kriteria Tingkat Pencapaian Produktivitas

Nilai TP	Interprestasi
>100%	Produktivitas aktual melebihi rencana
100%	Produktivitas aktual sesuai rencana
<100%	Produktivitas aktual lebih rendah dari rencana

Sumber : Ervianto (2015).

Apabila nilai TP kurang dari 100%, maka terdapat deviasi produktivitas yang perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui faktor penyebabnya.

3.8.1 Deviasi Produktivitas

Deviasi produktivitas merupakan selisih atau penyimpangan antara produktivitas aktual yang dicapai selama pelaksanaan pekerjaan dengan produktivitas yang telah direncanakan. Analisis deviasi produktivitas bertujuan untuk mengetahui tingkat pencapaian kinerja alat berat serta mengidentifikasi adanya penyimpangan yang terjadi selama pelaksanaan

pekerjaan. Deviasi produktivitas menjadi salah satu indikator dalam sejauh mana hasil aktual sesuai dengan target yang telah ditetapkan.

Dalam penelitian ini, deviasi produktivitas dianalisis menggunakan Tingkat Pencapaian Produktivitas (TP) yang diperoleh dari perbandingan antara produktivitas aktual dengan produktivitas rencana. Rumus Tingkat Pencapaian Produktivitas adalah sebagai berikut.

$$TP = \frac{\text{Produktivitas Aktual}}{\text{Produktivitas Rencana}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan :

TP	:	Tingkat Pencapaian Produktivitas (%)
Produktivitas Aktual	:	Produktivitas berdasarkan data realisasi di lapangan
Produktivitas Rencana	:	Produktivitas berdasarkan hasil perencanaan

Untuk mengetahui besarnya deviasi produktivitas, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$DP = 100\% - TP \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan :

DP	:	Deviasi Produktivitas (%)
TP	:	Tingkat Pencapaian Produktivitas (%)

Nilai deviasi produktivitas menunjukkan besarnya penyimpangan produktivitas aktual terhadap produktivitas rencana. Semakin kecil nilai deviasi, maka semakin mendekati target produktivitas yang direncanakan. Sebaliknya, semakin besar nilai deviasi menunjukkan bahwa produktivitas aktual semakin jauh dari produktivitas rencana sehingga diperlukan evaluasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja alat berat.