

Analisis Pengerjaan Dozer Terhadap Pematangan Lahan Perumahan

Revva Zamriansyah¹, M. Wisridani P.²

¹Universitas Ratu Samban, revvazamriansyah@gmail.com, ²Universitas Ratu Samban, wisridanip@gmail.com

INFO ARTIKEL

Kata Kunci:

bulldozer, pematangan lahan, produktivitas, alat berat, perumahan.

Article history:

Received 18-09-2026

Revised 25-09-2026

Accepted 14-10-2026

ABSTRAK

Pematangan lahan merupakan tahap awal yang penting dalam pembangunan perumahan untuk menciptakan kondisi lahan yang siap dibangun sesuai dengan perencanaan. Salah satu alat berat yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah bulldozer (doser), yang berfungsi untuk melakukan pembersihan lahan, pemindahan tanah, serta perataan permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengerjaan bulldozer pada proses pematangan lahan di proyek perumahan Kelurahan Betungan, Kecamatan Selebar, Kota Bengkulu. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Analisis dilakukan berdasarkan data waktu siklus (*cycle time*), kapasitas alat, dan efisiensi kerja untuk mengetahui produktivitas bulldozer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bulldozer mampu mempercepat proses pematangan lahan dan meningkatkan efisiensi pekerjaan. Produktivitas alat dipengaruhi oleh kondisi tanah, jarak dorong (*push distance*), kondisi cuaca, keterampilan operator, dan kondisi alat. Oleh karena itu, pengelolaan operasional yang baik serta perawatan alat secara berkala diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan mendukung kelancaran pekerjaan pematangan lahan.

This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Revva Zamriansyah

Universitas Ratu Samban, revvazamriansyah@gmail.com

PENDAHULUAN

Pembangunan sektor perumahan di Indonesia mengalami pertumbuhan seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap hunian yang layak. Pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, serta perkembangan kawasan permukiman mendorong meningkatnya pembangunan perumahan di berbagai daerah. Sebelum proses konstruksi bangunan dimulai, diperlukan tahapan pematangan lahan sebagai pekerjaan awal untuk menciptakan kondisi lahan yang aman, stabil, dan sesuai dengan perencanaan pembangunan. Keberhasilan tahapan ini akan memengaruhi kelancaran pekerjaan konstruksi berikutnya, termasuk pembangunan jalan lingkungan, saluran drainase, dan pondasi bangunan.

Pematangan lahan merupakan serangkaian pekerjaan yang bertujuan mengubah kondisi lahan eksisting agar sesuai dengan elevasi, kemiringan, daya dukung, dan sistem drainase yang direncanakan. Pekerjaan ini meliputi pembersihan lahan (land clearing), pengupasan tanah permukaan (stripping), pemotongan dan penimbunan tanah (cut and fill), perataan permukaan lahan (grading), serta pemadatan tanah (compaction) apabila diperlukan. Menurut Rochmanhadi (1985), pekerjaan tanah dalam konstruksi memerlukan perencanaan metode kerja dan pemilihan alat berat yang sesuai agar pelaksanaannya dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, pematangan lahan perlu dilakukan secara sistematis dengan mempertimbangkan kondisi topografi, karakteristik tanah, volume pekerjaan, dan target waktu penyelesaian proyek.

Salah satu alat berat yang banyak digunakan dalam pekerjaan pematangan lahan adalah bulldozer atau doser. Bulldozer merupakan alat berat yang dirancang untuk mendorong, menggusur, meratakan, dan memindahkan material dalam jarak relatif pendek. Alat ini memiliki tenaga dorong yang besar sehingga dapat digunakan untuk membersihkan vegetasi, mengupas lapisan tanah atas, memindahkan material hasil galian, serta membentuk permukaan lahan sesuai dengan elevasi rencana. Penggunaan bulldozer yang tepat dapat meningkatkan produktivitas pekerjaan, mempercepat penyelesaian proyek, serta membantu mengendalikan biaya operasional. Sebaliknya, pemilihan alat yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan dapat mengakibatkan rendahnya produktivitas, meningkatnya konsumsi bahan bakar, dan bertambahnya durasi pekerjaan.

Secara umum, bulldozer terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu mesin (engine), sistem penggerak (power train), rangka bawah (undercarriage), dan pisau pendorong (blade). Pada pekerjaan tertentu, bulldozer juga dapat dilengkapi dengan ripper yang berfungsi membantu memecah material tanah yang keras. Berdasarkan bentuk dan fungsinya, blade dibedakan menjadi Straight Blade (S-Blade), Universal Blade (U-Blade), dan Semi Universal Blade (SU-Blade). S-Blade umumnya digunakan untuk pekerjaan perataan dan pemotongan material, U-Blade memiliki kapasitas tampung lebih besar untuk mendorong material dalam jumlah banyak, sedangkan SU-Blade menggabungkan karakteristik kedua jenis blade tersebut sehingga dapat digunakan untuk berbagai pekerjaan. Pemilihan jenis blade harus disesuaikan dengan karakteristik material, jarak dorong, dan kebutuhan pekerjaan agar kemampuan alat dapat dimanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan sistem penggeraknya, bulldozer dibedakan menjadi crawler bulldozer dan wheel bulldozer. Crawler bulldozer menggunakan roda rantai (track) yang memberikan daya cengkram dan kestabilan tinggi sehingga sesuai untuk pekerjaan pada tanah lunak, medan tidak rata, dan area yang belum memiliki permukaan jalan yang baik. Sementara itu, wheel

bulldozer menggunakan roda karet yang memungkinkan perpindahan lebih cepat pada permukaan yang relatif keras dan rata. Dalam pekerjaan pematangan lahan perumahan, pemilihan jenis bulldozer perlu mempertimbangkan kondisi tanah, kemiringan medan, luas area pekerjaan, serta kebutuhan mobilitas alat. Pemilihan alat yang sesuai dapat membantu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi risiko gangguan operasional.

Dalam pelaksanaan pematangan lahan, bulldozer memiliki beberapa fungsi utama, yaitu membersihkan vegetasi dan semak belukar, mengupas lapisan tanah atas (topsoil), melaksanakan pekerjaan pemotongan dan penimbunan tanah (cut and fill), serta meratakan permukaan lahan sesuai dengan elevasi yang telah ditentukan. Pekerjaan cut and fill dilakukan dengan memotong tanah pada area yang memiliki elevasi lebih tinggi dan menimbun area yang lebih rendah. Pengaturan volume galian dan timbunan yang seimbang dapat mengurangi kebutuhan pengadaan material dari luar lokasi maupun pengangkutan tanah ke tempat pembuangan. Setelah pekerjaan perataan selesai, pemadatan tanah dapat dilakukan menggunakan alat pemadat yang sesuai untuk meningkatkan kepadatan tanah dan memenuhi persyaratan teknis yang dibutuhkan dalam pembangunan.

Selain bulldozer, pekerjaan pematangan lahan dapat melibatkan alat berat lain, seperti excavator, motor grader, wheel loader, dump truck, dan compactor. Excavator digunakan untuk menggali dan memuat material, dump truck untuk mengangkut material, motor grader untuk membentuk dan meratakan permukaan, sedangkan compactor digunakan untuk memadatkan tanah. Kombinasi alat berat tersebut harus direncanakan berdasarkan jenis pekerjaan, volume material, kondisi medan, dan target waktu pelaksanaan. Pengaturan urutan pekerjaan serta koordinasi antaralat juga penting untuk menghindari waktu tunggu yang berlebihan dan memastikan setiap alat dapat bekerja secara efektif.

Produktivitas alat berat merupakan kemampuan suatu alat untuk menghasilkan volume pekerjaan dalam satuan waktu tertentu. Dalam pekerjaan pematangan lahan, produktivitas bulldozer umumnya dinyatakan dalam meter kubik per jam (m^3/jam) dan digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai kinerja alat selama pelaksanaan pekerjaan. Produktivitas yang tinggi menunjukkan kemampuan alat memindahkan material dalam jumlah besar selama waktu kerja tertentu, sedangkan produktivitas yang rendah dapat menyebabkan bertambahnya durasi pekerjaan dan biaya operasional. Oleh karena itu, analisis produktivitas diperlukan untuk memperkirakan waktu penyelesaian pekerjaan, mengevaluasi penggunaan alat, dan membantu menentukan kebutuhan alat berat dalam suatu proyek.

Produktivitas bulldozer dipengaruhi oleh kapasitas blade, waktu siklus kerja (cycle time), jarak dorong (push distance), jenis material, kondisi topografi, efisiensi kerja, serta keterampilan operator. Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan bulldozer untuk menyelesaikan satu rangkaian pekerjaan, mulai dari mendorong material ke lokasi tujuan, melakukan pembuangan material, hingga kembali ke posisi awal untuk memulai siklus berikutnya. Semakin pendek waktu siklus dan semakin besar volume material yang dapat dipindahkan dalam setiap siklus, maka semakin tinggi potensi produktivitas alat. Sebaliknya, jarak dorong yang terlalu jauh, medan yang menanjak, material yang keras, serta kondisi tanah yang tidak stabil dapat memperpanjang waktu siklus dan menurunkan produktivitas.

Faktor efisiensi kerja juga berpengaruh terhadap produktivitas aktual bulldozer. Faktor ini berkaitan dengan perbandingan antara waktu kerja efektif dan waktu kerja yang tersedia, dengan mempertimbangkan hambatan seperti waktu istirahat, pengaturan posisi alat,

pemeriksaan kondisi mesin, pemeliharaan, serta gangguan operasional. Selain itu, keterampilan operator dan kondisi cuaca dapat memengaruhi kelancaran pekerjaan. Operator yang berpengalaman dapat mengatur pergerakan alat secara lebih efektif sehingga waktu siklus dapat dikurangi. Sementara itu, hujan dan kondisi tanah yang terlalu basah dapat mengurangi daya dukung permukaan tanah, membatasi pergerakan alat, dan menyebabkan pekerjaan harus dihentikan sementara demi keselamatan.

Menurut prinsip perhitungan produktivitas alat berat yang digunakan dalam referensi teknis, produktivitas bulldozer dapat ditentukan berdasarkan volume material yang dipindahkan dalam satu siklus, waktu siklus, dan faktor efisiensi kerja. Dalam pelaksanaan proyek pematangan lahan perumahan, produktivitas aktual bulldozer dapat berbeda dari produktivitas teoritis. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh kondisi medan, perubahan karakteristik material, jarak dorong, waktu tunggu, gangguan operasional, keterampilan operator, serta kondisi pemeliharaan alat. Oleh karena itu, pengamatan langsung terhadap waktu siklus dan volume material yang dipindahkan diperlukan untuk mengetahui kinerja alat secara aktual. Data tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung produktivitas, memperkirakan durasi pekerjaan, serta mengevaluasi kesesuaian pelaksanaan dengan jadwal proyek. Evaluasi juga dapat diperluas dengan mempertimbangkan konsumsi bahan bakar dan biaya operasional apabila data pendukung tersedia.

Berdasarkan uraian tersebut, analisis produktivitas bulldozer pada pekerjaan pematangan lahan perumahan menjadi bagian penting dalam mengevaluasi efektivitas penggunaan alat berat. Penelitian ini diarahkan untuk mengetahui produktivitas bulldozer berdasarkan kondisi aktual di lapangan, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerjanya, serta mengevaluasi efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan metode kerja, mengoptimalkan penggunaan alat berat, memperkirakan durasi pekerjaan, dan mengendalikan biaya operasional sehingga pekerjaan pematangan lahan dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, dan sesuai dengan rencana proyek.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual penggunaan bulldozer pada pekerjaan pematangan lahan berdasarkan hasil pengamatan, pengukuran, dan perhitungan produktivitas alat. Analisis dilakukan dengan membandingkan produktivitas teoritis dan produktivitas aktual berdasarkan data yang diperoleh di lapangan sehingga dapat diketahui kinerja dan tingkat efisiensi penggunaan bulldozer selama pekerjaan berlangsung. Metode ini digunakan untuk memperoleh gambaran secara objektif mengenai produktivitas alat berat serta faktor-faktor yang memengaruhi pelaksanaan pekerjaan pematangan lahan.

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pematangan lahan perumahan yang berlokasi di Kelurahan Betungan, Kecamatan Selebar, Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Lokasi penelitian dipilih karena terdapat kegiatan pematangan lahan yang menggunakan bulldozer atau dozer sebagai salah satu alat utama dalam pekerjaan pembersihan lahan (*land clearing*), pemotongan dan penimbunan tanah (*cut and fill*), serta perataan permukaan tanah. Pengamatan dilakukan terhadap aktivitas operasional bulldozer untuk memperoleh data yang berkaitan dengan waktu siklus, jarak dorong, kondisi medan, dan efisiensi kerja alat.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian, meliputi waktu siklus (*cycle time*) bulldozer, jarak dorong (*push distance*), kondisi medan kerja, jam kerja efektif alat, hambatan operasional (*delay time*), serta dokumentasi kegiatan pematangan lahan. Data tersebut digunakan untuk mengetahui kondisi aktual operasional bulldozer dan menjadi dasar dalam perhitungan produktivitas alat. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari pihak kontraktor atau konsultan proyek serta berbagai sumber referensi yang relevan. Data sekunder meliputi gambar rencana (*site plan*), spesifikasi teknis bulldozer, volume pekerjaan tanah, jadwal pelaksanaan proyek, serta literatur berupa buku dan jurnal ilmiah yang membahas produktivitas alat berat dan pekerjaan pematangan lahan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung aktivitas bulldozer selama pekerjaan pematangan lahan berlangsung, khususnya dalam kegiatan mendorong material, meratakan tanah, serta melakukan pekerjaan pemotongan dan penimbunan. Pengamatan juga dilakukan untuk mencatat waktu siklus, jarak dorong, kondisi medan, dan hambatan yang terjadi selama operasional alat. Wawancara dilakukan dengan operator bulldozer dan pelaksana proyek untuk memperoleh informasi mengenai metode pelaksanaan pekerjaan, kondisi operasional alat, serta faktor-faktor yang dapat memengaruhi produktivitas. Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto kegiatan di lapangan, data spesifikasi alat, gambar kerja, dan dokumen pendukung lainnya. Selain itu, studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari referensi dari buku, standar teknis, serta jurnal ilmiah yang berkaitan dengan produktivitas bulldozer dan pekerjaan pematangan lahan sebagai dasar teori dalam pelaksanaan analisis.

Teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif berdasarkan data hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan. Tahap awal analisis dilakukan dengan mengumpulkan data waktu siklus bulldozer dari beberapa kali pengamatan, kemudian menghitung waktu siklus rata-rata untuk memperoleh gambaran mengenai waktu yang diperlukan alat dalam menyelesaikan satu siklus pekerjaan. Selanjutnya, faktor efisiensi kerja ditentukan berdasarkan perbandingan antara waktu kerja efektif dan waktu kerja yang tersedia dengan mempertimbangkan kondisi lapangan, keterampilan operator, serta hambatan operasional. Data mengenai volume material yang dipindahkan dalam setiap siklus, waktu siklus, dan faktor efisiensi kemudian digunakan untuk menghitung produktivitas bulldozer dalam satuan meter kubik per jam (m^3/jam).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pematangan lahan perumahan yang berlokasi di Kelurahan Betungan, Kecamatan Selebar, Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Pekerjaan pematangan lahan merupakan salah satu tahap awal dalam pembangunan perumahan yang bertujuan untuk mempersiapkan kondisi tanah agar sesuai dengan elevasi dan perencanaan pembangunan yang telah ditentukan. Kondisi awal lahan memerlukan penanganan menggunakan alat berat untuk membersihkan area, memindahkan material tanah, meratakan permukaan, serta menyesuaikan ketinggian tanah. Penggunaan bulldozer dalam pekerjaan ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pematangan lahan sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Pelaksanaan Pekerjaan Bulldozer pada Pematangan Lahan

Pelaksanaan pekerjaan pematangan lahan menggunakan bulldozer dilakukan melalui beberapa tahapan yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kebutuhan pekerjaan. Tahapan tersebut meliputi pembersihan lahan, pengupasan tanah lapisan atas, pekerjaan galian dan timbunan, perataan permukaan tanah, serta pemeriksaan akhir. Pada tahap pembersihan lahan (land clearing), bulldozer digunakan untuk membersihkan semak, rumput, akar, dan material lain yang menghalangi pekerjaan. Setelah itu, dilakukan pengupasan tanah lapisan atas (stripping top soil) untuk memisahkan tanah organik yang kurang sesuai digunakan sebagai lapisan dasar konstruksi.

Tahap berikutnya adalah pekerjaan galian dan timbunan (cut and fill), yaitu memotong bagian tanah yang lebih tinggi dan memindahkan materialnya ke bagian yang lebih rendah sesuai kebutuhan elevasi lahan. Selanjutnya, bulldozer melakukan perataan permukaan tanah (grading) agar kondisi lahan sesuai dengan rencana pembangunan perumahan. Tahap terakhir adalah pemeriksaan hasil pekerjaan untuk memastikan bahwa permukaan lahan telah cukup rata dan siap digunakan untuk tahap konstruksi berikutnya.

Dalam pelaksanaannya, pekerjaan bulldozer didukung oleh satu orang operator. Kegiatan operasional berlangsung pada pukul 08.00–17.00 WIB dengan waktu istirahat pukul 12.00–13.00 WIB, sehingga waktu kerja terjadwal adalah sekitar delapan jam per hari. Namun, waktu operasi efektif di lapangan dapat berkurang akibat waktu tunggu, kondisi tanah, cuaca, pemindahan alat, dan hambatan teknis lainnya.

Analisis Produktivitas Bulldozer pada Pekerjaan Pematangan Lahan

Analisis produktivitas bulldozer dilakukan berdasarkan hasil pengamatan terhadap kapasitas blade, jarak dorong material, waktu siklus, efisiensi kerja, serta durasi operasional harian. Berdasarkan data pengamatan, bulldozer yang digunakan memiliki kapasitas blade sebesar 3,2 m³, jarak dorong material sekitar 35 meter, waktu siklus rata-rata 1,80 menit, dan faktor efisiensi kerja sebesar 83%.

Kapasitas blade menunjukkan kemampuan nominal alat dalam menampung material tanah pada setiap siklus kerja. Sementara itu, jarak dorong material dan waktu siklus berpengaruh terhadap kecepatan penyelesaian pekerjaan. Semakin jauh jarak dorong, semakin besar kemungkinan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Sebaliknya, jarak dorong yang lebih pendek dan pengaturan lintasan kerja yang baik dapat membantu meningkatkan produktivitas alat.

Berdasarkan data tersebut, produktivitas teoritis bulldozer diperkirakan mencapai sekitar 88,53 m³ per jam, dengan asumsi bahwa material yang dipindahkan pada setiap siklus setara dengan kapasitas blade sebesar 3,2 m³. Apabila produktivitas tersebut dapat dipertahankan selama delapan jam kerja terjadwal, volume pekerjaan diperkirakan mencapai 708,24 m³ per hari.

Nilai tersebut merupakan perkiraan berdasarkan kondisi dan asumsi pengamatan, bukan volume aktual yang telah dipastikan di lapangan. Produktivitas sebenarnya dapat lebih rendah karena kapasitas blade tidak selalu terisi penuh, kondisi tanah yang berbeda, waktu berhenti, pemeliharaan alat, cuaca, serta keterampilan operator. Oleh karena itu, pengukuran volume material yang benar-benar dipindahkan dan pencatatan waktu kerja efektif diperlukan untuk memperoleh hasil produktivitas yang lebih akurat.

Secara keseluruhan, penggunaan bulldozer berperan penting dalam mendukung pekerjaan pematangan lahan perumahan. Efektivitas penggunaan alat dipengaruhi oleh kesesuaian kapasitas alat, jarak pemindahan material, waktu siklus, kondisi lapangan, dan pengelolaan waktu operasional. Perencanaan pekerjaan yang tepat dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan alat berat dan mempercepat penyelesaian pematangan lahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, bulldozer digunakan untuk mendukung pekerjaan pematangan lahan perumahan di Kelurahan Betungan, Kecamatan Selebar, Kota Bengkulu. Pekerjaan meliputi pembersihan lahan, pengupasan tanah lapisan atas, galian dan timbunan, perataan permukaan, serta pemeriksaan akhir. Berdasarkan kapasitas blade sebesar 3,2 m³, waktu siklus rata-rata 1,80 menit, dan efisiensi kerja sebesar 83%, produktivitas teoritis bulldozer diperkirakan sebesar 88,53 m³ per jam. Dengan waktu kerja terjadwal delapan jam per hari, volume pekerjaan diperkirakan mencapai 708,24 m³ per hari apabila produktivitas tersebut dapat dipertahankan. Hasil aktual dapat berbeda bergantung pada kondisi tanah, tingkat keterisian blade, hambatan operasional, dan waktu kerja efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Caterpillar Inc. (2021). *Caterpillar Performance Handbook* (51st ed.). Caterpillar Inc.
- Komatsu Ltd. (2020). *Komatsu Specifications and Application Handbook*. Komatsu Ltd.
- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., & Schmitt, R. L. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rochmanhadi. (1985). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sosrodarsono, S., & Nakazawa, K. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sutanto, H. (2019). Analisis produktivitas bulldozer pada pekerjaan tanah di proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 95–103.
- Wong, J. M. W., & Norman, G. (1997). Risk management issues in construction. *International Journal of Project Management*, 15(6), 387–394.
- Yulhendri, Y., & Kurniawan, A. (2021). Analisis produktivitas alat berat pada pekerjaan cut and fill proyek pembangunan kawasan perumahan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(1), 45–54.
- Zega, F., & Sitorus, R. (2022). Evaluasi produktivitas bulldozer pada pekerjaan pematangan lahan menggunakan metode waktu siklus. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(2), 112–121).