

PRODUKTIVITAS DAN EMISI ALAT BERAT PEKERJAAN LAPIS PONDASI PADA PROYEK KONTRUKSI JALAN

DYLA MIDYA OCTAVIA^{1*}, DEDE KURNIA PUTRA²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang^{1,2}

*Corresponding author: dyla@itp.ac.id

Abstrak: Perkembangan proyek kontruksi memiliki peran besar terhadap perubahan lingkungan yang terjadi saat ini. Salah satu proyek yang menghasilkan emisi cukup besar adalah proyek kontruksi jalan. Emisi yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh produktivitas pelaksanaan kontruksi. Penelitian ini membahas tentang produktivitas dan emisi yang dihasilkan oleh alat berat pada proyek kontruksi jalan. Penelitian ini hanya difokuskan pada emisi dari penggunaan alat beratnya saja, sementara hal lain seperti emisi dari material tidak diperhitungkan. Selain itu, item pekerjaan yang diamati hanya pekerjaan lapis pondasi agregat, untuk pekerjaan lain akan dilakukan pada penelitian selanjutnya. Tingkat emisi setiap alat berat yang terlibat dalam pekerjaan tersebut ditentukan berdasarkan besarnya *horse power* alat berat, konsumsi bahan bakar, dan faktor emisi dari masing-masing alat yang terlibat. Durasi setiap alat berat diperoleh melalui pengambilan data langsung di lapangan, untuk selanjutnya dihitung total waktu siklus dan produktivitas alat berat. Setelah waktu pelaksanaannya didapat, maka ditentukan produktivitas dan nilai emisi dari masing – masing alat tersebut. Besarnya emisi (kgCO_2) yang dihasilkan ditentukan oleh tingkat emisi (kgCO_2/jam) alat berat dan lamanya durasi pelaksanaan (jam). Hasil menunjukkan produktivitas penggunaan alat berat untuk pekerjaan lapis agregat pada proyek kontruksi jalan adalah $16,54 \text{ m}^3/\text{jam}$. Jika dilakukan perubahan siklus pelaksanaan dari per 3 STA menjadi per 1 STA, maka produktivitasnya akan meningkat menjadi $26,79 \text{ m}^3/\text{jam}$. Sementara jumlah emisi yang dihasilkan dari pekerjaan lapis pondasi agregat pada proyek kontruksi jalan jika dikerjakan per 1 STA adalah $59,95 \text{ KgCO}_2$ per STA atau per 25 m panjang jalan.

Kata Kunci: Konstruksi Jalan, Alat berat, Produktivitas, Emisi

A. Pendahuluan

Proyek konstruksi jalan identik dengan pencemaran lingkungan, mulai dari pemilihan material, proses konstruksi, hingga operasional dan pemeliharaan jalan. Oleh karena itu, perlu dilakukan prinsip konstruksi hijau yang melakukan proses konstruksi ramah lingkungan dan hemat sumber daya. Proyek konstruksi membutuhkan tiga elemen sumber daya, yaitu material, peralatan konstruksi, dan tenaga kerja manusia, yang kemudian tergabung dalam sistem koordinasi berupa rantai pasok. Permasalahannya di Indonesia, jumlah praktik pelaksanaan konstruksi hijau di Indonesia masih sedikit dan belum didukung rantai pasok yang hijau pula (Abduh, 2014). Selain itu nilai konstruksi dari tahun ketahun cenderung mengalami kenaikan, artinya juga akan ada peningkatan nilai emisi (CO_2) dari tahun ke tahun yang disebabkan oleh sektor konstruksi.

Emisi gas buang CO dan CO_2 merupakan senyawa yang berbahaya yang berasal dari alat berat. Aplikasi dari konstruksi hijau pada tahap perencanaan terlihat pada beberapa desain konstruksi yang memperoleh *award* sebagai desain bangunan yang hemat *energy*. Saat ini konstruksi hijau atau *Green Construction* memang menjadi terobosan penting dan sudah banyak dalam pengaplikasiannya. Besarnya emisi yang dihasilkan dari suatu proses konstruksi bergantung pada lamanya durasi (hr) dan tingkat emisi (kgCO_2/hr) dari alat berat yang digunakan. Tingkat emisi bergantung dari jenis dan tipe alat berat yang digunakan dalam suatu metoda konstruksi. Maka dalam menggunakan alat-alat berat untuk pelaksanaan konstruksi jalan perlu diperhatikan alat-alat berat yang dipakai, pengetahuan tentang kapasitas dan kemampuan dan kombinasi penggunaan alat berat yang tepat agar produktivitasnya baik namun emisinya cukup rendah. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas alat berat dan emisi yang dihasilkan oleh alat tersebut pada pekerjaan konstruksi jalan khususnya untuk item pekerjaan lapis pondasi.

B . Metode

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan pada proyek pembangunan Jalan Teluk Bayur – Nipah – Purus DAK (098) sebagai studi kasus penelitian. Item pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan lapis pondasi agregat. Data-data yang dikumpulkan berupa data primer yaitu waktu siklus pekerjaan dan volume pekerjaan per siklus. Jumlah siklus masing-masing alat diamati per STA jalan atau per 25 m, sehingga diperoleh rata-rata waktu siklus per STA. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data sekunder berupa data spesifikasi alat berat dan tingkat emisi alat berat.

Dengan menggunakan data tersebut dilakukan perhitungan produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan dalam pekerjaan lapis pondasi agregat. Berdasarkan hasil produktivitas masing-masing alat dapat diestimasi durasi untuk pekerjaan lapis pondasi pada proyek studi kasus tersebut. Setelah diperoleh estimasi durasi, selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan data tingkat emisi alat untuk mengestimasi jumlah emisi yang dihasilkan dari alat berat pada pekerjaan lapis pondasi agregat tersebut.

C. Hasil Dan Pembahasan

Pada studi kasus Proyek pembangunan Jalan Teluk Bayur – Nipah – Purus DAK (098), ini memiliki kriteria tanah berupa tanah lempung atau tanah merah selain itu lokasi ini merupakan bekas perbukitan. Kontur tanah lokasi pembangunan berupa tanah perbukitan dengan elevasi terendah sekitar kurang lebih 70 m dan elevasi tertinggi sekitar kurang lebih 100 m dari permukaan air laut. pabrikan alat tersebut. Alat berat *dumptruck* dan *motor grader* diperlukan untuk mengangkut dan meratakan tanah yang panjang jalan nya 2,6 km dengan lebar jalan 6 m. *dumptruck* digunakan bila jarak angkut tanah lebih dari 100 m. Sedangkan *compactor* berfungsi sebagai alat untuk memadatkan lapisan pondasi agregat.

Produktivitas Masing-masing Alat

Produksi alat berat yang akan dihitung yaitu *dump truck* dengan kapasitas volume bak 8 m³, dan *motor grader* dengan panjang *blade* 2,6 m³, serta *vibro roller compactor* dengan lebar roda penggilas 2,1 m. Rata-rata waktu siklus dan produktivitas masing-masing alat dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3 berikut.

Tabel 1. Waktu Siklus dan Produktivitas

<i>Dump truck</i>			
No.	STA	Waktu Siklus (jam)	Produktivitas (m ³ /jam)
1.	0+000	0,146	35,616
2.	0+025	0,171	30,409
3.	0+050	0,178	29,213
4.	0+075	0,168	30,952
5.	0+100	0,179	29,050
6.	0+125	0,169	30,769
7.	0+150	0,167	31,138
8.	0+175	0,160	32,500
9.	0+200	0,164	31,707
10.	0+225	0,194	26,804
Rata-rata		0,169	30,769

Tabel 2. Waktu Siklus dan Produktivitas

<i>Motor Grader</i>			
No.	STA	Waktu Siklus (jam)	Produktivitas (m ² /jam)
1.	0+000	0,163	518,405
2.	0+025	0,182	464,286
3.	0+050	0,189	447,090
4.	0+075	0,183	461,749
5.	0+100	0,194	435,567
6.	0+125	0,187	451,872
7.	0+150	0,173	488,439
8.	0+175	0,171	494,152
9.	0+200	0,190	444,737
10.	0+225	0,180	469,444
Rata-rata		0,181	466,851

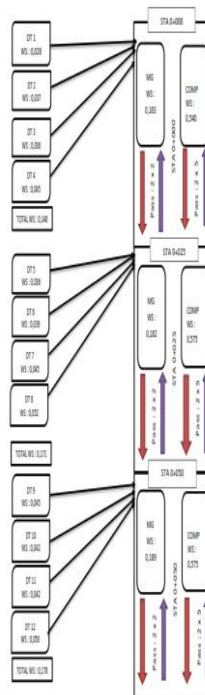
Tabel 3. Waktu Siklus dan Produktivitas *Compactor*

No.	STA	Waktu Siklus (jam)	Produktivitas (m ³ /jam)
1.	0+000	0,540	1,288
2.	0+025	0,575	1,209

3.	0+050	0,594	1,171
4.	0+075	0,603	1,153
5.	0+100	0,595	1,169
6.	0+125	0,584	1,191
7.	0+150	0,502	1,385
8.	0+175	0,513	1,356
9.	0+200	0,536	1,297
10.	0+225	0,569	1,222
	Rata-rata	0,561	1,238

Produktivitas dan Durasi Pekerjaan

Berdasarkan dari hasil perhitungan waktu siklus dan produktivitas semua alat yang bekerja pada pekerjaan lapis pondasi jalan di atas, maka selanjutnya dihitung produktivitas dan durasi pekerjaan dengan penggunaan ketiga alat berat tersebut. Durasi pelaksanaan dapat diperoleh dari melalui analisis siklus pelaksanaan pekerjaan. Dari pengamatan dilapangan diketahui bahwa kombinasi penggunaan ketiga alat dilakukan untuk per 3 STA seperti pada Gambar 1. Pada siklus pelaksanaan pekerjaan pada gambar tersebut, alat yang berkerja tidak bekerja sekaligus tetapi bergantian, karena harus menunggu alat yang satu selesai berkerja.



Gambar1. Siklus Pelaksanaan Pekerjaan Lapis Pondasi per 3 STA

Keterangan gambar :

- DT : *dump truck*
- MG : *motor grader*
- COMP : *compactor*
- WS : waktu siklus

Pada gambar 1 di atas dijelaskan bahwa *dump truck* datang menghamparkan material pada setiap 3 STA. Setiap STA dibutuhkan 4 *dump truck* yang membawa material agregat kelas A. Setelah semua material di hamparkan per 3 STA oleh setiap *dump truck*, baru lah *motor grader* mulai bekerja meratakan material yang telah di hamparkan oleh setiap *dump truck* pada per 3 STA nya. Setelah semua material diratakan oleh *motor grader*, baru lah *compactor* mulai memadatkan material yang telah diratakan *motor grader* tadi. Begitu seterusnya sampai semua pekerjaannya selesai. Berdasarkan siklus pelaksanaan per 3 STA tersebut, dan total waktu dari

masing – masing alat untuk 3 STA, maka dapat dihitung waktu pelaksanaan dan produktivitas pekerjaan dari kombinasi ketiga alat per STA (Tabel 4).

Tabel 4. Rekapitulasi Total Waktu dan Produktivitas Pekerjaan Rata-rata per STA

No.	Waktu Siklus Per 3 Sta			Total Jam	Volume m ³	Produktivitas m ³ /jam
	Dump Truck	Motor Grader	Compactor			
1.	0,495	0,534	1,709	2,74	45	16,44
2.	0,516	0,564	1,782	2,86	45	15,72
3	0,491	0,534	1,551	2,58	45	17,47
Durasi Rata - Rata Per 3 Sta				2,72	45	
Durasi Rata - Rata Per Sta				0,91	15	16,54

Dari siklus pelaksanaan dapat dilihat bahwa pembagian batas pekerjaan cukup jauh yakni per 3 STA, sehingga masing-masing alat terutama *motor grader* dan *compactor* harus menunggu. *Motor grader* harus menunggu *dump truck* menghamparkan untuk 3 STA baru mulai meratakan. Demikian juga dengan *compactor* harus menunggu *motor grader* selesai meratakan 3 STA, baru mulai memadatkan. Oleh sebab itu, sebaiknya batas pekerjaan dibagi per STA saja, sehingga waktu pelaksanaan jadi lebih singkat dari 0,91 jam menjadi 0,56 jam. Waktu 0,56 jam merupakan dari waktu rata – rata per STA untuk *compactor*, karena jika dikerjakan per STA, waktu pelaksanaan yang dihitung hanyalah untuk *compactor* saja, ini disebabkan pada saat *compactor* memadatkan pada STA 1 maka *dump truck* dan *motor grader* dapat menghamparkan dan meratakan material pada STA 2, demikian seterusnya sehingga tidak ada waktu tunggu. Dengan waktu yang lebih singkat maka akan diperoleh produktivitas yang lebih tinggi dari penggunaan alat berat tersebut yakni dari 16,54 m³/jam menjadi 26,79 m³/jam.

Emisi Alat berat

Emisi diperoleh dari perkalian antara tingkat emisi (KgCO₂/jam) dan activity atau waktu siklus seperti dijelaskan sebelumnya. Tingkat emisi (KgCO₂/jam) dari suatu alat sangat bergantung pada spesifikasi alat tersebut. Spesifikasi lengkap dari suatu alat diperoleh dari spesifikasi yang disediakan oleh produsen alat tersebut, berdasarkan jenis dan tipe alat yang diamati di lapangan. Tingkat emisi (KgCO₂/jam) diperoleh dari perkalian *horsepower* (hp), tingkat konsumsi bahan bakar untuk mesin *diesel* yaitu 0,04 gal/hp.jam (Peurifoy & Oberlender, 2005) dan faktor emisi untuk solar yang dikeluarkan oleh EPA (2007) yaitu 10,15 KgCO₂/gal.

Tabel 5. Emisi Alat Berat per STA

No.	Nama Alat	<i>Engin</i>	Tingkat	Faktor	Tingkat	Waktu Siklus /STA	Emisi/ST A
		<i>Power</i>	Konsumsi	emisi	Emisi		
		hp	Gal/hp.ja m	KgCO ₂ /g al	KgCO ₂ /ja m	jam	KgCO ₂
1.	<i>Dump Truck</i>	160	0,04	10,15	64,96	0,169	10,98
2.	<i>Motor grader</i>	155	0,04	10,15	62,93	0,181	11,39
3.	<i>Compactor</i>	165	0,04	10,15	66,99	0,561	37,58
Total Emisi/STA							59,95

Emisi yang dihasilkan dari suatu pekerjaan ditentukan oleh tingkat emisi alat dan waktu siklus. Tingkat emisi alat ditentukan oleh spesifikasi alat yang digunakan, sementara waktu siklus selain ditentukan oleh kapasitas alat, juga dipengaruhi oleh metode kerja pelaksanaan pekerjaan. Sehingga pemahaman bahwa alat dengan tingkat emisi rendah juga akan menghasilkan emisi rendah tersebut tidak selalu benar. Metoda kerja yang menggunakan alat dengan tingkat emisi yang rendah justru dapat menghasilkan emisi yang besar jika metode kerjanya menyebabkan durasi pekerjaan menjadi lama. Hal tersebut dikarenakan lamanya

waktu beroperasi suatu alat, semakin lama durasi yang dibutuhkan oleh suatu alat dalam melakukan suatu pekerjaan maka semakin besar emisi yang dikeluarkan walaupun tingkat emisinya rendah. Sehingga metode kerja juga sangat menentukan jumlah emisi yang dihasilkan oleh alat berat pada suatu pekerjaan.

Nilai emisi per STA pada Tabel 5 diatas, merupakan nilai emisi jika pekerjaan lapis pondasi agregat dikerjakan dengan metode per STA bukan per 3 STA. Jika menggunakan metode per 3 STA, akan mengakibatkan waktu tunggu alat *motor grader* dan *compactor* menjadi semakin lama (sebagaimana dijelaskan pada 3.2), sehingga emisi yang dihasilkan juga semakin besar. Walaupun jumlah emisi yang dihasilkan oleh alat pada saat waktu tunggu tidak sebesar dibandingkan saat alat bekerja (karena kondisi alat *idle*), namun jumlah emisi tetap saja semakin bertambah. Jumlah emisi yang dihasilkan pada pembagian per 3 STA seperti di lapangan tidak dapat ditentukan dalam pembahasan ini dikarenakan perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan persentase *engine power* yang digunakan saat alat *idle*, agar dapat dihitung berapa emisi yang dihasilkan pada saat alat *idle*.

D. Penutup

Produktivitas penggunaan alat berat berupa dump truck, motor grader dan compactor pada pekerjaan lapis pondasi agregat pada proyek konstruksi jalan adalah 16,55 m³/jam. Jika dilakukan perubahan siklus pelaksanaan dari per 3 STA menjadi per 1 STA, maka produktivitasnya akan meningkat menjadi 26,74 m³/jam. Sementara jumlah emisi yang dihasilkan dari pekerjaan lapis pondasi agregat pada proyek konstruksi jalan jika dikerjakan per 1 STA adalah 59,95 KgCO₂ per STA atau per 25 m panjang jalan. Jumlah emisi akan bertambah jika dikerjakan per 3 STA karena adanya waktu tunggu pada *motor grader* dan *compactor* yang mengakibatkan alat tersebut *idle*, dan kondisi alat yang *idle* akan menambah jumlah emisi tanpa menambah produktivitas.

Daftar Pustaka

- c.Abduh, M. "Green Construction Supply Chains for Supporting Green Buildings in Indonesia: Initial Findings and Future Developments". Proceedings of the CIB 2014 Conference, 4 - 7 May 2014, Kandalama, Sri Lanka. 2014
- d.Ahn, C, dkk. "Lessons Learned from Utilizing Discrete-Event Simulation Modeling for Quantifying Construction Emissions in Pre-Planning Phase". Proceeding of the 2010 Winter Simulation Conferences. 2010.
- e.Ahn, C. "An Integrated Framework for Sustainable Construction Processes: Understanding and Managing the Environmental Performance of Construction Operations". Dissertation: Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign. 2012.
- f.Environmental Protection Agency (EPA). "Cleaner Diesels: Low Cost Ways to Reduce Emissions from Construction Equipment". EPA's Sector strategis Program. Washington DC, USA. 2007.
- g.Intergovernmental Panel on Climate Change (<https://www.ipcc.ch>)
- h.Kementerian Pekerjaan Umum. Katalog Alat Berat Konstruksi 2013. Pusat Pembinaan Sumber Daya Investasi Badan Pembinaan Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta. 2014.
- i.Octavia, D.M. "Emission-based Simulation Model for Selecting Concreting Operation's Method". Proceedings of Conference for Civil Engineering Research Networks. Bandung. Indonesia. (unpublished). 2014.
- j.Octavia, D.M. "PTM dan Alat Berat". Buku Ajar. Institut Teknologi Padang. 2021.
- k.Peurify, R.L. & Oberlender, G.D. "Estimating Construction Cost, 5th Ed". McGraw Hill, New York. 2005.
- l.Rostiyanti, S.F. "Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi". Jakarta: Rineka Cipta. 2008.