

Analisis Perhitungan Waktu Operasional Pemindahan *Alternative Fuel & Raw Material* (AFR) dengan Metode *Cycle Time* dan *Time and Motion Study* (TMS)

Taufik Nur Rahman¹, Aditya Maharani^{2*}, Dian Asa Utari¹

¹Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

^{2*}Manajemen Bisnis Maritim, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

¹Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

Email: maharani@ppns.ac.id

Abstract – PT Semen Gresik is consistently a company that is committed to optimizing the use of *Alternative Fuel & Raw Material* (AFR) to realize sustainable operations. AFR is one of the thermal substitution rates (TSR). To meet the thermal substitution rate (TSR) target, PT Semen Gresik built an *Alternative Fuel & Raw Material* (AFR) storage facility which will later be transported to the apron belt feeder with a capacity of 25 tons / hour with the help of a wheel loader. The purpose of this study is to determine how long the transport time required to move alternative fuel to the apron belt feeder using a wheel loader. The analysis is calculated using the cycle time method and Time and Motion Study (TMS) calculation method to determine cycle time and standard time. The results of the analysis of the calculation of the operational time of the wheel loader machine to move alternative fuel from the storage warehouse to the apron belt feeder, for a cycle time of 4.07 minutes while the standard time is 5 minutes in one transportation.

Keywords: AFR, Cycle time, Standard Time, Time and Motion Study (TMS), Wheel Loader.

Nomenclature

J	Jarak angkut
F	Kecepatan maju
R	Kecepatan mundur
Z	Waktu tetap
Σ_{xi}	Jumlah waktu pengukuran
N	Banyaknya data pengukuran
P	Performance Rating
L	Kelonggaran
X	Besarnya kelonggaran berdasarkan jenis kelamin pekerja

1. PENDAHULUAN

Limbah adalah bahan sisa dari berbagai kegiatan dan proses produksi, seperti rumah tangga, industri, pertambangan, dan lainnya. Limbah padat dapat dijadikan *Alternative Fuel and Raw Material* (AFR) untuk industri semen dengan memenuhi kriteria tertentu seperti nilai kalor, kadar air, sulfur, klorin, dan merkuri. Proses pengolahan dilakukan melalui pencacahan dan pencampuran limbah dengan efisiensi pengolahan mencapai 95% [9]. PT Semen Gresik konsisten menjadi perusahaan yang berkomitmen mengoptimalkan pemanfaatan bahan bakar alternatif atau *Alternative Fuel & Raw Material* (AFR) guna mewujudkan operasional yang berkelanjutan. Dengan ini perusahaan terus bergerak dengan sistem manajemen lingkungan yang andal, efisiensi energi, hingga penurunan emisi dalam jangka panjang [6].

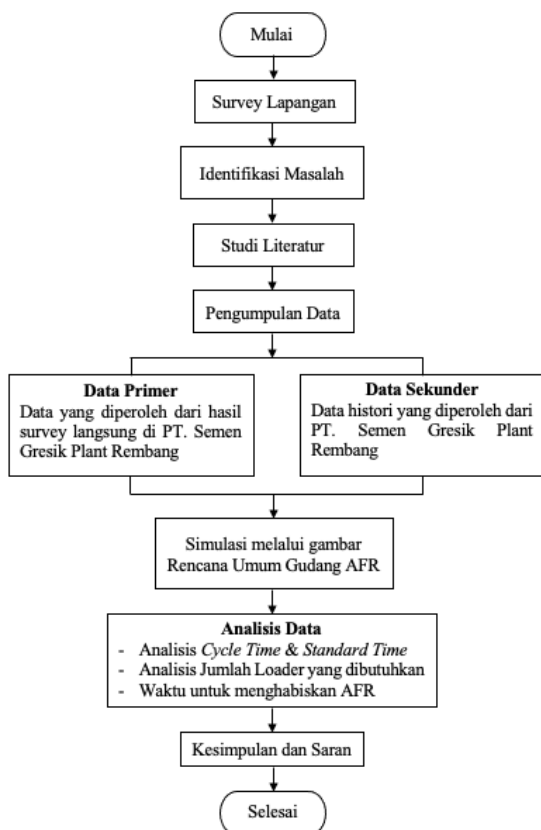
Untuk memenuhi target *thermal substitution rate* (TSR) maka PT. Semen Gresik membangun fasilitas penyimpanan *Alternative Fuel & Raw Material* (AFR) untuk menyimpan limbah tongkol jagung (bonggol), ampas tebu, sekam, dan limbah lainnya yang dapat digunakan sebagai *alternative fuel* yang nantinya akan diangkut menuju *apron belt feeder* kapasitas 25 ton/jam dengan bantuan *wheel loader*. Mengangkut sebuah produk membutuhkan waktu dan tidak bisa asal memperkirakan waktu selesainya. Ini akan berhubungan dengan biaya yang diperlukan untuk mengangkut bahan bakar alternatif tersebut. Sehingga perlu adanya perhitungan agar lebih terjadwal dan efisien.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui berapa lama waktu angkut yang diperlukan untuk memindah *alternative fuel* ke *apron belt feeder* menggunakan alat angkut *wheel loader*. Analisis dihitung dengan menggunakan metode perhitungan metode *cycle time* dan *Time and Motion Study* (TMS). Penelitian ini berfokus pada lingkup area gudang penyimpanan AFR hingga *Apron Belt Feeder*, Alat berat yang digunakan adalah *wheel loader*. Analisis perhitungan ini dihitung dalam keadaan bekerja secara normal tanpa ada kendala. Tidak mempertimbangkan faktor-faktor seperti, lingkungan, cuaca, serta alat berat yang digunakan.

2. METODOLOGI.

2.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir pada gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alternative Fuel & Raw Material (AFR)

Alternative Fuel & Raw Material (AFR) adalah bahan yang berasal dari limbah yang telah diolah terlebih dahulu untuk tujuan mengurangi maupun menggantikan bahan bakar fosil dan bahan baku alami tanpa berdampak pada kualitas produk akhir. Bahan-bahan ini merupakan pilar utama untuk mengurangi emisi CO₂.

Penggunaan AFR diharapkan dapat memberikan solusi ramahlingkungan terhadap permasalahan limbah, mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam tak terbarukan, mengurangi emisi, dan peluang kegiatan ekonomi untuk masyarakat. Dengan AFR akan ada penghematan, adanya pengurangan CO₂ ke lingkungan, sehingga efek terhadap panas global juga berkurang [5].

2.3 Cycle Time

Cycle time adalah waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja, pada umumnya durasi waktu tiap-tiap elemen akan sedikit perbedaan dari siklus ke siklus lainnya, sekalipun operator bekerja pada kecepatan normal atau *uniform*, tiap-tiap elemen dalam siklus yang berbeda tidak selalu bisa diselesaikan dalam waktu yang sama persis. menurut [2].

Metode pengukuran dengan *cycle time* memungkinkan perusahaan dapat mengetahui waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu produk maupun jasa. Sehingga, perusahaan akan dapat meningkatkan atau memperbaiki hal-hal teknis yang menghambat produktivitas dan efisiensi perusahaannya. Adapun cara untuk menghitung *cycle time* cukup sederhana, dengan rumus di bawah:

$$Cycle\ Time = \frac{Net\ Production\ Time}{Number\ of\ Units\ Produced} \quad (1)$$

2.4 Wheel Loader

Wheel Loader adalah suatu alat berat yang mirip dengan *Dozer Shovel*, tetapi beroda karet (ban) sehingga baik kemampuan maupun kegunaannya sedikit berbeda yaitu, hanya mampu beroperasi di daerah yang keras dan rata, kering, dan tidak licin karena traksi di daerah basah akan rendah, tidak mampu mengambil tanah “*bank*” sendiri atau tanpa batuan *dozing/stock piling* terlebih dahulu dengan *bulldozer* [1]. Cara kerja *Wheel Loader* pada dasarnya sama seperti alat berat lainnya, dimana mesin penggerak utama menggunakan sistem penggerak hidrolik.

Pada penelitian ini Spesifikasi *Wheel Loader* yang digunakan adalah Caterpillar 966H dengan kapasitas *bucket* 4,2 m³. Untuk mengetahui waktu dari *loading-unloading* dari *wheel loader* dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1: *Cycle time loading-unloading*

Hydraulic System	Description
<i>Bucket/Work Tool System – Pump</i>	305 L/min 80.6 gal/min
<i>Steering System Pump Type</i>	Piston
<i>Hydraulic Cycle Time - Raise</i>	5.9 Seconds
<i>Hydraulic Cycle Time - Dump</i>	1.6 Seconds
<i>Hydraulic Cycle Time – Lower, Empty, Float Down</i>	2.4 Seconds
<i>Hydraulic Cycle Time - Total</i>	9.9 Seconds

Sedangkan untuk mengetahui laju kecepatan maju dan mundur dari *wheel loader* dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2: *Speed Transmission Wheel Loader 966H*

<i>Transmission</i>	<i>Speed</i>
<i>Forward 1</i>	6.7 km/h
<i>Forward 2</i>	12.6 km/h
<i>Forward 3</i>	22.1 km/h
<i>Forward 4</i>	37.4 km/h
<i>Reverse 1</i>	7.4 km/h
<i>Reverse 2</i>	13.9 km/h
<i>Reverse 3</i>	24.3 km/h
<i>Reverse 4</i>	37.4 km/h

Waktu siklus *wheel loader* untuk memindahkan, mengganti gigi dan mundur, dihitung dengan persamaan berikut : [3].

a. Pemuatan silang (*cross loading*)

$$Cm = \frac{L}{F} + \frac{L}{R} + Z \quad (2)$$

b. Pemuatan bentuk V (*V loading*)

$$Cm = 2x \frac{L}{F} + 2x \frac{L}{R} + Z \quad (3)$$

c. Muat angkut (*load and carry*)

$$Cm = 2x \frac{L}{F} + Z \quad (4)$$

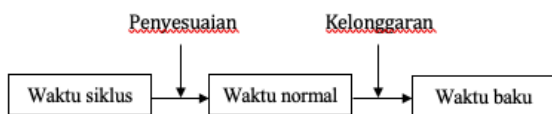
Faktor waktu tetap juga mempengaruhi pada saat perhitungan waktu siklus. Sehingga diperlukan data waktu tetap (menit) sesuai tabel 3.

Tabel 3: Waktu Tetap *Wheel Loader*

	<i>V Loading</i>	<i>Cross Loading</i>	<i>Load & Carry</i>
Mesin gerak langsung	0,25	0,35	-
Mesin gerak hidrolis	0,20	0,30	-
Mesin gerak torqflow	0,20	0,30	0,35

2.5 Time and Motion Study (TMS)

Time and Motion Study terdiri dari Studi Waktu (*Time study*) dan Studi Gerakan (*motion study*). Studi Waktu (*Time Study*) adalah studi untuk mempelajari dan meneliti waktu kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan sebagai salah satu unsur kriteria produktivitas kerja manusia [8]. Studi Gerakan (*motion study*) merupakan studi mengenai gerakan-gerakan yang dilakukan pekerja (operator) dalam menyelesaikan rangkaian pekerjaannya. *Time and motion study* sangat relevan dalam konteks pengelolaan operasional, manufaktur, dan bidang-bidang lain di mana efisiensi operasional dan produktivitas sangat penting. Secara garis besar urutan pengukuran waktu kerja dapat digambarkan sesuai dengan gambar 2 berikut :



Gambar 2. Tahapan Perhitungan Waktu Baku

Untuk menetapkan waktu baku (*Wb*) menggunakan persamaan-persamaan berikut : [8].

1. Waktu siklus rata-rata (*Ws*)

$$Ws = \frac{\sum xi}{N} \quad (5)$$

2. Waktu normal (*Wn*)

$$Wn = Ws \times P \quad (6)$$

3. Waktu Baku (*Wb*)

$$Wb = Wn + \left(\frac{x}{100} \times Wn\right) \quad (7)$$

Mengevaluasi kecepatan atau tempo kerja operator pada saat pengukuran kerja berlangsung sangatlah penting untuk memperoleh waktu normal. Kegiatan mengevaluasi kecepatan kerja operator ini dikenal sebagai *performance rating*. *Westinghouse*

company 1927 memperkenalkan sistem untuk mengukur *performance rating* ini berdasarkan faktor kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*working condition*) dan konsistensi (*consistency*), untuk menormalkan waktu yang ada dilakukan dengan mengalikan waktu rata-rata yang diperoleh dari pengukuran dengan empat rating faktor yang sesuai dengan *performance* [4].

Untuk nilai dari *Performance Rating* dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4: *Performance Rating Metode Westing House*

SKILL			EFFORT		
Kelas	Kode	Nilai	Kelas	Kode	Nilai
<i>Super skill</i>	A1	+0.15	<i>Excessive effort</i>	A1	+0.13
	A2	+0.13		A2	+0.12
<i>Excellent</i>	B1	+0.11	<i>Excellent</i>	B1	+0.10
	B2	+0.08		B2	+0.08
<i>Good</i>	C1	+0.06	<i>Good</i>	C1	+0.05
	C2	+0.03		C2	+0.02
<i>Average</i>	D	0.00	<i>Average</i>	D	0.00
<i>Fair</i>	E1	-0.05	<i>Fair</i>	E1	-0.04
	E2	-0.10		E2	-0.08
<i>Poor</i>	F1	-0.16	<i>Poor</i>	F1	-0.12
	F2	-0.22		F2	-0.17
CONDITION			CONSISTENCY		
Kelas	Kode	Nilai	Kelas	Kode	Nilai
<i>Ideal</i>	A	+0.06	<i>Perfect</i>	A	+0.04
<i>Excellent</i>	B	+0.04	<i>Excellent</i>	B	+0.03
<i>Good</i>	C	+0.02	<i>Good</i>	C	+0.01
<i>Average</i>	D	0.00	<i>Average</i>	D	0.00
<i>Fair</i>	E	-0.03	<i>Fair</i>	E	-0.02
<i>Poor</i>	F	-0.07	<i>Poor</i>	F	-0.14

Kelonggaran (*Allowance*) adalah sejumlah waktu yang harus ditambahkan dalam waktu normal (*normal time*) untuk mengantisipasi terhadap kebutuhan-kebutuhan waktu guna melepaskan lelah (*fatigue*), kebutuhan-kebutuhan yang bersifat pribadi (*personal needs*) dan kondisi-kondisi menunggu atau menganggur baik yang bisa dihindarkan ataupun tidak bisa dihindarkan (*avoidable or unavoidable delays*) [7].

Tabel 5: *Allowance factors* yang direkomendasikan oleh ILO

KELONGGARAN TETAP	%
a. Kelonggaran pribadi	5
b. Kelonggaran kelelahan dasar	4

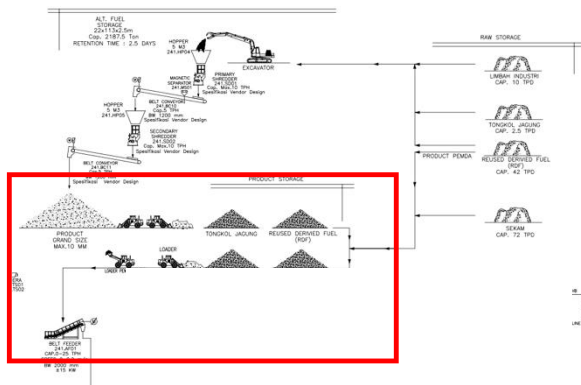
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Proyek

Rencana Pembangunan penambahan fasilitas baru yaitu gudang bahan bakar alternatif atau *Alternative Fuel & Raw Material (AFR) storage* di Pabrik Semen Gresik plant Rembang. Proyek tersebut masih dalam rencana sehingga perlu didesain *layout* rencana umumnya dan fasilitas – fasilitas penunjangnya serta perhitungann-perhitungannya sampai menjadi dokumen *engineering*. Dokumen *engineering* dikerjakan oleh *Departement Of Engineering and Project Management* di Gresik yang nantinya akan ditenderkan guna menjalankan proyek AFR tersebut.

3.2 Alur Proses Pekerjaan *Wheel Loader*

Alur proses pekerjaan *wheel loader* merupakan tahapan produksi yang dilalui oleh *wheel loader* pada saat mengangkut AFR.



Gambar 3. Flow Sheet pengolahan AFR

Dari gambar 3, yang dibatasi garis merah merupakan alur proses kerja *wheel loader* dimulai dari *product storage* menuju *apron belt feeder* kapasitas 25 ton/jam. *Wheel Loader* mengangkut material yang berada di *product storage* yang berisi limbah industri, tongkol jagung, *Reused Derived Fuel* (RDF) dan sekam hingga habis. Dari alur proses tersebut diperlukan analisis penghitungan *cycle time* dan *time motion study* yang akurat untuk meminimalisir hambatan yang terjadi pada kegiatan pengangkutan.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk pengolahan data perhitungan *cycle time*, penentuan waktu normal dan penentuan waktu baku. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui survey dengan pengamatan langsung di lapangan (data primer) dan data histori pada plant yang proyek AFR-nya sudah berjalan atau beroperasi (data sekunder). Berikut adalah data yang diperoleh dari survey lapangan di Pabrik Semen Gresik yaitu data *cycle time* aktivitas dari *wheel loader* pada tabel 6.

Tabel 6: Cycle time Aktivitas *Wheel Loader Storage-Apron*

Aktivitas <i>Wheel Loader Storage-Apron</i>	Waktu (menit)
Manuver Masuk Dalam Storage	0,5
Loading Material	0,33
Manuver Keluar Storage	0,5
Manuver Masuk Dalam Apron	0,5
Unloading Material	0,33
Manuver Keluar Apron	0,5
Cadangan (<i>Safety</i>)	1
Total	3,66

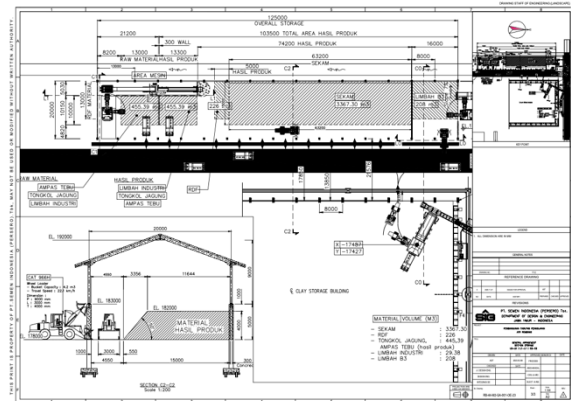
Untuk data sekunder yang didapat langsung dari instansi terkait merupakan dokumen berisi data histori terkait produksi AFR yang sudah beroperasi sebagai berikut:

- Waktu Operasional : 24 jam/hari
- Rata-rata Densitas material (ρ) : 0,35 ton/m³
- Waktu *loading-unloading* : 9,9 detik

- Safety* (x2) : 19,8 detik
- Kecepatan maju (*gear* 3) : 22,1 km/jam

3.4 Layout Alternative Fuel dan Raw Material (AFR) Storage Pabrik Semen Gresik Plant Rembang

Desain *Layout* digunakan untuk simulasi mengatur fasilitas pabrik agar proses operasi atau produksinya berjalan secara efisien dan optimal. Adapun *Layout AFR storage* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Layout AFR storage

Gambar 4. merupakan rencana gambar yang telah didesain oleh *Departement Of Engineering and Project Management, SIG* sebagai *general arrangement* dan simulasi untuk kebutuhan proyek. Pada gambar tersebut terdapat keterangan data yang dapat digunakan sebagai perhitungan *cycle time* dan lainnya, seperti dimensi bangunan dan alat, volume material, jarak tempuh alat berat, dan sebagainya. Untuk jarak tempuh *wheel loader*, jarak terjauhnya yaitu sekitar 125 m dan jarak terdekatnya adalah 25 m. Sedangkan volume material dapat dilihat pada tabel 7 yang diperoleh dari layout *AFR storage*.

Tabel 7: Volume AFR

Material	Volume (m ³)
Hasil produk	455,39
RDF	226
Sekam	3367,30
Limbah B3	208
Total	4256,69

3.5 Perhitungan Cycle Time *Wheel Loader*

Cara menghitung *cycle time* yaitu dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari informasi produksi. Pada perhitungan *cycle time* jarak tempuh yang dilalui oleh *wheel loader* diambil jarak tengah yaitu 75 m. Berikut ini data yang digunakan dalam menghitung *cycle time*.

Kecepatan maju (F) = 22,1 km/jam (Tabel 2)
 $= 22,1 \times \frac{1000}{60}$
 $= 368,333 \text{ m/mnt}$

Cycle time aktivitas = 3,66 menit (Tabel 6)

Waktu tetap (Z) = - (mesin gerak hidrolis load & carry Tabel 3)

Berikut perhitungan *cycle time wheel loader* untuk memindahkan AFR dengan jarak angkut 75 m. Perhitungan *cycle time* menggunakan persamaan 4.

$$Cm = 2 \times \frac{L}{F} + Z$$

$$= 2 \times \frac{75}{368.333} + 0$$

$$= 0,41 \text{ menit}$$

$$\text{Cycle time total} = 0,4 + \text{cyle time aktivitas}$$

$$= 0,41 + 3,66$$

$$= 4,07 \text{ menit}$$

Waktu siklus yang dibutuhkan *wheel loader* untuk memindahkan material AFR dengan menggunakan metode *cycle time* dalam sekali pengangkutan membutuhkan waktu selama 4,07 menit.

3.6 Perhitungan Waktu Baku *Wheel Loader*

Berikut ini proses pengukuran kerja yang akan dilakukan penulis dalam mengukur waktu kerja *wheel loader* dengan metode *Time And Motin Study (TMS)*. Sebelum melakukan pengukuran secara obyektif, terlebih dahulu harus menetapkan langkah-langkah pada setiap kegiatan pengukuran kerja. Berikut ini adalah tahapan perhitungan untuk menetapkan waktu baku.

1. Waktu siklus rata-rata (Ws)

Waktu siklus rata-rata pekerjaan *wheel loader* dihitung melalui perhitungan pengukuran *cycle time* dari jarak tempuh *wheel loader* terjauh sampai terdekat. Jarak tempuh yang diambil adalah per sepuluh meter antara jarak 25 meter – 125 meter. Selanjutnya diambil waktu siklus rata-rata dari perhitungan *cycle time* sepuluh meter. Berikut perhitungan waktu siklus rata-rata menggunakan persamaan 5.

$$Ws = \frac{\sum xi}{N}$$

$$= \frac{(4,34+4,28+4,23+4,18+4,12+4,07+4,01+3,96+3,90+3,85+3,80)}{11}$$

$$= 4,07 \text{ menit}$$

2. Menentukan Waktu normal (Wn)

Sebelum menghitung waktu normal terlebih dahulu menentukan *performance rating* dari kegiatan yang ditujukan oleh operator. Penetapan *performance rating* menggunakan metode *westing house* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8: Penetapan *Performance Rating* (Metode *Westing House*)

Kelas	Kode	Nilai
<i>Good Skill</i>	C1	+0,06
<i>Good Effort</i>	C2	+0,02
<i>Good Condition</i>	B	+0,04
<i>Good Consistency</i>	C	+0,01
Total		1,13

Performance rating yang telah ditetapkan digunakan untuk menghitung waktu normal.

Perhitungan Waktu normal (Wn) menggunakan persamaan 2.14

$$Wn = Ws \times P, \text{ nilai } P \text{ didapatkan dari tabel 8.}$$

$$= 4,07 \times 1,13$$

$$= 4,59 \text{ menit}$$

3. Menetapkan Waktu Baku (Wb)

Untuk menghitung waktu baku (*standard time*) dengan penyesuaian ke waktu normal, diperlukan total kelonggaran (*allowance*) seperti kebutuhan pribadi untuk mengatasi kelelahan, kejenuhan, dan kebutuhan lainnya yang tidak terkendali. Oleh karena itu, nilai faktor kelonggaran (*allowance*) diperlukan sebagai waktu khusus untuk memenuhi keperluan tersebut. Pada analisis perhitungan ini hanya menggunakan kelonggaran tetap sesuai tabel 5. Setelah nilai kelonggaran diketahui, selanjutnya menetapkan waktu baku menggunakan persamaan 7.

$$Wb = Wn + \left(\frac{x}{100} \times Wn\right), \text{ nilai } x \text{ didapat dari tabel 5}$$

$$= 4,59 + \left(\frac{9}{100} \times 4,59\right)$$

$$= 4,59 + 0,41$$

$$= 5 \text{ menit}$$

Waktu baku *wheel loader* untuk memindahkan material AFR dengan menggunakan metode *Time And Motin Study (TMS)* dalam sekali pengangkutan membutuhkan waktu selama 5 menit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil penentuan *cycle time* dan waktu baku alat berat *wheel loader* untuk memindahkan bahan bakar alternatif dari gudang penyimpanan ke *apron belt feeder* berdasarkan metode *cycle time* adalah 4,07 menit, dan berdasarkan metode *Time and Motion Study (TMS)* adalah 5 menit.

6. PUSTAKA

- [1] Kulo, E.N. (2017). *Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan. Jurnal Sipil Statik*. Vol.5, No.7, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [2] Purnomo, H. (2003). *Pengantar Teknik Industri*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Rochmanhadi. (1987). *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [4] Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering*, Technology and operations management, John Wiley & Sons, USA.
- [5] Serasan Cipta Abadi. (2018). *Alternative fuel and raw material*. URL: <https://www.serasanciptaabadi.com/alternative-fuel-raw-material/>

- [6] Sunyata, D. (2022). Semen Gresik Genjot Thermal Substitusi Rate, Manfaatkan Limbah Sebagai Energi Alternatif. Suarajawatengah.id. URL:<https://jateng.suara.com/read/2022/07/15/134824/semen-gresik-genjot-thermal-substitusi-rate-manfaatkan-limbah-sebagai-energi-alternatif>.
- [7] Widiawati, U.T. (2009). Deskripsi *Time And Motion Study* Untuk Mengetahui Waktu Baku Di Produksi Sambal PT. Heinz ABC Indonesia Karawang. **Laporan Khusus**. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [8] Wignjosoebroto, S. (2003). **Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu**. Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas kerja, Edisi Ketiga. PT. Guna Widya, Surabaya.
- [9] Yuniandari, S.S (2019). Pengolahan limbah padat industri menjadi *alternative fuel and raw material* (AFR) untuk industri semen (studi kasus: PT Indocement Tunggul Prakarsa tbk, pabrik Citeureup, Bogor, Jawa Barat). **Skripsi**, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.