

4. ANALISA DATA

4.1. Data Umum Penelitian

Dalam perhitungan ini, tidak semua pekerjaan dapat diamati oleh peneliti. Berikut ini adalah pekerjaan-pekerjaan yang diamati dalam penelitian ini dan bagaimana cara melakukan perhitungan untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC.

Tabel 4.1. Pekerjaan yang Diamati

Jenis Pekerjaan yang Diamati	Lantai	Jumlah Pengamatan
Pengangkatan Tulangan <i>Shearwall</i>	6	12
Pengecoran <i>Shearwall</i>	6	80
Pengangkatan Tulangan Balok	7	7
Pengangkatan Tulangan <i>Shearwall</i>	7	12
Pengangkatan Bekisting Balok	8	3

Dalam mendapatkan kecepatan ideal TC, dilakukan interpolasi linier. Interpolasi linier dilakukan dengan membandingkan berat beban yang diangkat oleh TC dengan beban minimum dan beban maksimum yang dapat diangkat TC, lalu diperbandingkan dengan kecepatan ideal minimum dan maksimum TC. Perhitungan kecepatan ideal masing-masing pengangkatan dapat dilihat di Lampiran 5.

4.2. Perhitungan Pengangkatan Tulangan *Shearwall* lantai 6

4.2.1. Data Umum *Shearwall* lantai 6 nomor 1

Koordinat sumber material	= (X1,Y1) = (4.7 , 39)
Koordinat tujuan	= (X2,Y2) = (5.4 , 4.85)
Koordinat TC	= (X0,Y0) = (0,0)
Elevasi sumber material	= ±0.00
Elevasi tujuan	= +22.85
Tinggi angkat tambahan (Ho)	= 2 m
Jumlah <i>shearwall</i> yang diamati	= 12

4.2.2. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Ideal

Data kecepatan operasi ideal TC adalah sebagai berikut:

Kecepatan <i>hoist</i> ideal angkat (V_{va})	= 39.20 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal angkat (V_{ha})	= 47.03 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal angkat (V_{ra})	= 1.57pi rad/menit
Kecepatan <i>hoist</i> ideal kembali (V_{vk})	= 50 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal kembali (V_{hk})	= 60 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal kembali (V_{rk})	= 2 pi rad/menit

- Jarak Tempuh Vertikal

$$\begin{aligned}
 D_v &= H_{Lt} + H_0 \\
 &= 22.85 + 2 \\
 &= 24.85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Jarak Tempuh Rotasi

$$\begin{aligned}
 D_3 &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\
 &= \sqrt{(5.4 - 4.7)^2 + (4.85 - 39)^2} \\
 &= 34.1572 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} \\
 &= \sqrt{(4.7 - 0)^2 + (39 - 0)^2} \\
 &= 39.2822 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= \sqrt{(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2} \\
 &= \sqrt{(5.4 - 0)^2 + (4.85 - 0)^2} \\
 &= 7.2583 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \alpha &= \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2} \\
 &= \frac{39.2822^2 + 7.2583^2 - 34.1572^2}{2 \times 39.2822 \times 7.2583} \\
 &= 0.7524
 \end{aligned}$$

$$D_r = 0.2289 \text{ pi rad}$$

- Jarak Tempuh Horizontal

$$\begin{aligned} D_h &= |D_1 - D_2| \\ &= |39,2822 - 7.2583| \\ &= 32.0239 \text{ m} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{va_{ideal}} &= D_v / V_{va} \\ &= 24.85 / 39.20 \\ &= 0.6340 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ra_{ideal}} &= D_r / V_r \\ &= 0.2289 \text{ pi} / 1.57 \text{ pi} \\ &= 0.1460 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ha_{ideal}} &= D_h / V_h \\ &= 32.0239 / 47.03 \\ &= 0.6809 \text{ menit} \end{aligned}$$



Gambar 4.1. Pengangkatan Tulangan *Shearwall* lantai 6

- Waktu Tempuh Vertikal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{vk_{ideal}} &= D_v / V_{vk} \\ &= 24.85 / 50 \\ &= 0.4970 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{rk_{ideal}} &= D_r / V_{rk} \\ &= 0.2289 \pi / 2\pi \\ &= 0.1144 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{hk_{ideal}} &= D_h / V_{hk} \\ &= 32.0239 / 60 \\ &= 0.5337 \text{ menit} \end{aligned}$$



Gambar 4.2. *Trolley TC pada Pengangkatan Tulangan Shearwall*

4.2.3. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Aktual

Data waktu operasi aktual TC adalah sebagai berikut:

Waktu aktual <i>hoist</i> angkat ($T_{va_{aktual}}$)	= 63	detik	= 1.0500	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> angkat ($T_{ha_{aktual}}$)	= 49	detik	= 0.8167	menit
Waktu aktual <i>swing</i> angkat ($T_{ra_{aktual}}$)	= 43	detik	= 0.7167	menit

Waktu aktual *hoist* kembali (Tvk_{aktual}) = 41 detik = 0.6833 menit
 Waktu aktual *trolley* kembali (Thk_{aktual}) = 39 detik = 0.6500 menit
 Waktu aktual *swing* kembali (Trk_{aktual}) = 25 detik = 0.4167 menit

4.2.4. Perhitungan Koefisien Koreksi Waktu Tempuh *Tower Crane*

$$\begin{aligned}
 Kk &= \frac{Tva_{\text{ideal}} + Tra_{\text{ideal}} + Tha_{\text{ideal}} + Tvk_{\text{ideal}} + Trk_{\text{ideal}} + Thk_{\text{ideal}}}{Tva_{\text{aktual}} + Tra_{\text{aktual}} + Tha_{\text{aktual}} + Tvk_{\text{aktual}} + Trk_{\text{aktual}} + Thk_{\text{aktual}}} \\
 &= \frac{0.6340 + 0.1460 + 0.6809 + 0.4970 + 0.1144 + 0.5337}{1.0500 + 0.7167 + 0.8167 + 0.6833 + 0.4167 + 0.6500} \\
 &= 0.6014
 \end{aligned}$$

4.2.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh

Perhitungan yang telah dilakukan di 4.2.1 sampai 4.2.4 adalah untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC pengangkatan tulangan *shearwall* lantai 6 yang pertama. Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan koefisien koreksi pengangkatan tulangan *shearwall* lantai 6 yang lain, yang dapat dilihat di Tabel 4.2. Detail perhitungan dapat dilihat di Lampiran 6.

Tabel 4.2. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Pengangkatan Tulangan *Shearwall* lantai 6

Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)
1	0.6014	7	0.9133
2	0.7985	8	0.8865
3	0.7084	9	0.7901
4	0.9013	10	0.7496
5	0.6661	11	0.8955
6	0.7335	12	0.7743

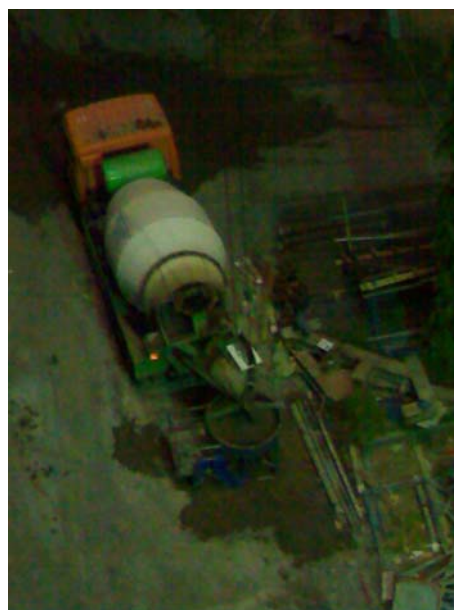
$$\begin{aligned}
 Kk \text{ rata-rata} &= \frac{\sum (Kki)}{n} \\
 &= 0.7849
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Varian} &= \frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata - rata})^2}{n - 1} \\
 &= 0.0100 \\
 \text{Standart deviasi} &= \sqrt{\frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata - rata})^2}{n - 1}} = \sqrt{\text{Varian}} \\
 &= \sqrt{0.0100} \\
 &= 0.1002
 \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Pengecoran *Shearwall* lantai 6

4.3.1. Data Umum *Shearwall* lantai 6 as 9 nomor pengecoran 1

Koordinat truk molen	= (X1,Y1) =	(31.2 , 19.2)
Koordinat tujuan	= (X2,Y2) =	(-0.45 , -25.4)
Koordinat TC	= (X0,Y0) =	(0,0)
Elevasi sumber material	= ±0.00	
Elevasi tujuan	= +22.85	
Tinggi angkat tambahan (Ho)	= 4 m	
Jumlah pengecoran <i>shearwall</i> yang diamati	= 80	



Gambar 4.3. Waktu Ikat pada Pekerjaan Pengecoran

4.3.2. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Ideal

Data kecepatan operasi ideal TC adalah sebagai berikut:

Kecepatan <i>hoist</i> ideal angkat (V_{va})	= 25 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal angkat (V_{ha})	= 30 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal angkat (V_{ra})	= π rad/menit
Kecepatan <i>hoist</i> ideal kembali (V_{vk})	= 47.4 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal kembali (V_{hk})	= 56.8 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal kembali (V_{rk})	= 1.9π rad/menit



Gambar 4.4. Shearwall Sebelum Pengecoran

- Jarak Tempuh Vertikal

$$\begin{aligned}
 D_v &= H_{Lt} + H_0 \\
 &= 22.85 + 4 \\
 &= 26.85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Jarak Tempuh Rotasi

$$\begin{aligned}
 D_3 &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\
 &= \sqrt{(-0.45 - 31.2)^2 + (-25.4 - 19.2)^2} \\
 &= 54.6890 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} \\
 &= \sqrt{(31.2 - 0)^2 + (19.2 - 0)^2} \\
 &= 36.6344 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= \sqrt{(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2} \\
 &= \sqrt{(-0.45 - 0)^2 + (-25.4 - 0)^2} \\
 &= 25.4040 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \alpha &= \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2} \\
 &= \frac{36.6344^2 + 25.4040^2 - 54.6890^2}{2 \times 36.6344 \times 25.4040} \\
 &= -0.5391
 \end{aligned}$$

$$D_r = 0.6812 \text{ pi rad}$$

- Jarak Tempuh Horizontal

$$\begin{aligned}
 D_h &= |D_1 - D_2| \\
 &= |36.6344 - 25.4040| \\
 &= 11.2304 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.5. Gerakan Swing TC pada Pengecoran *Shearwall*

- Waktu Tempuh Vertikal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{va_{ideal}} &= D_v / V_{va} \\ &= 26.85 / 25 \\ &= 1.0740 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ra_{ideal}} &= D_r / V_r \\ &= 0.6812 \text{ pi} / \text{pi} \\ &= 0.6812 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horisontal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ha_{ideal}} &= D_h / V_h \\ &= 11.2304 / 30 \\ &= 0.3743 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{vk_{ideal}} &= D_v / V_{vk} \\ &= 26.85 / 47.4 \\ &= 0.5665 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{rk_{ideal}} &= D_r / V_{rk} \\ &= 0.6812 \text{ pi} / 1.9\text{pi} \\ &= 0.3585 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horisontal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{hk_{ideal}} &= D_h / V_{hk} \\ &= 11.2304 / 56.8 \\ &= 0.1977 \text{ menit} \end{aligned}$$



Gambar 4.6. Pengecoran *Shearwall* pada Malam Hari

4.3.3. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Aktual

Data waktu operasi aktual TC adalah sebagai berikut:

Waktu aktual <i>hoist</i> angkat (Tva_{aktual})	= 42	detik	= 0.7000	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> angkat (Tha_{aktual})	= 25	detik	= 0.4167	menit
Waktu aktual <i>swing</i> angkat (Tra_{aktual})	= 55	detik	= 0.9167	menit
Waktu aktual <i>hoist</i> kembali (Tvk_{aktual})	= 16	detik	= 0.2667	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> kembali (Thk_{aktual})	= 28	detik	= 0.4667	menit
Waktu aktual <i>swing</i> kembali (Trk_{aktual})	= 29	detik	= 0.4833	menit

4.3.4. Perhitungan Koefisien Koreksi Waktu Tempuh *Tower Crane*

$$\begin{aligned}
 Kk &= \frac{Tva_{ideal} + Tra_{ideal} + Tha_{ideal} + Tvk_{ideal} + Trk_{ideal} + Thk_{ideal}}{Tva_{aktual} + Tra_{aktual} + Tha_{aktual} + Tvk_{aktual} + Trk_{aktual} + Thk_{aktual}} \\
 &= \frac{1.0740 + 0.6812 + 0.3743 + 0.5665 + 0.3585 + 0.1977}{0.7000 + 0.9167 + 0.4167 + 0.2667 + 0.4833 + 0.4667} \\
 &= 1.0007
 \end{aligned}$$

4.3.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh

Perhitungan yang telah dilakukan di 4.3.1 sampai 4.3.4 adalah untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC pengecoran *shearwall* lantai 6

yang pertama. Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan koefisien koreksi pengecoran *shearwall* lantai 6 yang lain, yang dapat dilihat di Tabel 4.3. Detail perhitungan dapat dilihat di Lampiran 7.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Pengecoran *Shearwall* lantai 6

Nomor Pengecoran	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengecoran	Koefisien Koreksi (Kk)
1	1.0007	24	1.0000
2	0.9806	25	0.9870
3	0.8993	26	0.9680
4	0.9427	27	1.0134
5	0.9855	28	0.9475
6	0.9715	29	1.0320
7	1.0077	30	0.9947
8	0.9378	31	1.0272
9	0.9665	32	1.0130
10	1.0185	33	0.9705
11	0.9966	34	0.9617
12	0.9649	35	0.9933
13	1.0020	36	0.9660
14	0.9911	37	0.9749
15	0.9663	38	0.9514
16	0.9830	39	0.9210
17	1.0002	40	0.9127
18	0.9663	41	0.8925
19	0.9718	42	1.0048
20	0.9842	43	0.9994
21	0.9782	44	0.9344
22	0.9782	45	1.0325
23	1.0347	46	0.9298

Nomor Pengecoran	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengecoran	Koefisien Koreksi (Kk)
47	0.9566	64	0.8590
48	0.9463	65	0.8837
49	0.9118	66	0.9256
50	0.9362	67	0.9099
51	0.9252	68	0.9767
52	0.8616	69	0.9966
53	0.8394	70	1.1162
54	0.8394	71	1.0017
55	0.8971	72	1.0227
56	1.1183	73	0.8810
57	0.9241	74	0.8363
58	1.0162	75	0.8810
59	0.9492	76	1.0552
60	0.9277	77	0.8838
61	0.9708	78	0.8439
62	0.9507	79	0.8481
63	0.9277	80	0.9541

$$\text{Kk rata-rata} = \frac{\sum (Kki)}{n}$$

$$= 0.9591$$

$$\text{Varian} = \frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n - 1}$$

$$= 0.0034$$

$$\text{Standart deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n - 1}} = \sqrt{\text{Varian}}$$

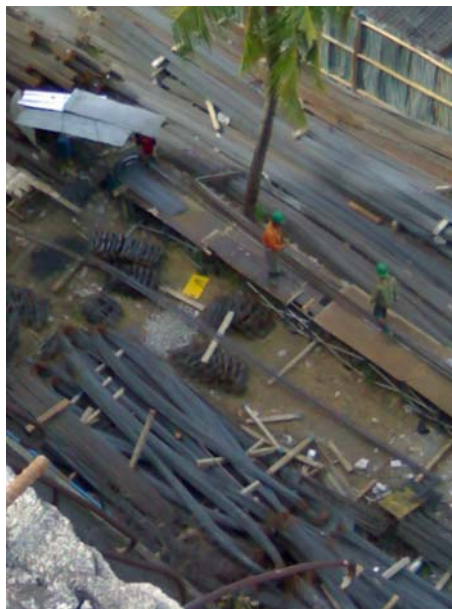
$$= \sqrt{0.0034}$$

$$= 0.0579$$

4.4. Perhitungan Pengangkatan Tulangan Balok lantai 7

4.4.1. Data Umum Pengangkatan tulangan balok lantai 7 nomor 1

Koordinat sumber material	= (X1,Y1) =	(-9.6 , 34)
Koordinat tujuan	= (X2,Y2) =	(18.6 , -22.5)
Koordinat TC	= (X0,Y0) =	(0,0)
Elevasi sumber material	=	± 0.00
Elevasi tujuan	=	+26.35
Tinggi angkat tambahan (Ho)	=	2 m
Jumlah pengangkatan yang diamati	=	$10 - 3* = 7$
(* = ada 3 pengamatan yang tidak lengkap waktu siklusnya)		



Gambar 4.7. *Stock Yard* Tulangan Balok

4.4.2. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Ideal

Data kecepatan operasi ideal TC adalah sebagai berikut:

Kecepatan <i>hoist</i> ideal angkat (Vva)	=	38.22 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal angkat (Vha)	=	45.87 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal angkat (Vra)	=	1.53pi rad/menit
Kecepatan <i>hoist</i> ideal kembali (Vvk)	=	50 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal kembali (Vhk)	=	60 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal kembali (Vrk)	=	2 pi rad/menit

- Jarak Tempuh Vertikal

$$\begin{aligned} D_v &= H_{Lt} + H_0 \\ &= 26.35 + 2 \\ &= 28.35 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 4.8. Letak Tujuan Tulangan Balok

- Jarak Tempuh Rotasi

$$\begin{aligned} D_3 &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\ &= \sqrt{(18.6 - (-9.6))^2 + (-22.5 - 34)^2} \\ &= 63.1466 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(-9.6 - 0)^2 + (34 - 0)^2} \\ &= 35.3293 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= \sqrt{(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(18.6 - 0)^2 + (-22.5 - 0)^2} \\ &= 29.1926 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2}$$

$$= \frac{35.3293^2 + 29.1926^2 - 63.1466^2}{2 \times 35.3293 \times 29.1926}$$

$$= -0.9149$$

$$Dr = 0.8677 \text{ pi rad}$$

- Jarak Tempuh Horizontal

$$Dh = |D_1 - D_2|$$

$$= |35.3293 - 29.1926|$$

$$= 6.1367 \text{ m}$$



Gambar 4.9. Tulangan Balok Siap Diangkat

- Waktu Tempuh Vertikal Angkat Ideal

$$T_{va_{ideal}} = Dv / Vva$$

$$= 28.35 / 38.22$$

$$= 0.7417 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Angkat Ideal

$$T_{ra_{ideal}} = Dr / Vr$$

$$= 0.8677 \text{ pi} / 1.53 \text{ pi}$$

$$= 0.5676 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Angkat Ideal

$$\begin{aligned}Tha_{ideal} &= Dh / Vh \\&= 6.1367 / 45.87 \\&= 0.1338 \text{ menit}\end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Kembali Ideal

$$\begin{aligned}Tvk_{ideal} &= Dv / Vvk \\&= 28.35 / 50 \\&= 0.5670 \text{ menit}\end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Kembali Ideal

$$\begin{aligned}Trk_{ideal} &= Dr / Vrk \\&= 0.8677 \text{ pi} / 2\text{pi} \\&= 0.4339 \text{ menit}\end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Kembali Ideal

$$\begin{aligned}Thk_{ideal} &= Dh / Vhk \\&= 6.1367 / 60 \\&= 0.1023 \text{ menit}\end{aligned}$$

4.4.3. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Aktual

Data waktu operasi aktual TC adalah sebagai berikut:

Waktu aktual <i>hoist</i> angkat (Tva_{aktual})	= 48	detik	= 0.8000	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> angkat (Tha_{aktual})	= 19	detik	= 0.3167	menit
Waktu aktual <i>swing</i> angkat (Tra_{aktual})	= 65	detik	= 1.0833	menit
Waktu aktual <i>hoist</i> kembali (Tvk_{aktual})	= 45	detik	= 0.7500	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> kembali (Thk_{aktual})	= 8	detik	= 0.1333	menit
Waktu aktual <i>swing</i> kembali (Trk_{aktual})	= 26	detik	= 0.4333	menit

4.4.4. Perhitungan Koefisien Koreksi Waktu Tempuh *Tower Crane*

$$Kk = \frac{Tva_{ideal} + Tra_{ideal} + Tha_{ideal} + Tvk_{ideal} + Trk_{ideal} + Thk_{ideal}}{Tva_{aktual} + Tra_{aktual} + Tha_{aktual} + Tvk_{aktual} + Trk_{aktual} + Thk_{aktual}}$$

$$= \frac{0.7417 + 0.5676 + 0.1338 + 0.5670 + 0.4339 + 0.1023}{0.8000 + 1.0833 + 0.3167 + 0.7500 + 0.4333 + 0.1333}$$

$$= 0.7240$$



Gambar 4.10. Mengikat Tulangan Balok

4.4.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh

Perhitungan yang telah dilakukan di 4.4.1 sampai 4.4.4 adalah untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC pengangkatan tulangan balok lantai 7 yang pertama. Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan koefisien koreksi pengangkatan tulangan balok lantai 7 yang lain, yang dapat dilihat di Tabel 4.4. Detail perhitungan dapat dilihat di Lampiran 8.

Tabel 4.4. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Pengangkatan Tulangan Balok lantai 7

Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)
1	0.7240	6	0.7446
2	0.7299	7	0.7638
3	-	8	0.7437
4	0.7721	9	-
5	-	10	0.7688

$$\begin{aligned}
Kk \text{ rata-rata} &= \frac{\sum (Kki)}{n} \\
&= 0.7496 \\
\text{Varian} &= \frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n-1} \\
&= 0.0004 \\
\text{Standart deviasi} &= \sqrt{\frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n-1}} = \sqrt{\text{Varian}} \\
&= \sqrt{0.0004} \\
&= 0.0190
\end{aligned}$$

4.5. Perhitungan Pengangkatan Tulangan *Shearwall* lantai 7

4.5.1. Data Umum *Shearwall* lantai 7 nomor 1

Koordinat sumber material	= (X1,Y1) =	(4.7 , 39)
Koordinat tujuan	= (X2,Y2) =	(5.4 , 4.85)
Koordinat TC	= (X0,Y0) =	(0,0)
Elevasi sumber material	= ±0.00	
Elevasi tujuan	= +26.35	
Tinggi angkat tambahan (Ho)	= 2 m	
Jumlah <i>shearwall</i> yang diamati	= 12	

4.5.2. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Ideal

Data kecepatan operasi ideal TC adalah sebagai berikut:

Kecepatan <i>hoist</i> ideal angkat (Vva)	= 39.20 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal angkat (Vha)	= 47.03 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal angkat (Vra)	= 1.57pi rad/menit
Kecepatan <i>hoist</i> ideal kembali (Vvk)	= 50 m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal kembali (Vhk)	= 60 m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal kembali (Vrk)	= 2 pi rad/menit



Gambar 4.11. Fabrikasi Tulangan *Shearwall*

- Jarak Tempuh Vertikal

$$\begin{aligned} D_v &= H_{Lt} + H_0 \\ &= 26.35 + 2 \\ &= 28.35 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jarak Tempuh Rotasi

$$\begin{aligned} D_3 &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\ &= \sqrt{(5.4 - 4.7)^2 + (4.85 - 39)^2} \\ &= 34.1572 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(4.7 - 0)^2 + (39 - 0)^2} \\ &= 39.2822 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= \sqrt{(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(5.4 - 0)^2 + (4.85 - 0)^2} \\ &= 7.2583 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2}$$

$$= \frac{39.2822^2 + 7.2583^2 - 34.1572^2}{2 \times 39.2822 \times 7.2583}$$

$$= 0.7524$$

$$Dr = 0.2289 \text{ pi rad}$$

- Jarak Tempuh Horizontal

$$Dh = |D_1 - D_2|$$

$$= |39.2822 - 7.2583|$$

$$= 32.0239 \text{ m}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Angkat Ideal

$$Tva_{ideal} = Dv / Vva$$

$$= 28.35 / 39.20$$

$$= 0.7233 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Angkat Ideal

$$Tra_{ideal} = Dr / Vr$$

$$= 0.2289 \text{ pi} / 1.57 \text{ pi}$$

$$= 0.1460 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Angkat Ideal

$$Tha_{ideal} = Dh / Vh$$

$$= 32.0239 / 47.03$$

$$= 0.6809 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Kembali Ideal

$$Tvk_{ideal} = Dv / Vvk$$

$$= 28.35 / 50$$

$$= 0.5670 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Kembali Ideal

$$Trk_{ideal} = Dr / Vrk$$

$$= 0.2289 \pi / 2\pi$$

$$= 0.1144 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Kembali Ideal

$$Thk_{ideal} = Dh / V_{hk}$$

$$= 32.0239 / 60$$

$$= 0.5337 \text{ menit}$$

4.5.3. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Aktual

Data waktu operasi aktual TC adalah sebagai berikut:

Waktu aktual <i>hoist</i> angkat (Tva_{aktual})	= 81	detik	= 1.3500	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> angkat (Tha_{aktual})	= 58	detik	= 0.9667	menit
Waktu aktual <i>swing</i> angkat (Tra_{aktual})	= 27	detik	= 0.4500	menit
Waktu aktual <i>hoist</i> kembali (Tvk_{aktual})	= 35	detik	= 0.5833	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> kembali (Thk_{aktual})	= 42	detik	= 0.7000	menit
Waktu aktual <i>swing</i> kembali (Trk_{aktual})	= 22	detik	= 0.3667	menit

4.5.4. Perhitungan Koefisien Koreksi Waktu Tempuh *Tower Crane*

$$Kk = \frac{Tva_{ideal} + Tra_{ideal} + Tha_{ideal} + Tvk_{ideal} + Trk_{ideal} + Thk_{ideal}}{Tva_{aktual} + Tra_{aktual} + Tha_{aktual} + Tvk_{aktual} + Trk_{aktual} + Thk_{aktual}}$$

$$= \frac{0.7233 + 0.1460 + 0.6809 + 0.5670 + 0.1144 + 0.5337}{1.3500 + 0.4500 + 0.9667 + 0.5833 + 0.3667 + 0.7000}$$

$$= 0.6261$$

4.5.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh

Perhitungan yang telah dilakukan di 4.5.1 sampai 4.5.4 adalah untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC pengangkatan tulangan *shearwall* lantai 7 yang pertama. Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan koefisien koreksi pengangkatan tulangan *shearwall* lantai 7 yang lain, yang dapat dilihat di Tabel 4.5. Detail perhitungan dapat dilihat di Lampiran 9.

Tabel 4.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Pengangkatan Tulangan *Shearwall* lantai 7

Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)
1	0.6261	7	0.8202
2	0.7794	8	0.8903
3	0.7214	9	0.8205
4	0.8647	10	0.7491
5	0.6295	11	0.8183
6	0.7097	12	0.6989

$$\text{Kk rata-rata} = \frac{\sum (Kki)}{n}$$

$$= 0.7607$$

$$\text{Varian} = \frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n-1}$$

$$= 0.0074$$

$$\text{Standart deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n-1}} = \sqrt{\text{Varian}}$$

$$= \sqrt{0.0074}$$

$$= 0.0863$$

4.6. Perhitungan Pengangkatan Bekisting Balok lantai 8

4.6.1. Data Umum Pengangkatan Bekisting Balok lantai 8 nomor 1

Koordinat sumber material = (X1,Y1) = (38.6 , -3.3)

Koordinat tujuan = (X2,Y2) = (14.3 , -13.2)

Koordinat TC = (X0,Y0) = (0,0)

Elevasi sumber material = ±0.00

Elevasi tujuan = +26.35

Tinggi angkat tambahan (Ho) = 2 m

Jumlah pengangkatan yang diamati = 4 – 1* = 3

(* = ada 1 pengangkatan yang tidak lengkap waktu siklusnya)

4.6.2. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Ideal

Data kecepatan operasi ideal TC adalah sebagai berikut:

Kecepatan <i>hoist</i> ideal angkat (V_{va})	= 28.85	m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal angkat (V_{ha})	= 34.62	m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal angkat (V_{ra})	= 1.15pi	rad/menit
Kecepatan <i>hoist</i> ideal kembali (V_{vk})	= 50	m/menit
Kecepatan <i>trolley</i> ideal kembali (V_{hk})	= 60	m/menit
Kecepatan <i>swing</i> ideal kembali (V_{rk})	= 2 pi	rad/menit

- Jarak Tempuh Vertikal

$$\begin{aligned} D_v &= H_{Lt} + H_0 \\ &= 26.35 + 2 \\ &= 28.35 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jarak Tempuh Rotasi

$$\begin{aligned} D_3 &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\ &= \sqrt{(14.3 - 38.6)^2 + (-13.2 - (-3.3))^2} \\ &= 26.2393 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(38.6 - 0)^2 + (-3.3 - 0)^2} \\ &= 38.7408 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= \sqrt{(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2} \\ &= \sqrt{(14.3 - 0)^2 + (-13.2 - 0)^2} \\ &= 19.4610 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2} \\ &= \frac{38.7408^2 + 19.4610^2 - 26.2393^2}{2 \times 38.7408 \times 19.4610} \\ &= 0.7899 \end{aligned}$$

$$D_r = 0.2101 \text{ pi rad}$$

- Jarak Tempuh Horizontal

$$\begin{aligned} D_h &= |D_1 - D_2| \\ &= |38,7408 - 19.4610| \\ &= 19.2798 \text{ m} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{va_{ideal}} &= D_v / V_{va} \\ &= 28.35 / 28.85 \\ &= 0.9827 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ra_{ideal}} &= D_r / V_r \\ &= 0.2101 \text{ pi} / 1.15 \text{ pi} \\ &= 0.1821 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Angkat Ideal

$$\begin{aligned} T_{ha_{ideal}} &= D_h / V_h \\ &= 19.2798 / 34.62 \\ &= 0.5569 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Vertikal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{vk_{ideal}} &= D_v / V_{vk} \\ &= 28.35 / 50 \\ &= 0.5670 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Rotasi Kembali Ideal

$$\begin{aligned} T_{rk_{ideal}} &= D_r / V_{rk} \\ &= 0.2101 \text{ pi} / 2\text{pi} \\ &= 0.1051 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu Tempuh Horizontal Kembali Ideal

$$\begin{aligned} Thk_{ideal} &= Dh / V_{hk} \\ &= 19.2798 / 60 \\ &= 0.3213 \text{ menit} \end{aligned}$$



Gambar 4.12. Tempat Tujuan Bekisting Balok

4.6.3. Data dan Perhitungan Waktu Siklus Aktual

Data waktu operasi aktual TC adalah sebagai berikut:

Waktu aktual <i>hoist</i> angkat (Tva_{aktual})	= 67	detik	= 1.1167	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> angkat (Tha_{aktual})	= 40	detik	= 0.6667	menit
Waktu aktual <i>swing</i> angkat (Tra_{aktual})	= 27	detik	= 0.4500	menit
Waktu aktual <i>hoist</i> kembali (Tvk_{aktual})	= 29	detik	= 0.4833	menit
Waktu aktual <i>trolley</i> kembali (Thk_{aktual})	= 22	detik	= 0.3667	menit
Waktu aktual <i>swing</i> kembali (Trk_{aktual})	= 12	detik	= 0.2000	menit

4.6.4. Perhitungan Koefisien Koreksi Waktu Tempuh *Tower Crane*

$$\begin{aligned} Kk &= \frac{Tva_{ideal} + Tra_{ideal} + Tha_{ideal} + Tvk_{ideal} + Trk_{ideal} + Thk_{ideal}}{Tva_{aktual} + Tra_{aktual} + Tha_{aktual} + Tvk_{aktual} + Trk_{aktual} + Thk_{aktual}} \\ &= \frac{0.9827 + 0.1821 + 0.5569 + 0.5670 + 0.1051 + 0.3213}{1.1167 + 0.4500 + 0.6667 + 0.4833 + 0.2000 + 0.3667} \\ &= 0.8269 \end{aligned}$$

4.6.5. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh

Perhitungan yang telah dilakukan di 4.6.1 sampai 4.6.4 adalah untuk mendapatkan koefisien koreksi waktu tempuh TC pengangkatan bekisting balok lantai 8 yang pertama. Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan koefisien koreksi pengangkatan bekisting balok lantai 8 yang lain, yang dapat dilihat di Tabel 4.6. Detail perhitungan dapat dilihat di Lampiran 10.

Tabel 4.6. Rekapitulasi Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Pengangkatan Bekisting Balok lantai 8

Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)	Nomor Pengangkatan	Koefisien Koreksi (Kk)
1	0.8269	3	0.8456
2	0.8743	4	-

$$\begin{aligned} \text{Kk rata-rata} &= \frac{\sum (Kki)}{n} \\ &= 0.8489 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Varian} &= \frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n - 1} \\ &= 0.0006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standart deviasi} &= \sqrt{\frac{\sum (Kki - Kk \text{ rata-rata})^2}{n - 1}} = \sqrt{\text{Varian}} \\ &= \sqrt{0.0006} \\ &= 0.0239 \end{aligned}$$

4.7. Rekapitulasi Total Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Rata-Rata TC

Dari semua perhitungan di atas, koefisien koreksi waktu tempuh rata-rata (Kk rata-rata) TC dapat dikumpulkan sebagai berikut:

Tabel 4.7. Rekapitulasi Total Koefisien Koreksi Waktu Tempuh Rata-Rata TC

Jenis Pekerjaan	Koefisien Koreksi Rata-Rata (Kk rata-rata)
Pengangkatan Tulangan <i>Shearwall</i> lantai 6	0.7849
Pengecoran <i>Shearwall</i> lantai 6	0.9591
Pengangkatan Tulangan Balok lantai 7	0.7496
Pengangkatan Tulangan <i>Shearwall</i> lantai 7	0.7607
Pengangkatan Bekisting Balok lantai 8	0.8489

Koefisien Koreksi Rata-Rata Semua Pekerjaan = 0.8206

Varian = 0.0075

Standar Deviasi = 0.0864

4.8. Faktor Gangguan Pergerakan

Berikut ini adalah kondisi pekerjaan pada proyek LJ-Meritus pada pekerjaan yang dilayani oleh *tower crane*:

- Pekerjaan Pengangkatan Material

Material berupa tulangan *shearwall* yang telah dirakit, tulangan balok, dan bekisting diangkat cukup dekat dengan struktur lain yang telah terpasang di lapangan, misalnya tulangan *shearwall* yang telah terpasang dan tangga *scaffolding*. Hal ini menyebabkan *operator* tidak menggerakkan material dengan kecepatan yang tinggi.



Gambar 4.13. Kondisi Lapangan pada Pekerjaan Pengangkatan Material

- Pekerjaan Pengecoran

Pada pekerjaan pengecoran, *bucket* diangkat cukup tinggi dari *level* lantai (kira-kira 4 meter) sehingga pergerakan *bucket* tidak mengalami gangguan saat bergerak. Hal ini tentu saja memudahkan *operator* dalam menggerakkan TC, sehingga TC dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi daripada pekerjaan pengangkatan material.



Gambar 4.14. *Bucket* Diangkat Tinggi dan Tidak Terganggu Keadaan Sekeliling

Untuk pekerjaan pengangkatan material (tulangan *shearwall*, tulangan balok, dan bekisting balok), didapatkan faktor koreksi dengan nilai antara 0,6014 sampai 0,9133. Sedangkan untuk pekerjaan pengecoran *shearwall* didapat faktor koreksi dengan nilai antara 0,8363 sampai 1,1183.

Dibandingkan dengan Tabel 2.1, dapat kita lihat bahwa pada proyek ini, rata-rata faktor koreksi yang didapat lebih tinggi daripada yang tertulis di tabel tersebut. Dengan menganggap kondisi manajemen sebagai *excellent*, dan kondisi pekerjaan *good*, faktor koreksi dari tabel sebesar 0,78. Sedangkan saat kondisi pekerjaan *excellent*, faktor koreksi dari tabel adalah sebesar 0,84.