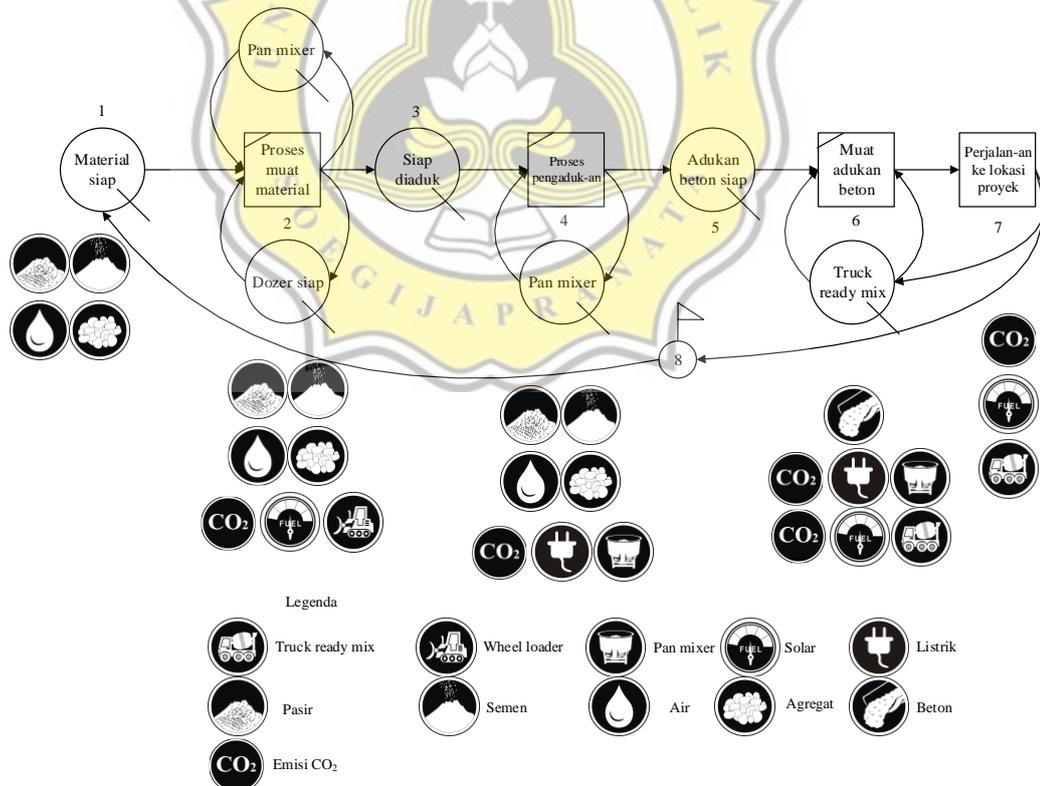




BAB 5 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Identifikasi Sumber Emisi CO₂

Pada bagian sebelumnya telah dijabarkan pentahapan untuk mengestimasi besar emisi CO₂. Tahap awal untuk mengestimasi besar emisi CO₂ adalah mengidentifikasi sumber emisi CO₂ pada masing-masing bagian. Bagian yang pertama dari penentuan besar emisi CO₂ adalah manufaktur beton *ready mix*. Berdasarkan kajian literatur ataupun pengambilan data pada bagian ini maka dapat diindikasikan sejumlah sumber emisi CO₂ yang terdiri proses muat material ke dalam *pan mixer*; proses pengadukan agregat kasar, agregat halus, semen, air dan *fly ash*; dan muat beton ke dalam *truck ready mix*. Berdasarkan sumber emisi CO₂ tersebut maka dapat digambarkan ke dalam sebuah siklus seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.1.



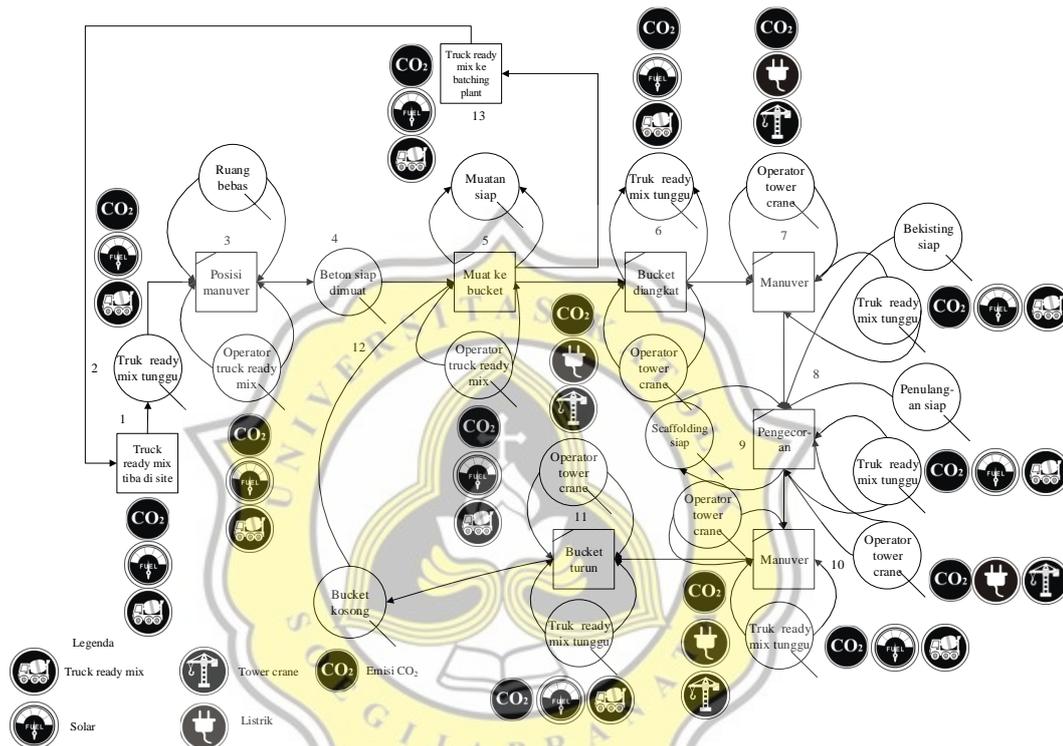
Gambar 5.1 Identifikasi Sumber Emisi CO₂ Pada Manufaktur Beton *Ready Mix* (Sumber: Hermawan, 2017)



Tugas Akhir

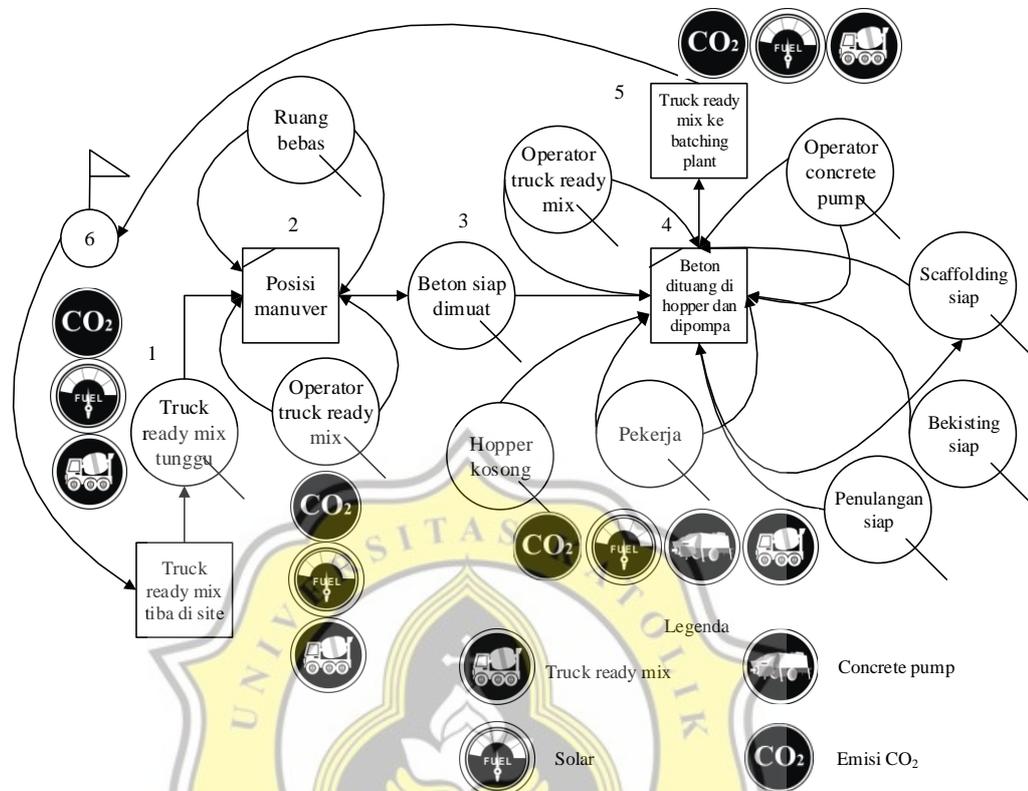
Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area Ground Floor (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)

Selanjutnya, identifikasi sumber emisi CO₂ juga dilakukan pada pekerjaan pengecoran dengan menggunakan *tower crane*. Sumber emisi CO₂ diperoleh melalui kajian literatur dan cek ulang di *site* pada saat survei. Oleh karena itu, berdasarkan kedua sumber tersebut maka dapat digambarkan sumber emisi CO₂ pada pekerjaan pengecoran CO₂ seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Identifikasi Sumber Emisi CO₂ Pada Pekerjaan Pengecoran Beton Dengan Menggunakan *Tower Crane* (Sumber: Hermawan, 2017)

Pada tahap selanjutnya mengidentifikasi sumber emisi CO₂ pada pekerjaan pengecoran beton dengan menggunakan *concrete pump*. Pengecekan di lapangan dan kajian literatur dilakukan untuk memperoleh sumber emisi CO₂. Siklus yang dimiliki oleh *concrete pump* lebih sederhana apabila dibandingkan dengan siklus *tower crane*. Walaupun siklus pada *concrete pump* lebih pendek namun tidak berarti emisi CO₂ yang dihasilkan akan lebih kecil. Identifikasi sumber emisi CO₂ pada *concrete pump* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Identifikasi Sumber Emisi CO₂ Pada Pekerjaan Pengecoran Beton Dengan Menggunakan *Concrete Pump* (Sumber: Hermawan, 2017)

Apabila identifikasi sumber emisi CO₂ maka tahap berikutnya adalah mengestimasi besar emisi CO₂ pada masing-masing aktivitas tersebut. Estimasi emisi CO₂ dijabarkan pada bagian di bawah ini.

5.2. Estimasi Besar Emisi CO₂ Pada Manufaktur Beton *Ready Mix*

Data survei yang diperlihatkan pada Tabel 4.1, maka dapat diestimasi emisi CO₂ pada manufaktur beton *ready mix* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.1. Estimasi emisi CO₂ untuk *loader* menggunakan Persamaan 3.3, sedangkan estimasi untuk *storage bin* hingga *pan mixer* menggunakan Persamaan 3.10.

Tabel 5.1 Hasil Estimasi Emisi CO₂ pada Manufaktur Beton *Ready Mix*

No.	Nama Alat	Engine Power (HP)	Waktu Penggunaan	Bahan Bakar	Estimasi Emisi CO ₂ (kg.CO ₂)
1.	<i>Loader</i>	123	0:01:15	Solar	1,121
2.	<i>Storage bin</i>	7,5	0:05:09	PLN	0,405
3.	<i>Weigh hopper</i>	15	0:05:09	PLN	0,818
4.	<i>Silo</i>	7,5	0:05:03	PLN	1,517
5.	<i>Conveyor</i>	15	0:09:40	PLN	0,397
6.	<i>Pan mixer</i>	50	0:15:10	PLN	7,946
Total					12,203

Estimasi emisi CO₂:

a. *Loader*

$$\begin{aligned}
 E_L &= P_k \cdot t_k \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 123 \text{ HP} \times 0,021 \text{ Hr} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 1,121 \text{ kg.CO}_2
 \end{aligned}$$

Keterangan = 1 menit 15 detik = 0,021 jam

b. *Storage bin*

$$\begin{aligned}
 E_{SB} &= P_{SB} \cdot t_{SB} \cdot FE_L \\
 &= 5,595 \text{ kW} \times 0,086 \text{ Hr} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 0,405 \text{ kg.CO}_2
 \end{aligned}$$

Keterangan = 7,5 HP \times 0,746 = 5,595 kW

5.3. Estimasi Besar Emisi CO₂ Pada Rantai Pasok Konstruksi (*Batching Plant ke Site Project*)

Data survei yang diperoleh dari lapangan memperlihatkan bahwa sumber pasokan beton *ready mix* pada Proyek Uptown Mall berasal dari PT. Pionirbeton Industri, PT. Varia Usaha Beton Semarang Utara dan PT. SCG Readymix Indonesia. Rata-rata jarak perjalanan dari ketiga pasokan tersebut dapat diperlihatkan pada Tabel 5.2.



Tugas Akhir

Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area *Ground Floor* (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)

Tabel 5.2 Estimasi Emisi CO₂ Pada Masing-masing Pemasok Beton *Ready Mix* Pada Proyek Uptown Mall

No.	No Truck	Engine Power (HP)	Lama Waktu Perjalanan	Estimasi Emisi CO ₂ (kg.CO ₂)
1.	TM 004	256	0:35:00	64,811
2.	TM 976	256	0:33:00	61,107
3.	TM 959	256	0:42:00	77,773
4.	TM 008	256	0:61:00	112,956
5.	TM 955	256	1:11:00	131,473
6.	TM 759	256	1:13:00	135,177
7.	TM 598	256	1:01:00	112,956
8.	TM 563	256	1:03:00	116,659
9.	TM 960	256	1:19:00	146,287
10.	TM 024	256	1:18:00	144,435
11.	TM 971	256	1:18:00	144,435
12.	TM 022	256	1:12:00	133,325
13.	TM 022	256	1:06:00	122,214
14.	TM 1164	256	0:44:00	81,476
15.	TM 026	256	1:01:00	112,956
16.	TM 1300	256	1:26:00	159,249
17.	TM 1323	256	0:53:00	98,142
18.	TM 965	256	0:57:00	105,549
19.	TM 1302	256	0:51:00	94,438
20.	TM 347	256	1:02:00	114,807
21.	TM 1324	256	0:59:00	109,252
22.	TM 922	256	0:58:00	107,401
23.	TM 1323	256	0:56:00	103,697
24.	TM 930	256	1:24:00	155,546
25.	TM 1302	256	0:59:00	109,252
26.	TM 965	256	0:46:00	85,180
27.	TM 1334	256	1:01:00	112,956
28.	TM 135	256	1:05:00	120,363
			Total	3173,871

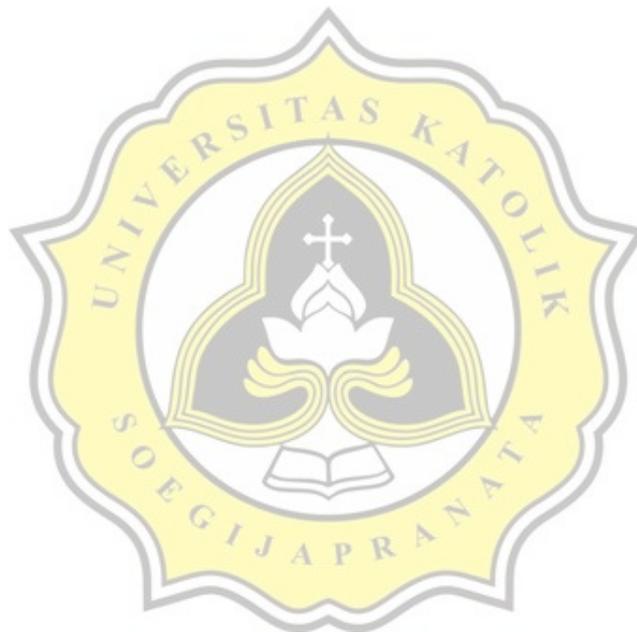
Estimasi besar emisi CO₂:

$$\begin{aligned}
 E_{RPBM} &= P_k \cdot t_k \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 256 \text{ HP} \times 0,583 \text{ Hr} \times 0,04 \text{ gal/Hp.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 64,811 \text{ kg.CO}_2
 \end{aligned}$$



5.4. Pekerjaan Konstruksi

Berdasarkan data survei pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, maka dapat diestimasi emisi CO₂ sebagai berikut yang diperlihatkan pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5. Estimasi emisi CO₂ untuk *tower crane* menggunakan Persamaan 2.6, sedangkan estimasi untuk *concrete pump* menggunakan Persamaan 2.4.



Tabel 5.3 Estimasi Emisi CO₂ *Tower Crane* Pada Pekerjaan Konstruksi Proyek Pembangunan Up Town Mall

No Truck	Siklus	ETM1 (kg.CO ₂)	ETM2 (kg.CO ₂)	ETM3 (kg.CO ₂)	ETC1 (kg.CO ₂)	ETC2 (kg.CO ₂)	ETC3 (kg.CO ₂)	ETC4 (kg.CO ₂)	ETC5 (kg.CO ₂)	TOTAL (kg.CO ₂)
TM 022	1	9,351	37,035	10,802	0,456	2,175	1,859	2,017	0,386	64,082
	2	39,627	37,035	8,333	0,386	2,193	1,895	2,421	0,456	92,345
	3	41,294	37,035	10,493	0,403	2,316	1,438	2,017	0,421	95,417
	4	37,961	37,035	10,185	0,386	2,263	0,702	1,596	0,351	90,477
	5	31,017	37,035	9,876	0,456	2,737	1,088	1,561	0,316	84,084
	6	35,461	37,035	8,950	0,439	2,473	0,877	1,368	0,298	86,901
	7	31,479	37,035	10,802	0,351	1,438	0,965	1,666	0,386	84,122
	8	28,609	37,035	12,654	0,386	1,333	2,105	0,772	0,491	83,385
									Total	680,13
TM 026	1	107,771	44,750	11,110	0,561	2,280	2,579	2,017	0,491	171,560
	2	45,182	44,750	10,802	0,526	2,438	2,526	1,982	0,439	108,646
	3	44,997	44,750	11,110	0,509	2,508	1,438	2,052	0,386	107,752
	4	39,720	44,750	12,654	0,491	2,491	1,386	2,087	0,333	103,912
	5	39,627	44,750	10,493	0,456	2,473	1,316	2,000	0,526	101,642
	6	38,886	44,750	12,654	0,439	2,245	3,684	1,982	0,491	105,131
	7	50,460	44,750	10,493	0,351	2,245	2,666	1,947	0,491	113,404
	8	43,793	44,750	6,172	0,351	2,298	2,123	1,930	0,456	101,873
									Total	913,19
TM 022	1	66,662	50,923	11,728	0,298	1,316	1,895	0,684	0,421	133,926
	2	27,869	50,923	12,654	0,333	1,245	1,842	0,667	0,509	96,041
	3	28,054	50,923	9,259	0,386	1,281	1,491	0,684	0,474	92,550
	4	25,554	50,923	9,567	0,316	1,175	1,719	0,719	0,509	90,482
	5	26,295	50,923	8,950	0,351	1,140	1,877	0,737	0,439	90,711



Tugas Akhir

Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area Ground Floor (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)

No Truck	Siklus	ETM1 (kg.CO ₂)	ETM2 (kg.CO ₂)	ETM3 (kg.CO ₂)	ETC1 (kg.CO ₂)	ETC2 (kg.CO ₂)	ETC3 (kg.CO ₂)	ETC4 (kg.CO ₂)	ETC5 (kg.CO ₂)	TOTAL (kg.CO ₂)
	6	26,665	50,923	9,876	0,316	1,123	2,193	0,719	0,491	92,305
	7	28,517	50,923	8,333	0,386	1,263	3,649	0,719	0,509	94,298
	8	36,942	50,923	7,716	0,351	1,210	1,842	0,684	0,474	100,141
									Total	790,454
TM 135	1	38,886	58,638	8,641	0,316	0,544	1,403	0,667	0,456	109,552
	2	20,462	58,638	8,024	0,211	0,561	1,140	0,596	0,421	90,054
	3	17,869	58,638	9,876	0,298	0,667	1,474	0,474	0,386	89,681
	4	20,369	58,638	10,493	0,316	1,017	0,965	0,491	0,386	92,675
	5	19,906	58,638	9,876	0,333	0,982	0,965	0,544	0,368	91,613
	6	19,814	58,638	8,024	0,351	0,930	0,912	0,579	0,368	89,616
	7	18,980	58,638	8,024	0,386	1,035	0,982	0,526	0,421	88,993
	8	20,091	58,638	8,333	0,368	0,982	1,193	0,596	0,421	90,623
									Total	742,807



Pada bagian di bawah ini dijabarkan salah satu contoh estimasi emisi CO₂ dari Tabel 5.4, dengan rincian sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } E_{TM.1} &= (P_t \cdot t_t \cdot M \cdot FE_{BB}) \cdot k_t \\
 &= (256 \text{ HP} \times 0,117 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal}) \times 0,3 \\
 &= 38,8864 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{b. } E_{TM.2} &= P_t \cdot t_m \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 256 \text{ HP} \times 0,053 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 58,638 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{c. } E_{TM.3} &= P_t \cdot t_b \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 256 \text{ HP} \times 0,008 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 8,6414 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{d. } E_{TC.1} &= P_{TC} \cdot t_{TC.1} \cdot FE_L \\
 &= 75 \text{ HP} \times 0,005 \text{ jam} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 0,3158 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{e. } E_{TC.2} &= P_{TC} \cdot t_{TC.2} \cdot FE_L \\
 &= 75 \text{ HP} \times 0,009 \text{ jam} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 0,5438 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{f. } E_{TC.3} &= P_{TC} \cdot t_{TC.3} \cdot FE_L \\
 &= 75 \text{ HP} \times 0,022 \text{ jam} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 1,4033 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{g. } E_{TC.4} &= P_{TC} \cdot t_{TC.4} \cdot FE_L \\
 &= 75 \text{ HP} \times 0,011 \text{ jam} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 0,6666 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{h. } E_{TC.5} &= P_{TC} \cdot t_{TC.5} \cdot FE_L \\
 &= 75 \text{ HP} \times 0,0072 \text{ jam} \times 0,842 \text{ kg.CO}_2/\text{kW jam} \\
 &= 0,4561 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{i. } E_{TTC} &= E_{TM.1} + E_{TM.2} + E_{TM.3} + E_{TC.1} + E_{TC.2} + E_{TC.3} + E_{TC.4} + E_{TC.5} \\
 &= 38,8864 + 58,638 + 8,6414 + 0,3158 + 0,5438 + 1,4033 + 0,6666 \\
 &\quad + 0,4561 \\
 &= 109,5516 \text{ kg.CO}_2
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir

Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area Ground Floor (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)

Penjabaran salah satu contoh estimasi emisi CO₂ pada *concrete pump* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } E_{TM.1} &= (P_t \cdot t_t \cdot M \cdot FE_{BB}) \cdot k_t \\
 &= (256 \text{ HP} \times 0,147 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal}) \times 0,3 \\
 &= 4,8978 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{b. } E_{TM.2} &= P_t \cdot t_m \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 256 \text{ HP} \times 0,0236 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 2,6233 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{c. } E_{TCP.1} &= P_{CP} \cdot t_{CP.1} \cdot M \cdot FE_{BB} \\
 &= 180 \text{ HP} \times 0,1381 \text{ jam} \times 0,04 \text{ gal/HP.Hr} \times 10,85 \text{ kg.CO}_2/\text{gal} \\
 &= 10,7849 \text{ kg.CO}_2 \\
 \\
 \text{d. } E_{TCP} &= E_{TM.1} + E_{TM.2} + E_{TCP.1} \\
 &= 4,8978 + 2,6233 + 10,7849 \\
 &= 18,306 \text{ kg.CO}_2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan penjabaran tersebut, maka estimasi emisi CO₂ pada *concrete pump* dapat dirangkum seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.4 Estimasi Emisi CO₂ Pengecoran Dengan *Concrete Pump* Proyek Pembangunan *Up Town Mall*

No Truck	ETM1 (kg.CO ₂)	ETM2 (kg.CO ₂)	ETCP1 (kg.CO ₂)	TOTAL (kg.CO ₂)
004	5,000	1,883	11,978	18,861
976	5,555	1,605	15,450	22,610
959	528,000	5,555	3,241	11,458
955	0,000	3,703	11,827	15,530
759	1,185	2,191	8,897	12,273
598	4,898	2,623	10,785	18,306
563	12,518	8,888	6,510	27,916
960	743	31,322	1,543	16,123
024	719	24,998	1,697	15,602
971	725	25,563	1,389	15,733
022	0,000	1,234	12,434	13,669
1300	4,444	1,852	14,214	20,509
1323	30,544	2,160	13,302	46,007



No Truck	ETM1 (kg.CO ₂)	ETM2 (kg.CO ₂)	ETCP1 (kg.CO ₂)	TOTAL (kg.CO ₂)
965	33,887	1,605	12,434	47,926
1302	6,666	2,191	13,736	22,594
347	0,000	4,228	13,107	17,335
1324	24,443	1,543	13,910	39,896
922	12,221	3,703	13,910	29,835
1300	20,554	2,160	13,823	36,537
1323	24,443	1,543	12,434	38,420
930	16,666	3,241	6,532	26,438
1302	3,889	1,605	13,085	18,579
965	11,110	1,852	12,977	25,939
1134	4,444	5,092	13,845	23,381
Total				581,477

5.5. Analisis Data *Life Cycle Costing*

Besar biaya yang ditimbulkan akibat proses pengecoran struktur beton bertulang dapat diestimasi. Estimasi menggunakan acuan biaya 1 liter bahan bakar solar adalah Rp 9.400 dan biaya pemakaian listrik adalah Rp 1.467,28/kWh.

5.5.1. Manufaktur beton *ready mix*

Berdasarkan data survei pada Tabel 4.1, maka dapat diestimasi besar biaya yang ditimbulkan selama proses manufaktur konstruksi sebagai berikut yang diperlihatkan oleh Tabel 5.6.

Tabel 5.5 Estimasi Besar Biaya pada Pekerjaan Manufaktur Beton *Ready Mix*

No.	Nama Alat	Engine Power (HP)	Waktu Penggunaan	Bahan Bakar	Estimasi Biaya
1.	<i>Loader</i>	123	0:01:15	Solar	Rp 1.410.000
2.	<i>Storage bin</i>	7,5	0:05:09	PLN	Rp 706
3.	<i>Weigh hopper</i>	15	0:05:09	PLN	Rp 1.425
4.	<i>Silo</i>	7,5	0:05:03	PLN	Rp 1.322
5.	<i>Conveyor</i>	15	0:09:40	PLN	Rp 1.382



Tugas Akhir

Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area Ground Floor (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)

No.	Nama Alat	Engine Power (HP)	Waktu Penggunaan	Bahan Bakar	Estimasi Biaya
6.	<i>Pan mixer</i>	50	0:15:10	PLN	Rp 13.847
				Total	Rp 1.428.682

Salah satu contoh perhitungan dari Tabel 5.6 dijelaskan pada penjabaran sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Loader} &= \text{Rp } 9.400 \times 150 \text{ liter} \\ &= \text{Rp } 1.410.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Storage bin} &= 7,5 \text{ HP} \times 0,746 \times 0,086 \text{ jam} \times \text{Rp } 1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp } 706 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp } 1.410.000 + \text{Rp } 706 + \text{Rp } 1.425 + \text{Rp } 1.322 + \text{Rp } 1.382 + \\ &\quad \text{Rp } 13.847 \\ &= \text{Rp } 1.428.682 \end{aligned}$$

5.5.2. Rantai pasok konstruksi

Salah satu kendala di dalam menyusun estimasi besar biaya pada pekerjaan rantai pasok konstruksi pada Proyek Pembangunan Uptown Mall adalah *jumlah truck beton ready mix*. Jumlah *truck beton ready mix* yang diamati hanya pada periode tertentu. Oleh karena itu, penggunaan *truck beton ready mix* diasumsikan menggunakan 4 (empat) *truck ready mix* berbahan bakar solar dan kapasitas tangki sebesar 200 liter. Setiap *truck* menggunakan biaya untuk bahan bakar sebesar Rp 1.880.000, sehingga estimasi biaya bahan bakar untuk 4 (empat) *truck ready mix* adalah Rp 7.520.000. Perhitungan biaya rantai pasok konstruksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= 4 \times \text{Rp } 9.400 \times 200 \text{ liter} \\ &= \text{Rp } 7.520.000 \end{aligned}$$



5.5.3. Pekerjaan konstruksi

Proses pekerjaan pengecoran dengan *tower crane* digunakan pada komponen struktur kolom. Namun demikian, ada masa-masa tertentu digunakan juga untuk mengecor pada komponen pelat lantai dan balok. Rerata durasi penggunaan *tower crane* berkisar 2,5 jam. Kapasitas *tower crane* sebesar 55,95 kW, sehingga dapat diestimasi penggunaan listrik sebesar 168,441 kWh. Dengan demikian dapat diestimasi besar biaya yang dibutuhkan untuk 1 siklus pekerjaan pengecoran adalah sebesar Rp 247.149,5. Peralatan lain yang digunakan untuk pengecoran adalah *concrete pump*. *Concrete pump* biasa digunakan pada pekerjaan pengecoran pada area pelat lantai. Hal ini mempertimbangkan persyaratan teknis pada volume dan luasan pengecoran pelat lantai tidak boleh berhenti secara bebas. Bahan bakar yang digunakan oleh *concrete pump* adalah solar. Kapasitas tangki sebesar 200 liter, sehingga besar biaya penggunaan bahan bakar pada *concrete pump* adalah sebesar Rp 1.880.000.

Pada bagian di bawah ini dijabarkan perhitungan estimasi biaya pekerjaan konstruksi menggunakan *tower crane* dengan rincian sebagai berikut:

Perhitungan diasumsi dari 4 siklus

Kapasitas TC = 55,95 kW

Penggunaan listrik = total waktu 4 siklus × kapasitas TC

= 3,0106 jam × 55,95 kW

= 168,441 kWh/hari

Estimasi biaya = penggunaan listrik × Rp 1.467,28/kWh

= 168,441 kWh/hari × Rp 1.467,28/kWh

= Rp 247.149,5 /hari

Penjabaran estimasi biaya pekerjaan konstruksi dengan menggunakan *concrete pump* adalah sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Estimasi biaya} &= \text{Rp } 9.400 \times 200 \text{ liter} \\ &= \text{Rp } 1.880.000 / \text{tangki} \end{aligned}$$

5.6. Analisis *Life Cycle Analysis* (LCA)

Berdasarkan hasil analisis data pada bagian sebelumnya, maka didapatkan hasil perbandingan rerata estimasi emisi CO₂ pada pekerjaan manufaktur beton *ready mix*, rantai pasok, dan pekerjaan konstruksi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.4.



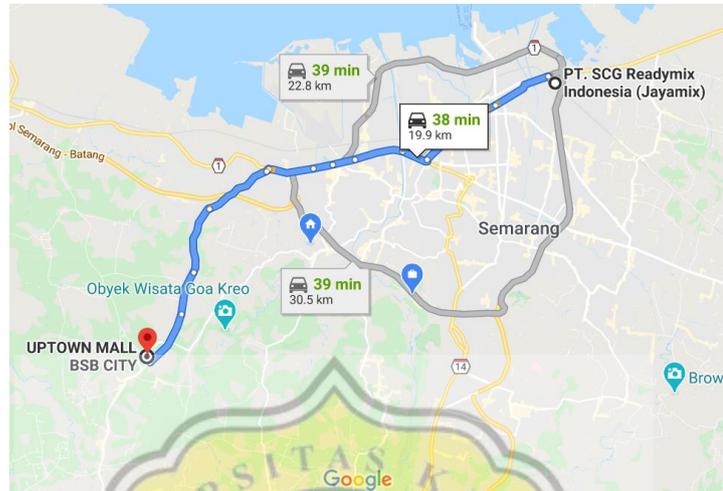
Gambar 5.4 Perbandingan Hasil Estimasi emisi CO₂ Pada Proyek *Uptown Mall* Berdasarkan Sumber Emisi CO₂

Berdasarkan Gambar 5.4, estimasi emisi CO₂ dapat dijabarkan sebagai berikut:

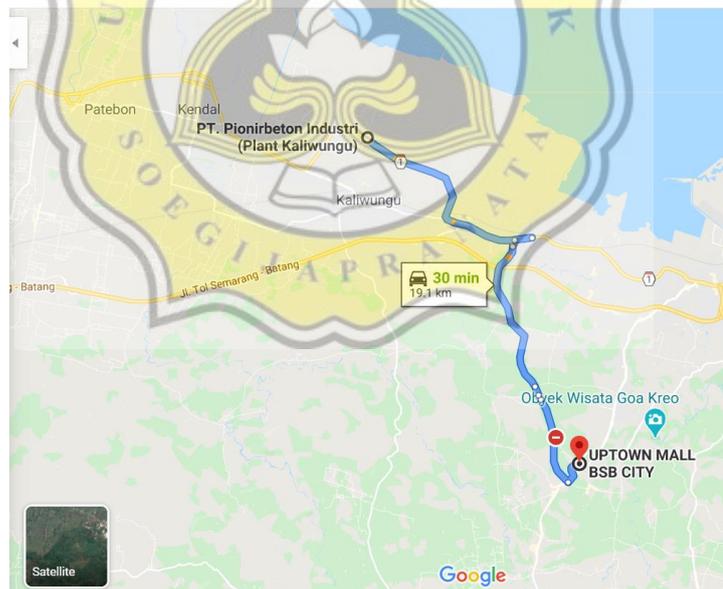
- Estimasi emisi CO₂ pada manufaktur konstruksi tidak sebesar bila dibandingkan terhadap sumber emisi CO₂ yang lain, karena estimasi didasarkan pada per 1 kubik volume beton *ready mix*. Sehingga, proses manufaktur beton *ready mix* tidak diestimasi total kebutuhan beton *ready mix* untuk proyek tersebut.
- Estimasi emisi CO₂ pada rantai pasok konstruksi mempunyai nilai yang signifikan. Salah satu faktor yang diindikasikan sebagai penentu besar emisi CO₂ adalah sumber pasokan beton *ready mix*. Pada Gambar 5.5 sampai



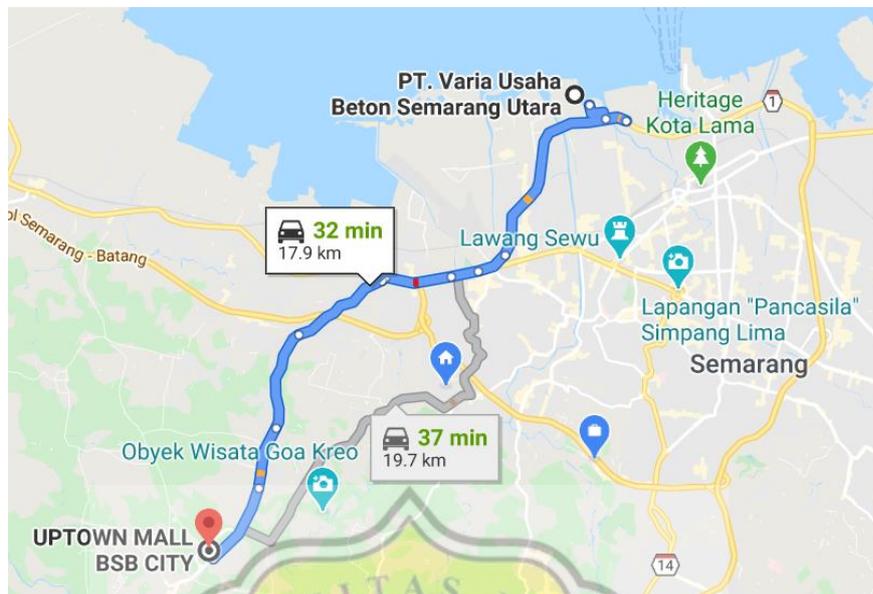
dengan Gambar 5.7 dapat diperlihatkan jarak sumber pasokan beton *ready mix* dari masing-masing *batching plant* menuju *site project*.



Gambar 5.5. Jarak PT. SCG Ready Mix Beton Indonesia ke Proyek Uptown Mall (Sumber: Diolah dari google.maps)



Gambar 5.6. Jarak PT. Pionirbeton Industri ke Proyek Uptown Mall (Sumber: Diolah dari google.maps)



Gambar 5.7. Jarak PT. Varia Usaha Beton Semarang Utara ke Proyek Uptown Mall (Sumber: Diolah dari google.maps)

Perbedaan jarak tempuh masing-masing *batching plant* menuju *site project* dapat diindikasikan bahwa semakin jauh jarak lokasi *batching plant* dengan *site project*, maka waktu tempuh *truck ready mix* semakin panjang sehingga mengakibatkan banyaknya emisi CO_2 yang dihasilkan. Faktor lain yang berpotensi mengakibatkan meningkatnya emisi CO_2 pada rantai pasok konstruksi yaitu waktu tunggu *truck ready mix* setelah sampai di proyek, karena *truck ready mix* tidak langsung melakukan pengecoran.

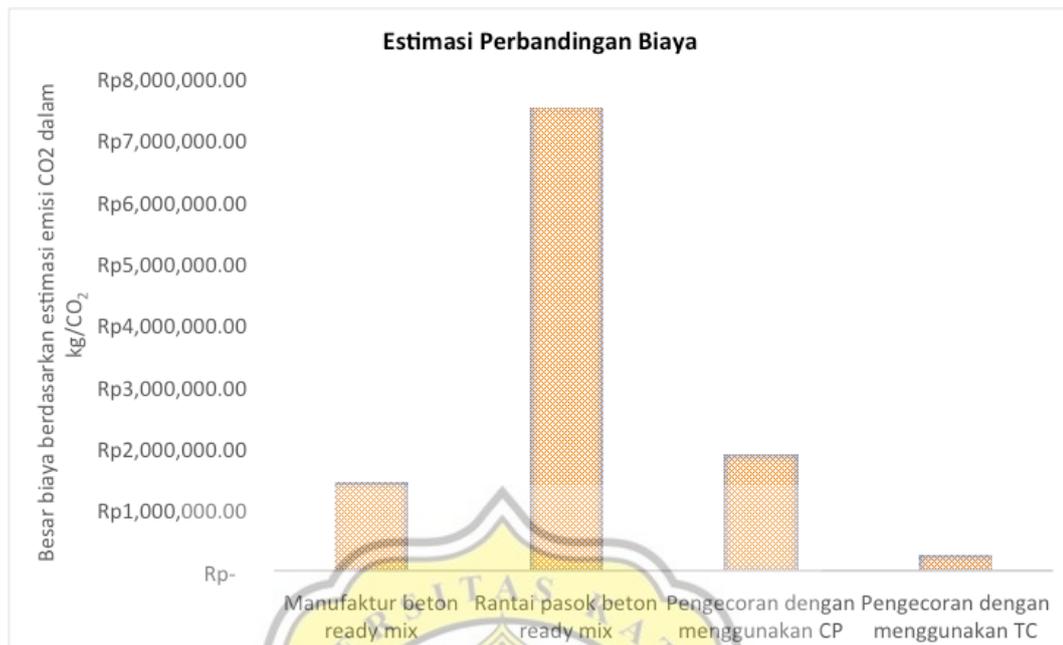
5.7. Life Cycle Cost (LCC)

Pada aspek biaya, maka berdasarkan hasil analisis data pada sub bab sebelumnya, maka dapat diperoleh perbandingan estimasi besar biaya pada sumber emisi CO_2 yang berasal dari manufaktur beton *ready mix*, rantai pasok, dan pekerjaan konstruksi. Pada Gambar 5.8 dapat diperlihatkan perbandingan hasil estimasi besar biaya dari Proyek Uptown Mall berdasarkan besar emisi CO_2 .



Tugas Akhir

Life Cycle Assessment dan Life Cycle Cost Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Pada Area Ground Floor (Studi Kasus Pada Proyek X di Semarang)



Gambar 5.8 Perbandingan Estimasi Biaya Berdasarkan Estimasi Besar Emisi CO₂ pada Proyek *Uptown Mall*

Berdasarkan Gambar 5.8, dapat dijabarkan estimasi besar biaya masing-masing sumber berdasarkan estimasi emisi CO₂:

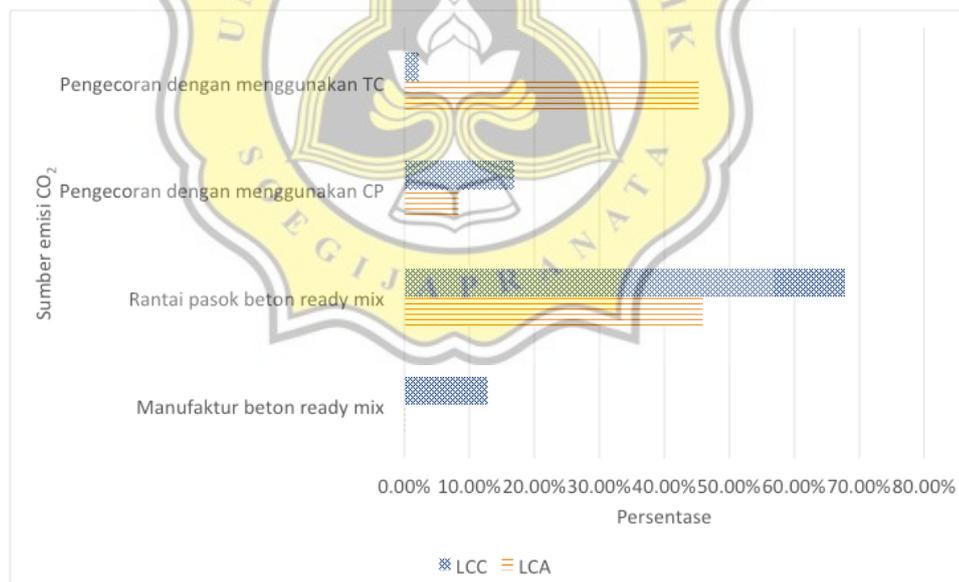
- Biaya pada manufaktur beton *ready mix* diestimasi berdasarkan penggunaan bahan bakar per 1 kubik beton *ready mix*. Besar estimasi biaya berdasarkan estimasi besar emisi CO₂ pada manufaktur beton *ready mix* berkisar adalah Rp 1.428.682,- per kubik produksi beton *ready mix*.
- Selanjutnya estimasi biaya pada sumber emisi CO₂ di rantai pasok sebesar Rp. 7.520.000,-. Besar biaya tersebut diestimasi berdasarkan kapasitas tangki dan diestimasi dengan asumsi terisi penuh.
- Besar biaya akibat emisi CO₂ pada pengecoran dengan menggunakan *concrete pump* adalah Rp. 1.880.000,-. Perhitungan biaya diestimasi berdasarkan bahan bakar yang digunakan dan kapasitas tanki yang sama pula.
- Besar biaya pengecoran dengan *tower crane* akibat emisi CO₂ sebesar Rp. 247.149,50. Besar biaya tersebut diestimasi berdasarkan jumlah siklus yang dapat diamati selama survei. Ada indikasi semakin banyak siklus dan durasi penggunaan *tower crane* maka berpotensi semakin besar. Namun demikian



durasi penggunaan *tower crane* cenderung terbatas untuk transportasi material dan pada jam-jam tertentu.

5.8. Life Cycle Costing CO₂

Pada industri konstruksi, hubungan antara LCC dan LCA sangat mempengaruhi lingkungan pekerjaan konstruksi, termasuk dalam siklus pekerjaan yang berlangsung di *site*. Pengaruh tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk beban biaya. Beban biaya merupakan salah satu faktor penting bagi setiap proyek konstruksi. Faktor biaya termasuk pemilihan peralatan konstruksi yang digunakan selama proyek berlangsung. Pada penelitian ini berusaha untuk memetakan hubungan antara LCA dan LCC pada pekerjaan struktur khususnya pada area *ground floor*. Perbandingan antara LCA dan LCC pada penelitian ini dapat diperlihatkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Perbandingan Antara LCA dan LCC Pada Proyek Uptown Mall



Berdasarkan Gambar 5.9, hasil estimasi LCCCO₂ dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Perbandingan LCA dan LCC pada manufaktur produksi beton *ready mix* pada Proyek *Uptown Mall* memiliki kecenderungan tingkat persentase yang sama. Hal ini memberikan indikasi bahwa semakin besar volume beton yang diproduksi semakin besar emisi CO₂ dan semakin besar pula besar biaya. Hubungan ini mempunyai kecenderungan linier.
- b. Perbandingan LCA dan LCC pada rantai pasok konstruksi dan pengecoran dengan *concrete pump* di Proyek *Uptown Mall* memiliki tingkat persentase yang sama, yaitu hasil estimasi LCC lebih besar daripada LCA. Faktor yang diindikasikan sebagai penentu adalah harga bahan bakar, kapasitas tanki, durasi dan waktu tunggu selama proses pengecoran.
- c. Perbandingan LCA dan LCC pada penggunaan *tower crane* pada Proyek *Uptown Mall* signifikan. Dampak biaya terhadap besar emisi CO₂ yang ditimbulkan tidak linier. Faktor yang diindikasikan sebagai penyebab kondisi tersebut adalah mesin *tower crane* yang didesain hemat energi, durasi penggunaan *tower crane* dan biaya sumber bahan bakar untuk keperluan proyek.