

Review Kapasitas Daya Dukung Dan Tinjauan Waktu Pelaksanaan Bore Pile Pada Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Binjai Pangkalan Brandan

Yetty Saragi^{1,a}, Humisar Pasaribu^{1,b}, Tiurma Saragi¹, Johan Oberlyn Simanjuntak¹, Bartholomeus Hutagalung¹, Salomo Simanjuntak¹, Yaaro Harefa², Joshua Gea²,

¹ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen Medan

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen Medan

^aemail : yettysaragih@uhn.ac.id, ^bemail : humisar.pasaribu@uhn.ac.id

Abstract

In the Sei Wampu Bridge work project, Binjai Pangkalan Brandan carried out bore pile foundation installation work at the A2 foundation point with a total of 21 piles. Review of the bearing capacity of bore pile foundations using Analysis from Meyerhof (1956) and the Converse-Labarre Formula method for the calculation of pile group efficiency. The time of completion of work based on the time schedule plan is 125 calendar days. This research conducted a review using the Critical Chain Project Management (CCPM) method to obtain time efficiency, so that the project can be carried out on time.

From the results of analysis and discussion, it was obtained that the largest foundation carrying capacity was the result of laboratory data using method C. Significant differences in results were obtained, especially laboratory data due to the correlation value used in each method. The result of calculating the bearing capacity of the foundation based on the method of Luciano Decourt (1987) using N-SPT data is 287,600.76 kN; Meyerhof's (1956) method using N-SPT data is 265,062.68 kN; a combination of Meyerhof's method (1976), Vesic's method (1977); the combination of the Vesic method (1977), the Coyle and Castello method (1981) and the results of foundation carrying capacity analysis using the All Pile program is 41,159.85 kN.

The Critical Chain Project Management method is defined as the longest chain of interrelated events, where the linkage lies in the work or resources that are interconnected with each other, by cutting 50% of the duration of the work and replacing it as a buffer. The time comparison obtained from the calculation results using the CCPM method obtained a time efficiency of 116 days with a work time difference of 7.2% or about 9 days from the existing duration of the previous 125 days, while to compare the results of the CCPM method, calculations were carried out based on realization for 97 days, where the realization results were smaller than using the CCPM method and time schedule plan.

Keywords : Bore pile, Carrying capacity, Time review

Abstrak

Pada proyek pekerjaan Jembatan Sei Wampu, Binjai Pangkalan Brandan dilaksanakan pekerjaan pemasangan pondasi bore pile pada titik pondasi A2 dengan jumlah pile sebanyak 21 titik. Review daya dukung pondasi bore pile menggunakan Analisa dari Meyerhof (1956) dan metode Converse-Labarre Formula untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang. Lama penyelesaian pekerjaan berdasarkan time schedule rencana 125 hari kalender. Penelitian ini melakukan tinjauan dengan menggunakan metode Critical Chain Project Management (CCPM) untuk memperoleh efisiensi waktu, sehingga proyek dapat terlaksana dengan tepat waktu.

Dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh bahwa daya dukung pondasi yang paling besar adalah hasil dari data laboratorium dengan menggunakan metode C. Perbedaan hasil yang signifikan diperoleh khususnya data laboratorium dikarenakan nilai korelasi yang digunakan pada masing-masing metode. Hasil perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan metode Luciano Decourt (1987) menggunakan data N-SPT adalah 287.600,76 kN; metode Meyerhof (1956) menggunakan data N-SPT adalah 265.062,68 kN; gabungan dari metode Meyerhof (1976), metode Vesic (1977); gabungan dari metode Vesic (1977), metode Coyle dan Castello

(1981) dan hasil analisis daya dukung pondasi menggunakan program All Pile adalah 41.159,85 kN.

Metode Critical Chain Project Management didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian-kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan satu sama lain, dengan memotong 50% durasi pekerjaan dan menggantikannya sebagai buffer. Perbandingan waktu yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan metode CCPM diperoleh efisiensi waktu 116 hari dengan selesai waktu pekerjaan sebesar 7.2% atau sekitar 9 hari dari durasi eksisting 125 hari sebelumnya, sedangkan untuk membandingkan hasil metode CCPM dilakukanlah perhitungan berdasarkan realisasi selama 97 hari, dimana hasil realisasi lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode CCPM dan time schedule rencana.

Kata Kunci : Bore pile, Daya dukung, Tinjauan waktu

1. PENDAHULUAN

Pada pembangunan suatu konstruksi, hal pertama yang dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah) baru kemudian melaksanakan pekerjaan struktur atas. Pada pembangunan proyek pondasi Jembatan Sei Wampu digunakan pondasi bored pile dan terlebih dahulu sudah dilakukan penyelidikan tanah untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (engineering).

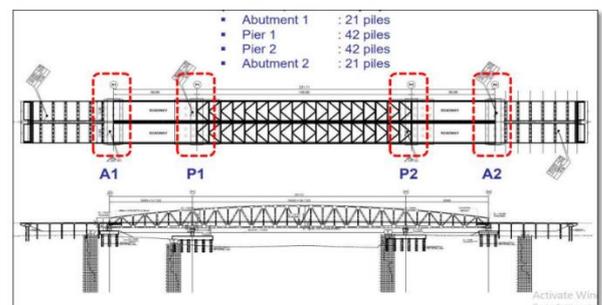
Semua tahapan pekerjaan bore pile sudah dihitung durasi pekerjaannya. Oleh karena itu dibutuhkan cara agar pelaksanaannya dapat tercapai sesuai waktu yang telah ditentukan. Agar segala pekerjaan dapat terlaksana dengan efektif dan efisien. Sehingga segala pekerjaan dapat terjadwal sesuai rencana. Schedule atau penjadwalan adalah unsur yang paling penting dalam pelaksanaan proyek. Namun didalam pelaksanaan jadwal cenderung tidak terpakai secara efektif dilapangan, hal ini disebabkan penyusunannya yang tidak didasari dengan logika-logika teknis yang baik dan ketidakmampuan mengendalikan jadwal yang telah direncanakan dan bisa menyebabkan kendala dan masalah yang tidak sesuai perencanaan.

2. METODE PENELITIAN

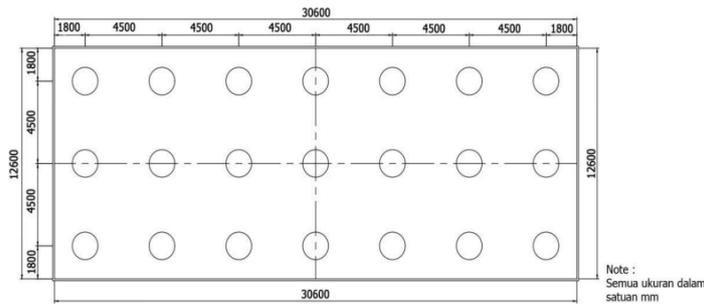
Data proyek yang dibahas pada penelitian ini adalah data pengeboran pada sebuah titik pile cap pada Pondasi Bore pile A2 dengan jumlah pile sebanyak 21 Titik dengan data seperti gambar 1-4 dan alur penelitian sesuai Gambar 5 berikut. Seluruh data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder.



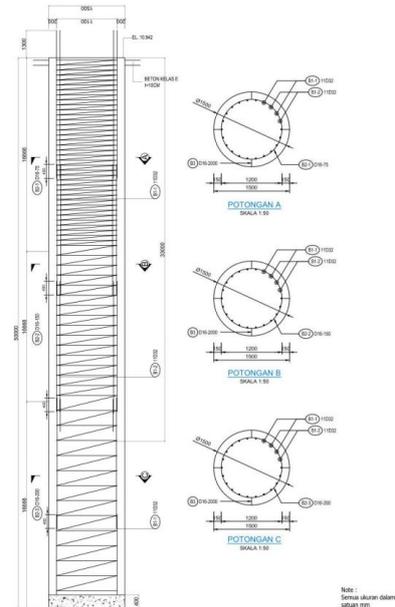
Gambar 1. Situasi pekerjaan bore pile



Gambar 2. Titik pengeboran



Gambar 3. Denah pilar Abutmen A2



Gambar 4. Gambar pondasi

2.1 Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile

- Metode Terzaghi

Menentukan daya dukung ujung tiang dengan menggunakan persamaan Terzaghi untuk daya dukung ultimate dan daya dukung gesekan kulit/selimut tiang, diberikan persamaan sebagai berikut :

$$Q_p = A_p q_p = A_p (cN_c + qN_q^*) \quad (1)$$

$$Q_s = A_s f \quad (2)$$

- Metode Luciano Decourt (1987)

Menurut Luciano Decourt (1987) untuk menentukan daya dukung ujung tiang dan selimut tiang berdasarkan data N-SPT diberikan persamaan sebagai berikut :

$$Q_p = A_p NK \quad (3)$$

$$Q_s = A_s \left(\frac{\bar{N}}{3} \right) + 1 \quad (4)$$

- Metode Meyerhoff (1956)

Menurut Meyerhoff (1956) untuk menentukan daya dukung ujung dan selimut tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p q N_q^* \quad \text{untuk pasir} \quad (5)$$

$$Q_p = 9cA_p \quad \text{untuk lempung} \quad (6)$$

$$Q_s = 0.2A_s \bar{N} \quad (7)$$

- Metode Vesic (1977)

Menurut Vesic (1977) untuk menentukan daya dukung ujung dan selimut tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \sigma'_0 N_{\sigma}^* \quad \text{untuk pasir} \quad (8)$$

$$Q_p = A_p c N_c^* \quad \text{untuk lempung} \quad (9)$$

$$Q_s = \sum (NA_s) \quad (10)$$

- Metode Ceylo dan Castelo (1981)

Menurut Ceylo dan Castelo (1981) untuk menentukan daya dukung ujung sama dengan metode Meyerhoff (1976) dan selimut tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = f_{av} p \Delta L \quad (11)$$

- Metode Converse-Labarre Formula

Metode ini sering dipakai untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang. Metode ini menggunakan komponen pendekatan berupa nilai jumlah baris tiang, jumlah tiang, diameter tiang dan spasi konfigurasi kelompok tiang, yaitu :

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{90 n_1 n_2} \right] \theta \quad (12)$$

- Software All Pile

Berdasarkan program All Pile untuk menentukan daya dukung tiang hanya dapat menggunakan data N-SPT dengan parameter tanah yang digunakan ialah parameter berdasarkan program All Pile

2.2 Tinjauan Waktu Pelaksanaan Bore Pile Metode Critical Chain Project Management (CCPM)

Critical Chain Project Management adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut Theory of Constraints diberlakukan bagi proyek – proyek untuk memperbaiki kinerja proyek kedepan. Pendekatan Theory of Constraints memfokuskan pada sukses penyelesaian pekerjaan yang tepat waktu pada proyek secara keseluruhan. Hakekat dari Theory of Constraints adalah untuk memfokuskan pada model batasan kunci yang mana secara langsung berkontribusi ke sistem kinerja, mengatur buffer sumber daya untuk mengotimalkan proses dan membuat optimal penggunaan kapasitas yang sudah ada.

Dalam menghitung waktu penyelesaian pekerjaan dan berapa lama/hari menyelesaikan (B) suatu pekerjaan (n) dapat dibuat permisalan sebagai berikut :

$$B = \frac{n \times \text{Waktu penyelesaian pekerjaan}}{\frac{7 \text{ jam}}{\text{hari}} (\text{standard kerja})} = \frac{n}{\text{jumlah produksi perhari}} \quad (13)$$

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Tanah

Data penyelidikan tanah yang digunakan untuk Analisa Pondasi Bore Pile A2 berdasarkan data SPT, Boring dan Laboratorium yang dirangkum pada Tabel 1-3 berikut ini.

Tabel 3.1 Data boring yang digunakan untuk analisis

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis Tanah	Relative Density/Consistency
0.00 - 2.00	Lempung	Lunak
2.00 - 7.00	Lempung berpasir	Sedang - lunak - kaku
7.00 - 18.00	Pasir	Sedang
18.00 - 24.50	Lempung	Sedang - kaku - sangat kaku
24.50 - 30.45	Pasir dan boulder	Sangat padat

Sumber : Data Lapangan

Tabel 3.2. Data N-SPT yang digunakan untuk analisis

Kedalaman (m)	N-SPT (pukulan/30 cm)	Kedalaman (m)	N-SPT (pukulan/30 cm)
	BH_01		BH_01
0	0	16	21
2	7	18	8
4	2	20	6
6	12	22	9
8	14	24	19
10	15	26	60
12	18	28	60
14	17	30	60

Sumber : Data Lapangan

Tabel 3.3. Data Laboratorium yang digunakan untuk analisis

Titik	BH-01	
Kedalaman (m)	0,00 - 19,50	19,50 - 30,00
Kohesi Tanah, c (kN/m ²)	8,21	10,35

Sumber : Data Lapangan

3.2 Analisa Daya Dukung

Berdasarkan metode Luciano Decourt (1987) diperoleh daya dukung berikut (Tabel 3.4)

Tabel 3.4. Hasil Analisa daya dukung berdasarkan Metode Luciano Decourt (1987)

No	L m	Jenis Tanah	N-SPT	N̄	π	D	K	A _p	A _s	Q _p	Q _s	Q _u	Q _a
						m	ton/m ²	m	m ²	ton	ton	ton	ton
0	0	clay	0	0	3.14	1.5	12	1.77	0	0	1	1	0.33
1	2	clay	7	7	3.14	1.5	12	1.77	9.42	148.37	22.98	171.35	57.12
2	4	clay	2	4.50	3.14	1.5	12	1.77	18.84	42.39	29.26	71.65	23.88
3	6	clay	12	7.00	3.14	1.5	12	1.77	28.26	254.34	66.94	321.28	107.09
4	8	sand	14	8.75	3.14	1.5	40	1.77	37.68	989.10	110.90	1100.00	366.67
5	10	sand	15	10.00	3.14	1.5	40	1.77	47.10	1059.75	158.00	1217.75	405.92
6	12	sand	18	11.33	3.14	1.5	40	1.77	56.52	1271.70	214.52	1486.22	495.41
7	14	sand	17	12.14	3.14	1.5	40	1.77	65.94	1201.05	267.90	1468.95	489.65
8	16	sand	21	13.25	3.14	1.5	40	1.77	75.36	1483.65	333.84	1817.49	605.83
9	18	sand	8	12.67	3.14	1.5	40	1.77	84.78	565.20	358.96	924.16	308.05
10	20	clay	6	12.00	3.14	1.5	12	1.77	94.20	127.17	377.80	504.97	168.32
11	22	clay	9	11.73	3.14	1.5	12	1.77	103.62	190.76	406.06	596.82	198.94
12	24	clay	19	12.33	3.14	1.5	12	1.77	113.04	402.71	465.72	868.43	289.48
13	26	sand	60	16.00	3.14	1.5	40	1.77	122.46	4239.00	654.12	4893.12	1631.04
14	28	sand	60	19.14	3.14	1.5	40	1.77	131.88	4239.00	842.52	5081.52	1693.84
15	30	sand	60	21.87	3.14	1.5	40	1.77	141.30	4239.00	1030.92	5269.92	1756.64

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan metode Meyerhoff (1956) diperoleh daya dukung berikut (Tabel 3.5)

Tabel 3.5. Hasil Analisa daya dukung berdasarkan Metode Meyerhoff (1956)

No	L (m)	Jenis Tanah	N-SPT	N̄	π	D	A _p	A _s	Q _p	Q _s	Q _u	Q _a
						(m)	(m)	(m ²)	ton	ton	ton	ton
0	0	clay	0	0	3.14	1.5	1.77	0	0	0	0	0
1	2	clay	7	7	3.14	1.5	1.77	9.42	494.55	13.19	507.74	169.25
2	4	clay	2	4.50	3.14	1.5	1.77	18.84	141.30	16.96	158.26	52.75
3	6	clay	12	7.00	3.14	1.5	1.77	28.26	847.80	39.56	887.36	295.79
4	8	sand	14	8.75	3.14	1.5	1.77	37.68	989.10	65.94	1055.04	351.68
5	10	sand	15	10.00	3.14	1.5	1.77	47.10	1059.75	94.20	1153.95	384.65
6	12	sand	18	11.33	3.14	1.5	1.77	56.52	1271.70	128.11	1399.81	466.60
7	14	sand	17	12.14	3.14	1.5	1.77	65.94	1201.05	160.14	1361.19	453.73
8	16	sand	21	13.25	3.14	1.5	1.77	75.36	1483.65	199.70	1683.35	561.12
9	18	sand	8	12.67	3.14	1.5	1.77	84.78	565.20	214.78	779.98	259.99
10	20	clay	6	12.00	3.14	1.5	1.77	94.20	423.90	226.08	649.98	216.66
11	22	clay	9	11.73	3.14	1.5	1.77	103.62	635.85	243.04	878.89	292.96
12	24	clay	19	12.33	3.14	1.5	1.77	113.04	1342.35	278.83	1621.18	540.39
13	26	sand	60	16.00	3.14	1.5	1.77	122.46	4239.00	391.87	4630.87	1543.62
14	28	sand	60	19.14	3.14	1.5	1.77	131.88	4239.00	504.91	4743.91	1581.30
15	30	sand	60	21.87	3.14	1.5	1.77	141.30	4239.00	617.95	4856.95	1618.98

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan metode Vesic (1977) diperoleh daya dukung berikut (Tabel 3.6)

Tabel 3.6. Hasil Analisa daya dukung berdasarkan Metode Vesic (1977)

No	L m	Jenis Tanah	Q _p	Q _s	Q _u	Q _a
			kN	kN	kN	kN
0	0	clay	130.51	0.00	130.51	43.50
1	2	clay	130.51	199.04	329.55	109.85
2	4	clay	130.51	442.46	572.97	190.99
3	6	clay	130.51	730.24	860.75	286.92
4	8	sand	14661.43	21.96	14683.39	4894.46
5	10	sand	18727.37	28.05	18755.42	6251.81
6	12	sand	23794.78	35.64	23830.42	7943.47
7	14	sand	27199.76	40.74	27240.50	9080.17
8	16	sand	32046.84	48.00	32094.84	10698.28
9	18	sand	30644.79	45.90	30690.69	10230.23
10	20	clay	164.53	4390.19	4554.72	1518.24
11	22	clay	164.53	5073.24	5237.76	1745.92
12	24	clay	164.53	5800.65	5965.17	1988.39
13	26	sand	144472.19	80.82	144553.01	48184.34
14	28	sand	159121.46	89.02	159210.48	53070.16
15	30	sand	174275.89	97.50	174373.38	58124.46

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan metode Ceylo dan Castelo (1981) diperoleh daya dukung berikut(Tabel 3.7)

Tabel 3.7. Hasil Analisa daya dukung berdasarkan Metode Ceylo dan Castelo (1981)

L m	Jenis Tanah	Q _p	Q _s	Q _u	Q _a
		kN	kN	kN	kN
0	clay	171.11	0.00	171.11	57.04
2	clay	171.11	55.39	226.50	75.50
4	clay	171.11	180.01	351.12	117.04
6	clay	171.11	560.80	731.91	243.97
8	sand	1215.12	21.96	1237.08	412.36
10	sand	1552.10	28.05	1580.15	526.72
12	sand	1972.08	35.64	2007.72	669.24
14	sand	2254.28	40.74	2295.02	765.01
16	sand	2656.00	48.00	2704.00	901.33
18	sand	2539.80	45.90	2585.70	861.90
20	clay	270.55	5546.65	5817.20	1939.07
22	clay	270.55	8053.73	8324.28	2774.76
24	clay	270.55	10649.56	10920.11	3640.04
26	sand	7207.20	80.82	7288.02	2429.34
28	sand	7938.00	89.02	8027.02	2675.67
30	sand	8694.00	97.50	8791.50	2930.50

Sumber : Hasil Analisa

3.3 Analisa Waktu Pelaksanaan

Berdasarkan hasil perhitungan mundur diperoleh beberapa kegiatan jalur kritis dengan total float = 0 yang menunjukkan kegiatan tersebut kritis. Berikut tabel rekapitulasi jalur kritis dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

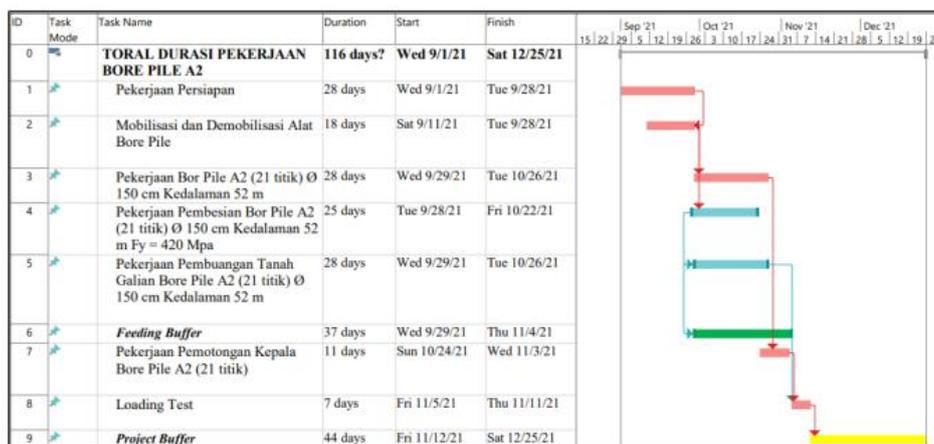
Tabel 3.8. Rekapitulasi kegiatan kritis

No Kegiatan	Durasi (Hari)	Predec essor	Hubungan keterkaitan	ES	EF	LS	LF	TF
1=A	28	-	-	0	28	0	28	0
2=B	18	1	FF	28	46	28	49	0
4=D	25	2	FS-1 hari	28	53	28	53	0
5=E	28	4	SS+1	53	81	53	81	0
7=7	7	5,6	FS+1 hari	81	88	81	88	0

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan perhitungan waktu CPM diperoleh penyelesaian proyek keseluruhan adalah 88 hari, tanpa waktu pengaman. Dengan jalur lintasan kritis pada kegiatan 1-2-4-5-7. Sedangkan pada perhitungan microsoft project diperoleh hasil jalur kritis dimulai dari 1-2-3-6-7. Sehingga dari hasil perbandingan antara jalur kritis CPM dan Microsoft project sedikit terjadi perbedaan. Penyebab terjadinya perbedaan ini disebabkan oleh sistem perhitungan antara CPM yang hanya menggunakan aturan ketergantungan kegiatan selesai, dalam artian bahwa suatu kegiatan harus selesai terlebih dahulu baru kemudian dapat melanjutkan kekegiatan berikutnya, dimana hitungan jeda waktu tidak langsung dihubungkan kedalam CPM, misalnya penggunaan fungsi dari konstrain “FS-1” adalah kondisi dimana suatu pekerjaan dapat dimulai satu hari sebelum pekerjaan pendahulunya selesai. Sedangkan perhitungan menggunakan microsoft project jauh lebih efisien karena ditunjang dengan informasi alokasi waktu yang dibutuhkan untuk tiap proses, serta kebutuhan sumber daya untuk setiap proses sepanjang waktu. Jadi jalur kritis yang digunakan didalam penentuan CCPM adalah jalur kritis hasil dari microsoft project yaitu aktivitas kritis yang dimulai dari 1-2-3-6-7.

Setelah dilakukan perhitungan project buffer dan feeding buffer, maka langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan penjadwalan kembali menggunakan microsoft project, dengan menambahkan buffer ke dalam hasil penjadwalan CCPM. Berikut hasil uraian kegiatan dan bar chart dengan penerapan critical chain project management dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Uraian kegiatan dan Bar Chart dengan penerapan CCPM

Sumber : Hasil Analisa

Dari perolehan waktu dilakukan permisalan dan menghitung berapa hari penyelesaian pekerjaan bore pile A2 (21 titik) seperti berikut ini.

- Pengeboran
 - Total waktu penyelesaian pengeboran per hari = 7 jam/hari
 - Waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran bore pile A2 (21 titik) :

$$B = \frac{n \times \text{waktu pengeboran}}{7 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = \frac{21 \times 7 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} = 21 \text{ hari}$$

- Pekerjaan pembesian

$$B = \frac{n}{\text{Jumlah pembesian perhari}} = \frac{21}{2 \text{ titik/hari}} = 11 \text{ hari}$$

- Pemasangan besi

$$B = \frac{n \times \text{waktu pemasangan besi}}{7 \text{ jam/hari}} = \frac{21 \times 3 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} = 9 \text{ hari}$$

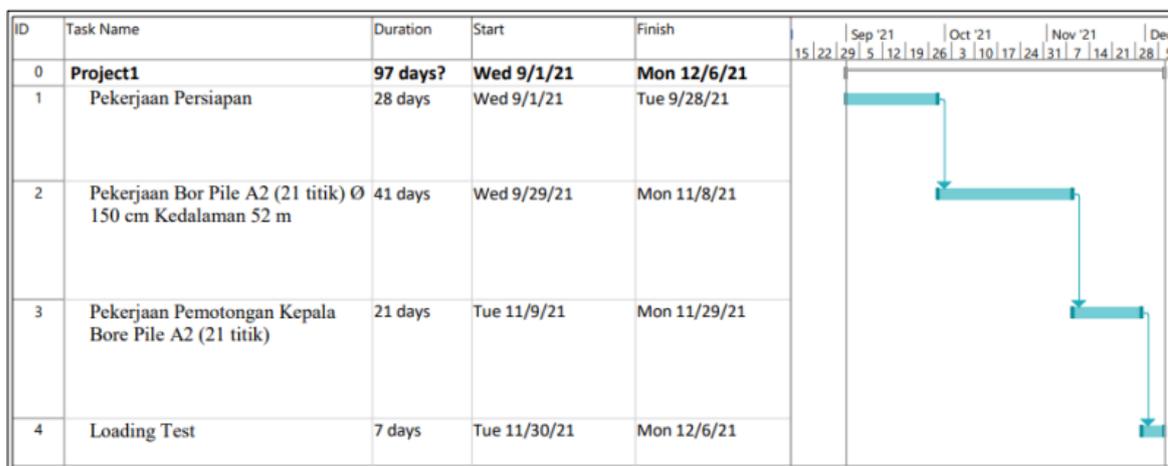
- Pengecoran

$$B = \frac{n \times \text{waktu pemasangan besi}}{7 \text{ jam/hari}} = \frac{21 \times 3.5 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} = 11 \text{ hari}$$

- Pembuangan tanah

$$B = \frac{n \times \text{waktu pemasangan besi}}{7 \text{ jam/hari}} = \frac{21 \times 7 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} = 21 \text{ hari}$$

Dari hasil perhitungan manual diperoleh bahwa penyelesaian pekerjaan khusus bore pile A2 (21 titik) dapat diselesaikan selama 41 hari. Berdasarkan realisasi dilapangan dan pemotongan 50% durasi pekerjaan persiapan, bahwa pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan finishing yaitu loading test dapat dikerjakan selama 97 hari. Schedule penjadwalan berdasarkan perhitungan realisasi dilapangan dan pemotongan 50% pekerjaan persiapan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Bar Chart penjadwalan berdasarkan realisasi dan pemotongan durasi
Sumber : Hasil Analisa

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan dari pekerjaan Pondasi Bored Pile A2 Jembatan dan tinjauan waktu pelaksanaan Jalan Bebas Hambatan Binjai Pangkalan Brandan, yaitu :

- Hasil perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan metode Luciano Decourt (1987) menggunakan data N-SPT adalah 287.600,76 kN, hasil perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan metode Meyerhof (1956) menggunakan data N-SPT adalah 265.062,68 kN; hasil perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan gabungan dari metode Meyerhof (1976), metode Vesic (1977); hasil perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan gabungan dari metode Vesic (1977), metode Coyle dan Castello (1981) dan metode β menggunakan data laboratorium adalah 48.924,7 kN; hasil analisis daya dukung pondasi menggunakan program All Pile adalah 41.159,85 kN
- Hasil perhitungan efisiensi waktu menggunakan metode critical chain project management adalah 116 hari kalender, dengan selisih waktu sebesar 7.2% atau sekitar 9 hari dari durasi eksisting 125 hari. Sedangkan perhitungan berdasarkan realisasi lebih kecil dari pada perhitungan CCPM dan time schedule rencana, dimana perhitungan berdasarkan realisasi sebesar 97 hari dengan selisih 28 hari atau sekitar 22.4% dari schedule rencana.

REFERENSI

- [1] Abma, V. (2020). Analisis Pengendalian Mutu pada Proyek Pembangunan Apartemen Yudhistira Yogyakarta
- [2] Bowles, J.E., "Foundation Analysis and Design", 4th ed, 1997.
- [3] Das, Braja M, "Principles of Foundation Engineering", 7th ed, 1990.
- [4] Manajemen Proyek Konstruksi, Ervianto, 2005
- [5] Mandak, L. (2016). Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Proyek Pembangunan
- [6] Butik Gunung Langit Manado (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado)
- [7] Pagehgiri, J. (2015). Analisis Penggunaan Pondasi Mini Pile Dan Pondasi Borpile Terhadap Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas Smpn 10 Denpasar. *Extrapolasi*, 8(01)
- [8] Tampubolon, U. D., Rahman, T., & Haryanto, B. (2021). Evaluasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode Critical Chain Project Management (CCPM)(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Samarinda). *Teknologi Sipil*, 5(1), 30-43.