

**STUDI PERBEDAAN TEMPERATUR BETON MASSA PADA PEKERJAAN RAFT FOUNDATION
DENGAN KETEBALAN 2,5 METER**

Siti Abadiyah¹, Basirun², Jamaludin Harits Nur Hafidz³
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I No.33 Cikokol Tangerang
*Co Responden Email:: siti.abadiyah@ft-umt.ac.id

Abstrak

Konstruksi beton, sering ditemukan dalam pelaksanaan struktur beton dengan volume pekerjaan yang besar atau dikenal dengan beton massa (mass concrete). Beton massa memiliki sifat khusus, yaitu selama dalam proses pengerasan beton mengalami kenaikan temperatur sampai batas tertentu sebagai akibat dari pelepasan panas hidrasi semen portland. Kenaikan suhu beton tersebut bisa mencapai 85°C pada bagian dalamnya ukuran beton yang cukup besar/tebal dan karena beton mempunyai sifat “konduktivitas termal yang cepat memburuk” maka suhu ini tidak cepat turun, sehingga akan terjadi perbedaan suhu yang cukup besar antara bagian dalam dan bagian luar beton. Studi perubahan temperatur pada pekerjaan pengecoran raft foundation pada proyek Trans Park Bintaro ini akan dianalisa untuk membandingkan data lapangan dengan standar ACI 207. Temperatur yang terdapat paling tinggi secara keseluruhan terjadi pada bagian tengah atau inti beton. Temperatur maksimum semua thermocouple terjadi pada suhu ±70°C, sedangkan perbedaan temperatur antara lapisan beton yang terjadi selisihnya adalah <20°C.

Kata kunci: Beton Massa, Raft Foundation, Temperatur

Abstract

Concrete construction is often found in the implementation of concrete structure with a large volume of work, known as mass concrete. Mass concrete has special properties, namely that during the hardening process, the temperature increases to a certain extent as a result of the release of heat from portland cement hydration. The concrete temperature increase can reach 85°C on the inside. The size of the concrete is quite large/thick and because the concrete has the property of “rapidly deteriorating thermal conductivity”, this temperature does not drop quickly, so there will be a fairly large temperature difference between the inside and the outside of the concrete. The study of temperature changes in the casting raft foundation work at the Trans Park Bintaro project will be analyzed to compare field data with the ACI 207 standard. The highest overall temperature occurs in the center or core of the concrete. The maximum temperature of all thermocouples occurs at ±70°C, while the difference in temperature between the concrete layers that occurs is <20°C.

Keywords: Mass Concrete, Raft Foundation, Temperature

1. PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu material Konstruksi yang sering digunakan pada bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Material beton terdiri dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, dan semen. Campuran beton tersebut akan mengeras disebabkan reaksi kimia antara semen dengan air. Konstruksi beton, sering ditemukan dalam pelaksanaan struktur beton dengan volume pekerjaan yang besar atau dikenal dengan beton massa (mass concrete). Beton massa memiliki sifat khusus, yaitu selama dalam proses pengerasan beton mengalami kenaikan temperatur sampai batas

tertentu sebagai akibat dari pelepasan panas hidrasi semen portland. Kenaikan suhu beton tersebut bisa mencapai 85°C pada bagian dalamnya, Ukuran beton yang cukup besar/tebal dan karena beton mempunyai sifat “konduktivitas termal yang cepat memburuk” maka suhu ini tidak cepat turun, sehingga akan terjadi perbedaan suhu yang cukup besar antara bagian dalam dan bagian luar beton. Apabila hal ini tidak dapat dicegah atau dikendalikan, sehingga akan mengakibatkan retakan-retakan pada permukaan beton yang kemudian berlanjut ke bagian dalam beton sehingga mempengaruhi kekuatan dari konstruksi beton tersebut. Maksimum

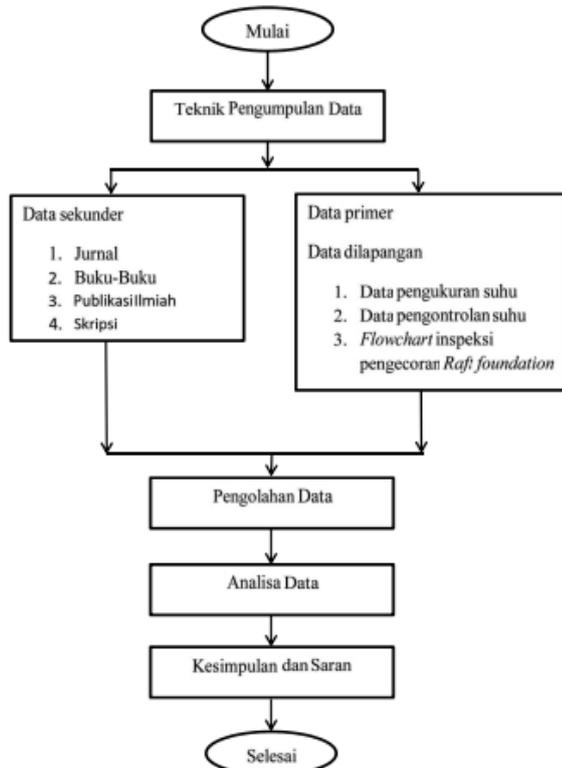
perubahan suhu (*thermal shock*) yang dapat menyebabkan terjadinya kontraksi dan mengakibatkan retak adalah 40°C/jam (ACI.207, 2002; ACI 207, 1997).

Maka dari itu konstruksi beton massa memerlukan pengawasan, karena ketebalan dan jumlah volume dari pengecoran beton yang sangat besar. Beton massa dibutuhkan juga pengontrolan terhadap panas hidrasi, oleh karena itu pada studi ini meninjau pengaruh dan perilaku dari kenaikan temperatur yang terjadi terhadap elemen beton.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif eksperimen. Metode ini dilakukan untuk mengamati perbedaan selisih temperatur yang terjadi antar lapisan beton massa raft foundation. Penelitian yang dilakukan bersifat studi literatur dan studi lapangan.

Mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini. Pembahasan diuraikan dalam bentuk tahapan studi yang dilakukan mulai dari lokasi penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisa data dan diagram alur penelitian.



Gambar 2.1 Flowchart Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan temperatur beton massa pada dasarnya tergantung dari besarnya nilai temperatur awal atau temperatur puncak. Adapun temperatur awal (T_i) dan temperatur puncak (T_{max}) dapat dihitung menggunakan metode PCA (Portland Cement Association) dengan mengetahui *mix design* dari beton massa. *Mix design* yang digunakan pada raft foundation Trans Park Bintaro adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 *Mix Design* Trans Park Bintaro
Sumber: Dokumentasi Proyek

Description	Remark
Type of Concrete (MPa)	f'c 30
Supplier	Adhimix
Slump	16, ± 2
Cement Type	PC+FA
Specified Strength (MPa)	30
Target Strength at 28 days (Cylinder) (MPa)	30
Cement content (kg)	353
Holeim	
Fly Ash content (kg)	62
Free Water content (kg)	193
Coarse Agg. Max 25mm (kg)	1
Coarse Agg. Max 12.5mm (kg)	0
Fine Aggregate (kg)	576
M. Sand (kg)	553
Admixture: Retarder (lt)	0,2-0,4
Plastiment VZ	
Admixture: Super Plasticizer (lt)	0,2-0,4
Fly Ash Content (%)	20%
W/C Ratio	0.47
On site temperature (°C)	± 32
Peak temperature (°C)	78,5

Dari tabel *mix design* di atas dapat dihitung *Peak Temperature* tanpa menggunakan *pre-cooling* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_i = \frac{0.22(T_a \cdot W_a + T_c \cdot W_c + T_{fa} \cdot W_{fa}) + T_w \cdot W_w + T_{wa} \cdot W_{wa}}{0.22(W_a + W_c + W_{fa}) + W_w + W_{wa}}$$

Dimana,

Tabel 3.2 Data Suhu dan Massa masing-masing agregat pada *Mix Design* Trans Park tanpa *Pre-cooling*

Sumber: Dokumentasi Proyek

Before Pre-cooling		Trans Park	Satuan
T_i	: Initial Concrete Temperature		
T_a	: Aggregate Temperature	32	°C
T_c	: Cement Temperature	80	°C
T_{fa}	: Fly Ash Temperature	34,5	°C
T_w	: Water Temperature	29,8	°C
T_{wa}	: Water in Aggregate Temperature	30,2	°C
W_a	: Mass of Aggregate	576	kg
W_c	: Mass of Cement	353	kg
W_{fa}	: Mass of Fly Ash	62	kg
W_w	: Mass of Water	193	kg
W_{wa}	: Mass of Water in Aggregate	221	kg

Dan,

$$T_{max} = T_i + 12\left(\frac{W_c}{100}\right) + 6\left(\frac{W_{fa}}{100}\right)$$

Prediksi temperatur awal beton (T_i) dan temperatur puncak beton (T_{max}) yang diperoleh dari pihak kontraktor PT. Adhi Persada Gedung selaku kontraktor utama dimana sudah dihitung dengan menggunakan rumus di atas dan cara perhitungannya sebagai berikut:

Temperatur awal beton (T_i)

$$T_i = \frac{0.22(T_a.W_a + T_c.W_c + T_{fa}.W_{fa}) + T_w.W_w + T_{wa}.W_{wa}}{0.22(W_a + W_c + W_{fa}) + W_w + W_{wa}}$$

$$T_i = \frac{0.22(32 \times 576 + 80 \times 353 + 34.5 \times 62) + 29.8 \times 193 + 30.2 \times 221}{0.22(576 + 353 + 62) + 193 + 221}$$

$$T_i = \frac{23164.02}{632.02}$$

$$T_i = 36.66^\circ C$$

Dengan asumsi perjalanan beton dan waktu tunggu paling maksimal sampai dengan 2 jam temperatur beton segar di batching plant $32^\circ C$, asumsi kenaikan suhu diperjalanan $1^\circ C$ setiap jamnya pada saat kondisi beton berumur 2 jam maka proyeksi suhu mencapai $2 + 36.66^\circ C = 38.66^\circ C$.

Temperatur awal beton (T_{max})

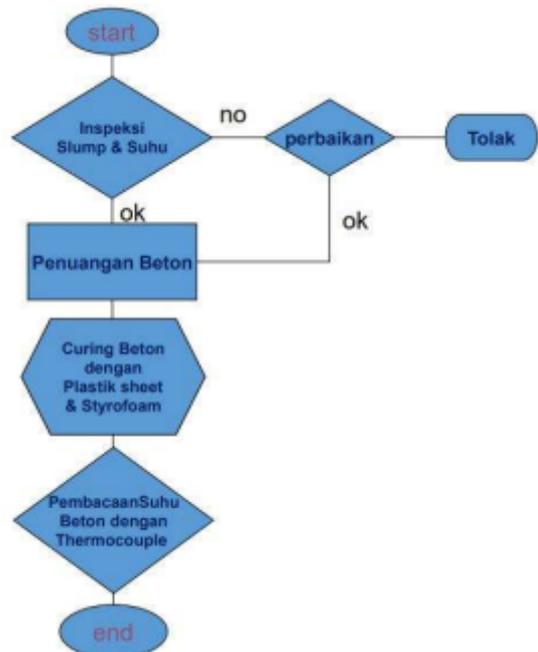
$$T_{max} = T_i + 12\left(\frac{W_c}{100}\right) + 6\left(\frac{W_{fa}}{100}\right)$$

$$T_{max} = 38.66 + 12\left(\frac{353}{100}\right) + 6\left(\frac{62}{100}\right)$$

$$T_{max} = 84.74^\circ C$$

3.1 Hasil Pembacaan Perubahan Temperatur Trans Park Bintaro

Monitoring temperatur dilakukan langsung setelah pengecoran selesai selama 7 hari untuk mendapatkan hasil yang baik, adapun pada proyek Trans Park Bintaro ini ada penambahasan waktu dalam monitoring temperatur yaitu 7 hari agar hasilnya maksimal.



Gambar 3.1 Flowchart inspeksi pengecoran Raft Foundation

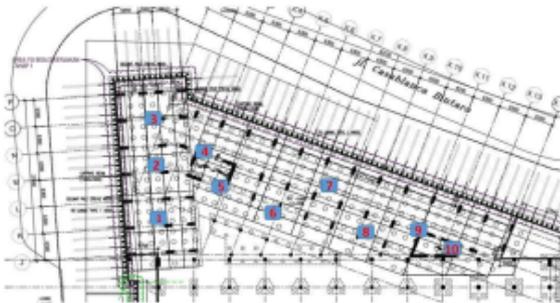
(Sumber: Dokumntasi Proyek)

Pembacaan secara rutin pada *thermocouple* yang tertanam dalam beton melalui alat ukur pembacaan yang dihubungkan dengan *probe thermocouple*.



Gambar 3.2 Thermocouple
Sumber: Dokumentasi Proyek

Penempatan *thermocouple* pada *mass concrete* dalam pekerjaan *raft foundation* ini dipasang sebanyak 10 titik. Jumlah *thermocouple* yang didapat adalah dari hasil perhitungan pihak kontraktor itu sendiri, berikut denah penempatan *thermocouple* terdapat pada **gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Denah titik-titik penempatan thermocouple
Sumber: Dokumentasi Proyek

Hasil pembacaan dicatat pada *form* hasil pengukuran yang dapat dilihat paa tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Pembacaan Thermocouple 1
Sumber: Dokumentasi Proyek

No	Time	Air Temp, C°	Temperature, C°			Difference			Remark
			Top	Middle	Bottom	Top-Bot	Top-Midd	Midd-Bot	
1	12,30	35,4	53,6	56,2	52,8	0,8	2,6	3,4	hari ke-1
2	13,30	37,1	56,5	58,4	54,4	2,1	1,9	4	
3	14,30	36,8	56,4	58,6	54,6	1,8	2,2	4	
4	15,30	35,5	57,4	59,8	55,6	1,8	2,4	4,2	
5	16,30	34,9	58,2	60,6	55,9	2,3	2,4	4,7	
6	17,30	32,4	60,1	62,7	58,1	2	2,6	4,6	
7	18,30	31,8	59,2	62,2	57,2	2	3	5	

8	19,30	31,6	58,4	61,5	56,5	1,9	3,1	5	
9	20,30	31,1	58,7	61,7	56,8	1,9	3	4,9	
10	21,30	30,6	58,7	61,5	56,7	2	2,8	4,8	
11	22,30	30,3	59,4	62,6	57,6	1,8	3,2	5	
12	23,30	30,8	59,2	62,3	57,2	2	3,1	5,1	
13	0,30	29,1	59,9	63,2	58,4	1,5	3,3	4,8	
14	1,30	28,2	59,7	63,8	57,9	1,8	4,1	5,9	
15	2,30	28,3	60,3	63,5	57,6	2,7	3,2	5,9	
16	3,30	28,6	60,5	63,9	58,5	2	3,4	5,4	
17	4,30	30,1	60,7	64,2	57,1	3,6	3,5	7,1	
18	5,30	29,6	60,5	63,9	58,5	2,0	3,4	5,4	
19	6,30	28,6	60,5	64,5	58,6	1,9	4,0	5,9	
20	7,30	30,5	56,3	63,3	57,3	1,0	7,0	6,0	
21	8,30	31,2	58,1	63,2	56,7	1,4	5,1	6,5	
22	9,30	31,7	59,7	62,1	56,1	3,6	2,4	6,0	
23	10,30	31,1	58,5	60,1	56,5	2,0	1,6	3,6	
24	11,30	32,3	60,1	63,2	57,2	2,9	3,1	6,0	
25	14,00	33,3	61,8	65,7	59,7	2,1	3,9	6,0	hari ke-2
26	17,00	31,7	68,7	69,2	63,2	5,5	0,5	6,0	
27	20,00	34,5	70,2	70,9	64,8	5,4	0,7	6,1	
28	23,00	33,4	70,7	71,9	65,3	5,4	1,2	6,6	
29	2,00	33,1	71,4	72,6	65,9	5,5	1,2	6,7	
30	5,00	33,2	70,9	72,7	65,7	5,2	1,8	7,0	
31	8,00	34,7	69,9	70,9	64,2	5,7	1,0	6,7	
32	11,00	32,7	62,6	64,2	55,9	6,7	1,6	8,3	
33	14,00	31,6	63,8	64,6	58,1	5,7	0,8	6,5	hari ke-3

34	17,00	33,2	66,1	66,8	60,9	5,2	0,7	5,9	
35	20,00	31,7	66,9	67,5	61,7	5,2	0,6	5,8	
36	23,00	31,9	67,3	67,7	61,8	5,5	0,4	5,9	
37	2,00	30,5	67,1	67,9	61,7	5,4	0,8	6,2	
38	5,00	31,2	68,6	68,8	62,9	5,7	0,2	5,9	
39	8,00	31,5	61,6	61,7	54,8	6,8	0,1	6,9	
40	11,00	33,1	64,7	64,4	57,9	6,8	0,3	6,5	
41	12,00	34,3	67,5	68,5	62,6	4,9	1,0	5,9	hari ke-4
42	12,00	31,2	65,3	67,2	62,3	3,0	1,9	4,9	hari ke-5
43	12,00	32,5	64,7	66,2	61,5	3,2	1,5	4,7	hari ke-6
44	12,00	32,3	56,7	57,9	51,2	5,5	1,2	6,7	hari ke-7
45	12,00	34,3	59,8	59,2	54,4	5,4	0,6	4,8	hari ke-8
46	13,30	29,5	51,5	54,5	51,9	0,4	3,0	2,6	hari ke-9
47	12,00	35,3	57,1	59,5	55,3	1,8	2,4	4,2	hari ke-10
48	12,30	36,6	57,9	51,2	49,6	8,3	6,7	1,6	hari ke-11
49	13,40	30,6	52,7	55,4	53,2	0,5	2,7	2,2	hari ke-12
50	11,50	35,6	49,3	52,3	50,0	0,7	3,0	2,3	hari ke-13
51	12,00	35,0	46,4	48,3	45,6	0,8	1,9	2,7	hari ke-14

Tabel 3.4 Pembacaan Thermocouple 2
Sumber: Dokumentasi Proyek

No	Time	Air Temp, C°	Temperature, C°			Difference			Remark
			Top	Middle	Bottom	Top-Bot	Top-Midd	Midd-Bot	
1	12,30	35,4	57,4	58,5	60,4	3	1,1	1,9	hari ke-1

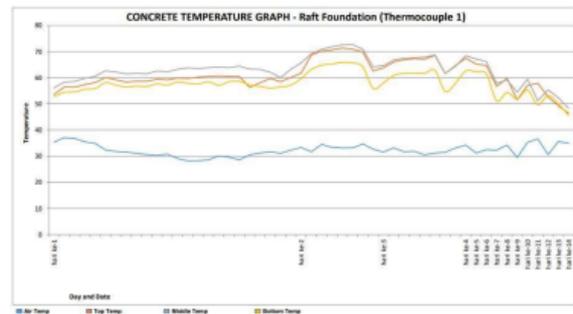
2	13.30	37.1	60.7	61.9	62.7	2	1.2	0.8	
3	14.30	36.8	61.4	62.7	64.1	2.7	1.3	1.4	
4	15.30	35.5	62.2	63.4	64.1	1.9	1.2	0.7	
5	16.30	34.9	62.3	63.7	64.9	2.6	1.4	1.2	
6	17.30	32.4	65.3	66.5	67.4	2.1	1.2	0.9	
7	18.30	31.8	63.5	65.1	65.8	2.3	1.6	0.7	
8	19.30	31.6	62.9	64.7	65.3	2.4	1.8	0.6	
9	20.30	31.1	63.5	65.2	65.1	1.6	1.7	0.1	
10	21.30	30.6	63.3	65.5	64.7	1.4	2.2	0.8	
11	22.30	30.3	64.9	66.5	66.1	1.2	1.6	0.4	
12	23.30	30.8	64.3	65.9	65.6	1.3	1.6	0.3	
13	0.30	29.1	64.2	65.8	64.9	0.7	1.6	0.9	
14	1.30	28.2	60.1	65.4	65.2	5.1	5.3	0.2	
15	2.30	28.3	64.4	66.7	65.7	1.3	2.3	1.0	
16	3.30	28.6	63.7	66.2	64.9	1.2	2.5	1.3	
17	4.30	30.1	64.8	66.8	65.5	0.7	2.0	1.3	
18	5.30	29.6	65.1	67.1	65.3	0.2	2.0	1.8	
19	6.30	28.6	64.5	66.7	65.4	0.9	2.2	1.3	
20	7.30	30.5	62.3	64.9	62.9	0.6	2.6	2.0	
21	8.30	31.2	61.9	63.3	62.5	0.6	1.4	0.8	
22	9.30	31.7	61.1	63.9	61.6	0.5	2.8	2.3	
23	10.30	31.1	61.5	63.6	61.2	0.3	2.1	2.4	
24	11.30	32.3	61.2	63.9	62.1	0.9	2.7	1.8	
25	14.00	33.3	59.8	63.5	60.8	1.0	3.7	2.7	hari ke-2
26	17.00	31.7	64.2	68.4	65.4	1.2	4.2	3.0	
27	20.00	34.5	65.7	69.8	66.9	1.2	4.1	2.9	
28	23.00	33.4	66.7	70.8	67.6	0.9	4.1	3.2	
29	2.00	33.1	66.9	71.8	68.5	1.6	4.9	3.3	
30	5.00	33.2	66.2	71.2	67.7	1.5	5.0	3.5	
31	8.00	34.7	65.4	70.5	66.5	1.1	5.1	4.0	
32	11.00	32.7	62.2	61.8	55.3	3.1	9.6	6.5	
33	14.00	31.6	60.1	64.6	59.6	0.5	4.5	5.0	hari ke-3
34	17.00	33.2	62.9	68.6	64.7	1.8	5.7	3.9	
35	20.00	31.7	63.7	69.2	65.6	1.9	5.5	3.6	
36	23.00	31.9	64.8	68.8	65.3	0.5	4.0	3.5	
37	2.00	30.5	62.8	68.9	64.9	2.1	6.1	4.0	
38	5.00	31.2	63.7	69.5	65.9	2.2	5.8	3.6	
39	8.00	31.5	56.8	61.2	54.8	2.0	4.4	6.4	
40	11.00	33.1	58.1	64.5	57.8	0.3	6.4	6.7	
41	12.00	34.3	63.5	69.5	64.7	1.2	6.0	4.8	hari ke-4
42	12.00	31.2	59.1	65.3	62.4	3.3	6.2	2.9	hari ke-5
43	12.00	32.5	58.5	65.2	61.8	3.3	6.7	3.4	hari ke-6
44	12.00	32.3	50.1	54.9	49.6	0.5	4.8	5.3	hari ke-7
45	12.00	34.3	53.2	58	54.8	1.6	4.8	3.2	hari ke-8
46	13.30	29.5	48.8	54.8	52.7	3.9	6.0	2.1	hari ke-9
47	12.00	35.3	54.6	51.1	49.5	5.1	3.5	1.6	hari ke-10
48	12.30	36.6	52.8	53.8	53	0.2	1.0	0.8	hari ke-11
49	13.40	30.6	48.4	52.5	51.6	5.2	6.1	0.9	hari ke-12
50	11.50	35.6	46.3	47.3	44.6	1.7	1.0	2.7	hari ke-13
51	12.00	35.0	42.3	45.0	43.6	1.3	2.7	1.4	hari ke-14

Tabel 3.5 Pembacaan *Thermocouple 3*
 Sumber: Dokumentasi Proyek

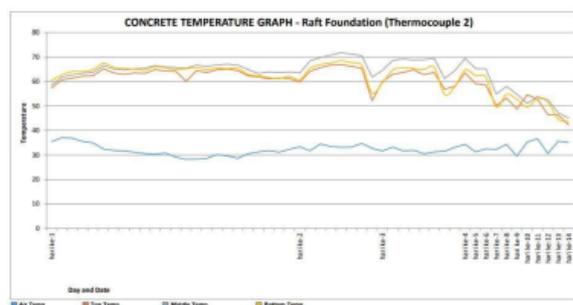
No	Time	Air Temp, C°	Temperature, C°			Difference			Remark
			Top	Middle	Bottom	Top-Bot	Top-Midd	Midd-Bot	
1	12.30	35.4	54.6	60.1	54.4	0.2	5.5	5.7	hari ke-1
2	13.30	37.1	58.1	62.1	58.2	0.1	4	3.9	
3	14.30	36.8	59.6	63.2	59.1	0.5	3.6	4.1	
4	15.30	35.5	60.9	64.2	60.4	0.5	3.3	3.8	
5	16.30	34.9	61.5	64.5	60.3	1.2	3	4.2	
6	17.30	32.4	63.5	66.4	61.7	1.8	2.9	4.7	
7	18.30	31.8	62.7	65.7	61.2	1.5	3	4.5	
8	19.30	31.6	61.9	64.9	60.7	1.2	3	4.2	
9	20.30	31.1	63.5	65.7	60.5	3	2.2	5.2	
10	21.30	30.6	63.3	65.5	60.7	2.6	2.2	4.8	
11	22.30	30.3	64.7	66.8	61.8	2.9	2.1	5	
12	23.30	30.8	64.5	66.4	61.2	3.3	1.9	5.2	
13	0.30	29.1	65.3	66.5	61.8	3.5	1.2	4.7	
14	1.30	28.2	64.6	66.4	61.7	2.9	1.8	4.7	
15	2.30	28.3	65.5	67.2	61.9	3.6	1.7	5.3	
16	3.30	28.6	65.3	66.6	62.2	3.1	1.3	4.4	
17	4.30	30.1	66.3	67.6	62.5	3.8	1.3	5.1	
18	5.30	29.6	66.7	67.8	61.9	4.8	1.1	5.9	
19	6.30	28.6	66.1	67.3	61.5	4.6	1.2	5.8	
20	7.30	30.5	65.2	66.5	60.8	4.4	1.3	5.7	
21	8.30	31.2	65.5	66.3	60.5	5.0	0.8	5.8	

22	9.30	31.7	64.6	65.9	60.1	4.5	1.3	5.8	
23	10.30	31.1	63.9	65.1	60.5	3.4	1.2	4.6	
24	11.30	32.3	62.1	64.9	61.3	0.8	2.8	3.6	
25	14.00	33.3	64.8	65.7	59.7	5.1	0.9	6.0	hari ke-2
26	17.00	31.7	68.7	68.2	63.2	5.5	0.5	6.0	
27	20.00	34.5	70.2	70.9	64.8	5.4	0.7	6.1	
28	23.00	33.4	70.7	71.9	65.3	5.4	1.2	6.6	
29	2.00	33.1	71.4	72.6	65.9	5.5	1.2	6.7	
30	5.00	33.2	70.9	72.7	65.7	5.2	1.8	7.0	
31	8.00	34.7	69.9	70.9	64.2	5.7	1.0	6.7	
32	11.00	32.7	62.6	64.2	55.9	6.7	1.6	8.3	
33	14.00	31.8	65.1	65.6	58.7	6.4	0.5	6.9	hari ke-3
34	17.00	33.2	68.6	70.4	63.9	4.7	1.8	6.5	
35	20.00	31.7	68.4	68.9	62.9	5.5	1.5	7.0	
36	23.00	31.9	68.3	70.3	63.8	4.5	2.0	6.5	
37	2.00	30.5	68.6	70.9	63.9	4.7	2.3	7.0	
38	5.00	31.2	69.9	71.9	65.7	4.2	2.0	6.2	
39	8.00	31.5	62.4	64.6	58.8	5.8	2.2	7.8	
40	11.00	33.1	64.4	64.7	57.6	6.8	0.3	7.1	
41	12.00	34.3	69.4	71.2	63.8	5.6	1.8	7.4	hari ke-4
42	12.00	31.2	65.4	67.6	60.9	4.5	2.2	6.7	hari ke-5
43	12.00	32.5	65.6	68.1	61.2	4.4	2.5	6.9	hari ke-6
44	12.00	32.3	57.5	62.3	54.4	3.1	4.8	7.9	hari ke-7
45	12.00	34.3	59.3	58.0	51.5	4.8	3.5	8.3	hari ke-8
46	13.30	29.5	55.2	59.3	55.4	0.2	4.1	3.9	hari ke-9
47	12.00	35.3	53.2	58.2	54.3	1.1	5.0	3.9	hari ke-10
48	12.30	36.6	54	57.6	50.5	3.5	3.6	7.1	hari ke-11
49	13.40	30.6	51.4	56.3	54.0	2.6	4.9	2.3	hari ke-12
50	11.50	35.6	45.6	48.9	40.6	5.0	3.3	8.3	hari ke-13
51	12.00	35.0	43.2	46.9	42.5	0.7	3.7	4.4	hari ke-14

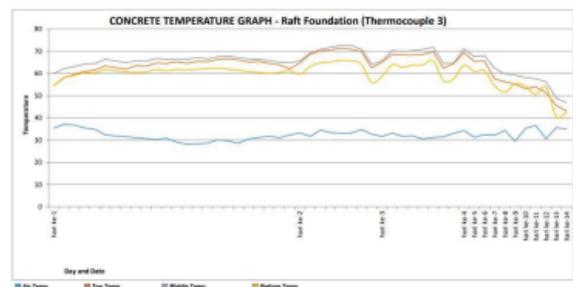
Berdasarkan hasil analisa ata yang telah dilakukan pada tabel di atas, maka didapatkan data monitoring temperatur hasil pembacaan *thermocouple* terhadap interval waktu pembacaan. Data yang diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut akan menggambarkan perilaku kenaikan temperatur beton massa pada pekerjaan *raft foundation*, perbedaan temperatur yang terjadi berdasarkan titik *thermocouple*. Hasil pembacaan diperoleh data temperatur bagian atas (A), tengah (T), bawah (B) dan temperatur udara (U). Data tersebut kemudian dihitung selisih/perbedaan antara bagian atas dan udara (A-U), bagian tengah dan atas (T-A) serta bagian tengah dan bawah (T-B), seperti yang terdapat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.4 Grafik pembacaan suhu *Thermocouple 1*
Sumber: Dokumentasi Proyek



Gambar 3.5 Grafik pembacaan suhu *Thermocouple 2*
Sumber: Dokumentasi Proyek



Gambar 3.6 Grafik pembacaan suhu *Thermocouple 3*
Sumber: Dokumentasi Proyek

Pada grafik di atas, terlihat kondisi temperatur *thermocouple 1* sam dengan *thermocouple 3* mengalami perubahan temperatur yang fluktuatif. Temperatur puncak terjadi antara hari kedua dan ketiga setelah selesai pengecoran. Temperatur maksimum terjadi pada *probe* bagian tengah beton dengan nilai $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Temperatur yang fluktuatif terjadi pada beton massa ini sebenarnya dapat diatasi dengan melakukan metode buka-tutup insulator. Pada pembacaan *thermocouple* seharusnya dapat diaplikasikan metode buka-tutup dapat dilakukan dengan melihat tren yang terjadi pada perubahan suhu yang

fluktuatif. Apabila suhu mulai turun secara berkala, maka pembukaan insulator sebaiknya dilakukan agar suhu tetap stabil. Perbandingan hasil analisa adalah hasil analisa dari perhitungan *monitoring thermocouple* di lapangan dengan perbandingan standar literatur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung tinggi (*high rise building*) Trans Park Bintaro – Tangerang Selatan, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan tabel dan grafik *monitoring temperatur* di lapangan dengan menggunakan alat *thermocouple* di 10 titik, didapatkan temperatur puncak terjadi pada hari ke-2 dan ke-3 setelah pengecoran selesai. Temperatur yang terdapat paling tinggi secara keseluruhan terjadi pada bagian tengah atau inti beton. Temperatur maksimum semua *thermocouple* terjadi pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$, sedangkan perbedaan temperatur antara lapisan beton yang terjadi selisihnya adalah $< 20^{\circ}\text{C}$.
2. Lapisan insulasi menggunakan styrofoam memberikan pengaruh besar terhadap temperatur permukaan yang terjadi. Selain lapisan tersebut menghambat panas pada permukaan yang terlepas dengan mudah ke udara dan menghindari terjadinya *cold joint*. Apabila kenaikan suhu terjadi sehingga melebihi suhu normal atau sesuai standar yang telah ditentukan, maka dilakukan proses buka-tutup demi menjaga kestabilan temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 207.2005. "Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete (ACI 207.4R-05)". ACI, 15 pp.
- ACI Committee 207.2002. "Effect of Restraint, Volume Change and Reinforcement Cracking of Mass Concrete (ACI 207.2R-02)". ACI, 26 pp.
- ACI Committee 207.1996. "Mass Concrete (ACI 207 American Concrete Institute". ACI.224.1.R93.7, ACI Jurnal Vol.94.No 2 1997, ACI 207 & ACI 305.
- Anshar, Tjaronge, M. W., Djameluddin, R, & Amiruddin, A. A. (2018). *Panas Hidrasi Beton Massa Yang Menggunakan Semen Portland Komposit*. ISSN 2477-00-86, 21-30.
- Chrystalloy, J., & Susilo, A.J. (2019). Analisa Perbandingan Penggunaan Fondasi Semi-Raft Piles Dengan Fondasi Raft Piles Pada Bangunan Apartemen 21 Lantai. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. II, 67-76.
- Committee, A. (1996). *Mass Concrete* ACI 207 American Concrete Insitute. ACI.224.1.R93.7, ACI, XCIV.
- Hani, S., dan Rini, (2018). Pengaruh Campuran Serat Pasang Terhadap Beton. *Jurnal Education Building*. IV, 40-45.
- Marsiano. (2009). Studi Pembuatan Beton Massa dan Pengaruhnya terhadap Temperatur (Studi Kasus: Project Senopati Suites). *Teknik Sipil dan Perencanaan*. 310-334.
- Rochaeti, Endawati, J., Widuri, L. D., & Moeljono. (2014). Pengaruh Panas Hidrasi Beton Dengan Semen Type II Terhadap Ketebalan Elemen Beton. *Teknik Sipil & Perencanaan*. XVI, 183-194.
- Setiawan, B., dan Supartono, F. (2018). Analisa Heat Transfer Pada Beton Massa Menggunakan OPC Tipe I Dalam Hubungan Dengan Cara Curing. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. 187-194.
- Terenggana, S. A. (2014). Analisa Perhitungan Pile-Raft Foundation Pada Proyek The 18 Office Park Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 583-591.
- Wardhani, F. S. dan Koespiadi. (2019). *Studi Pengaruh Temperatur dan Pembuatan Beton Massa dengan Ketebalan 4 Meter (Studi Kasus: Proyek Gunawangsa Tidar Apartement Surabaya)*. ISSN 2615-7195 (E), II, 57-62.
- Yogi, D. (2016). *Studi Perubahan Temperatur Pada Mass Conerete Dengan Ketebalan 3.1 Meter (Studi Kasus: Raft Foundation leon Complex Jakarta)*.