

STUDI PENGARUH TEMPERATUR BETON MASSA PADA *RAFT FOUNDATION* KETEBALAN 3 METER (Studi Kasus: Proyek MCC Tower - Jakarta)

Juny Handayani¹, Muhamad Lutfi², Nurul Chayati³, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa⁴

^{1, 2, 3}, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: handavanijuny@gmail.com¹, mlutfi@uika-bogor.ac.id²,
nurulais12345@gmail.com³, fadhila.muhammad@uika-bogor.ac.id⁴

ABSTRAK

Pelaksanaan pekerjaan *raft foundation* pada proyek MCC Tower, Jakarta dengan ketebalan 3 meter, dengan volume 11.115 m³ yang sangatlah masif. Proses hidrasi semen yang terjadi pada beton massa mengakibatkan beton mengalami peningkatan temperatur yang bervariasi. Pemantauan suhu beton massa perlu dilakukan karena bila tidak dilakukan secara benar, maka dapat terjadi kerusakan berupa retak thermal pada beton massa tersebut, oleh karena itu perawatan beton massa ini sangat diperlukan. Perawatan beton massa yang digunakan dengan cara metode insulasi yaitu dengan *curring concrete* dan pemasangan *styrofoam* dengan lembaran plastik. Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah untuk memperoleh analisis temperatur pada beton massa (*raft foundation*) dengan ketebalan 3 meter sesuai Standard ACI 207.1R-96 tentang *Mass Concrete*. Penelitian ini dilaksanakan dengan pengumpulan data menggunakan metode *interview*, observasi, dan dokumentasi. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh ketebalan beton massa dengan volume beton massa *raft foundation*. Dari pengamatan suhu yang telah dilakukan, terjadi kenaikan suhu rata-rata pada hari ke-1 sampai hari ke-3 sebesar 52,92 °C. Untuk menanggulangi terjadinya perbedaan temperatur yang terus naik maka dilakukan sistem buka tutup lapisan insulasi. Penurunan suhu beton terjadi pada hari ke-6 sampai hari ke-7 yaitu sebesar 11,38 °C. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dengan metode ACI dan USBR, beton massa tidak mengalami retak termal, serta telah memenuhi syarat yang sesuai standard ACI 207.1R-96 dimana perbedaan nilai antar lapisan atas, tengah, bawah tidak lebih dari 20 °C.

Kata Kunci: beton massa, perbedaan temperatur, retak thermal, metode insulasi.

ABSTRACT

*Construction of raft foundation on the MCC Tower project, Jakarta has a thickness of 3 meters, with a very large and massive volume ($\pm 11.115 \text{ m}^3$). The cement hydration process that occurs in mass concrete causes the concrete to experience a varied temperature increase. Monitoring the temperature of the mass concrete needs to be done because if it is not done correctly, damage can occur in the form of thermal cracks in the mass concrete, therefore this mass concrete treatment is very necessary. The mass concrete treatment used is the insulation method, namely *curring concrete* and *styrofoam* installation with plastic sheets. The purpose of this research is to obtain a temperature analysis of mass concrete (*raft foundation*) with a thickness of 3 meters according to the ACI 207.1R-96 Standard on *Mass Concrete*. This research was conducted by collecting data using *interview*, *observation*, and *documentation* methods. Based on the results of the study, there was an effect of mass concrete thickness with the mass concrete volume of *raft foundation*. From the temperature observations, there is an increase in the average temperature on day 1 to day 3 of 52.92 °C. In order to cope with the increasing temperature difference, an insulation layer is opened and closed repeatedly. The decrease in concrete temperature occurred on the 6th to 7th day, which was 11.38 °C. Based on the results of calculations and analysis using the ACI and USBR methods, the mass concrete of *raft foundation* does not experience thermal cracks, and has met the requirements according to the ACI 207.1R-96 standard where the difference in values between the top, middle, and bottom layers is not more than 20 °C.*

Key words: Mass concrete, temperature difference, thermal cracks, insulation methods.

1. PENDAHULUAN

Raft foundation merupakan struktur beton dengan volume dan tebal yang cukup besar, maka *raft foundation* juga disebut sebagai beton massa (*Mass Concrete*). Proses hidrasi semen selama masa *curing* beton melepaskan panas ke lingkungan. Berdasarkan sifat panas beton massa dipengaruhi

oleh 2 (dua) hal, yaitu karena panas hidrasi semen, dan pengaruh udara sekeliling beton massa. Jika suhu lingkungan cukup tinggi, panas hidrasi semen tidak mudah terlepas keluar sehingga temperatur beton menjadi tinggi. Beton massa dengan ukurannya besar serta tebal, memerlukan waktu yang lama untuk menjadi dingin. Perubahan temperatur menjadi perhatian utama karena

perbedaan temperatur yang terlalu besar antara inti dengan permukaan dapat menimbulkan tegangan internal beton sehingga dapat menyebabkan terjadinya keretakan. Temperatur puncak yang terjadi pada umur awal beton membutuhkan perhatian khusus, dimana suhu puncak yang terlalu tinggi dapat menimbulkan *delay ettringite formation* (DEF).

Ada beberapa cara untuk menanggulangi terjadinya retak, yaitu salah satunya dengan mengontrol kenaikan atau perubahan temperatur yang terjadi pada beton massa dengan temperatur udara sekitar. Pemantauan suhu dilakukan dengan bantuan alat *Thermocouple* yang dipasang pada beton massa (*raft foundation*), sedangkan pengaturan panas dilakukan dengan sistem insulasi dan sistem pertukaran suhu. Menurut standard ACI 207.1R-96 tentang *Mass Concrete* terdapat batasan nilai temperatur antar lapisan (udara, atas, tengah, bawah) yaitu tidak lebih dari 20°C.

2. METODE PENELITIAN

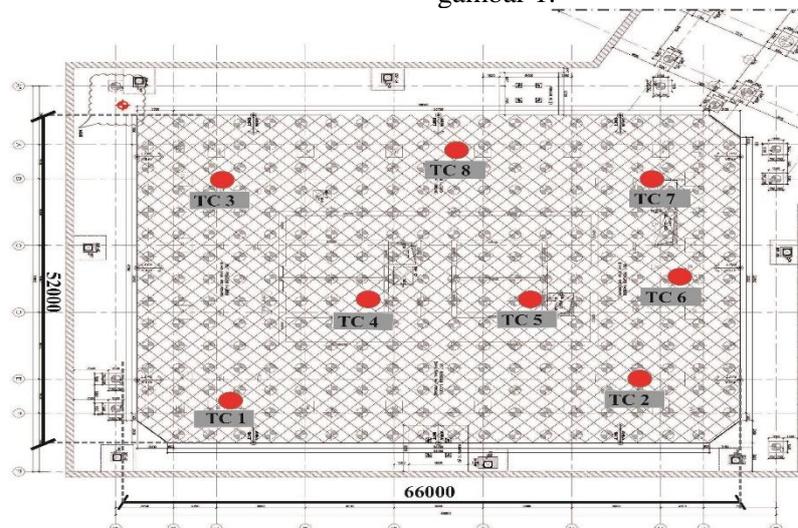
Waktu penelitian dilaksanakan pada saat pelaksanaan pengecoran *raft foundation* dilakukan 4 (empat) hari berturut-turut pada tanggal 18 - 21 Desember 2016 dengan volume aktual *raft foundation* adalah 11.115 m³. Beton massa yang ditinjau adalah *raft foundation* proyek bangunan tinggi *Office Tower Millenium Centennial Center* (MCC) yang berlokasi di Jalan Jendral Sudirman No.25 Jakarta Selatan. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur yaitu pengkajian referensi, dilanjutkan dengan proses pengumpulan data

dengan metode *interview* sekaligus *observasi* langsung pada saat pelaksanaan pengecoran *raft foundation*, serta dengan mencatat perubahan suhu beton massa. Data penelitian yang diperoleh adalah data monitoring temperatur beton massa dengan menggunakan alat *thermocouple* serta dokumen penunjang sesuai tahap pelaksanaan pekerjaan *raft foundation* di lapangan. Terakhir data hasil monitoring temperatur beton massa (*raft foundation*) dianalisis kembali dengan menggunakan metode prediksi perhitungan PCA (*Portland Cement Assosiation*) dan metode perhitungan Metode US. Bureau of Reclamation (USBR).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengamatan temperatur beton

Pengamatan menggunakan alat *Thermocouple*, dilakukan dalam 1 (satu) arah vertikal bertujuan untuk mendapatkan gambaran bagaimana keadaan beton yang berbeda antar lapis dasar, tengah dan permukaan beton. Beton massa pada *raft foundation* MCC Tower ini akan diamati pada 2 (dua) titik yaitu : (a) Titik lapisan atas berada pada 300 mm di bawah lapis permukaan beton. (b) Titik lapisan tengah berada di tengah kedalaman beton. Lapisan Atas dipilih karena permukaan akan berhubungan langsung terhadap cuaca sehingga diasumsikan penguapan bisa lepas ke udara. Lapisan tengah dipilih karena diasumsikan sebagai titik yang mengalami pelepasan panas paling sulit. Lokasi titik pengamatan *thermocouple* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Detail penempatan *thermocouple* pada *raft foundation* MCC Tower
(Sumber: Dokumen PT. Acset Indonusa, Tbk)

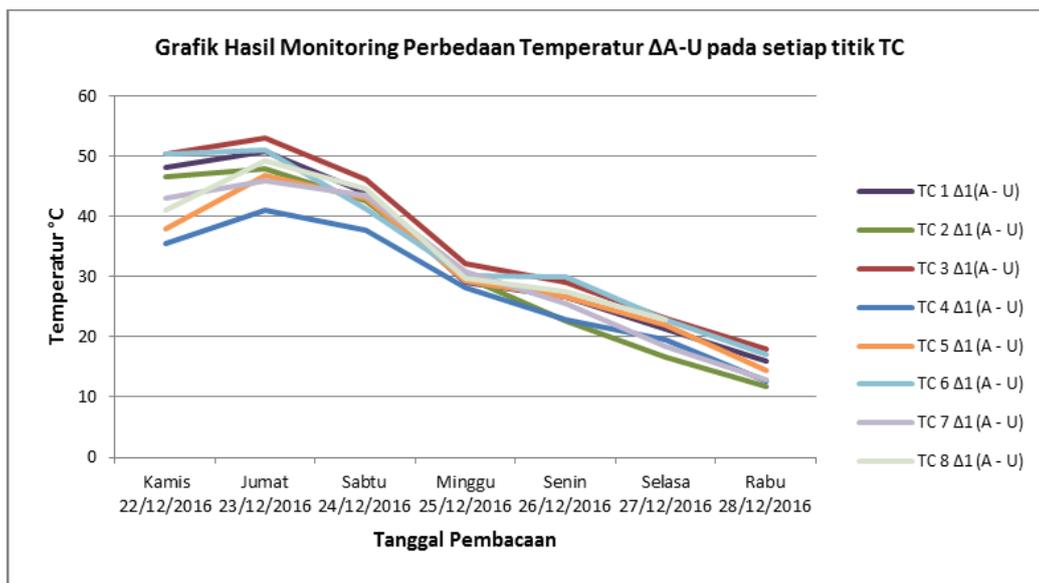
Dalam batasan yang sudah diketahui sebelumnya untuk perbedaan temperatur $\leq 20^\circ\text{C}$ (ACI 207.1R-96). Untuk TC-1 Δ (A-U) ialah perbedaan antara

lapisan atas beton dengan suhu udara sekitar. Hasil pengamatan perbedaan temperatur antar lapisan Δ Atas – Udara (Δ A-U) ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 1 Hasil Monitoring perbedaan temperatur antar lapisan Δ Atas – Udara (Δ A-U)

	TC 1	TC 2	TC 3	TC 4	TC 5	TC 6	TC 7	TC 8
	Δ (A-U)							
Kamis 22/12/2016	48,25	46,67	50,42	35,5	37,83	50,33	43	41
Jumat 23/12/2016	50,83	48	52,92	41,08	46,75	50,92	45,83	49,33
Sabtu 24/12/2016	43,83	42,58	46,17	37,67	43	41,25	43,42	44,5
Minggu 25/12/2016	29	30	32,17	28,08	29,25	30,17	30,75	29,83
Senin 26/12/2016	26,67	22,58	29,08	22,83	26,58	30	25,57	27,57
Selasa 27/12/2016	21,25	16,58	23,08	19,42	21,92	22,75	18,42	22,75
Rabu 28/12/2016	16	11,83	18	12,67	14,5	17,17	12,83	15,5

(Sumber: Hasil pengamatan)



Gambar 2 Grafik Hasil monitoring perbedaan temperatur Δ A-U setiap titik TC
(Sumber: Hasil perhitungan)

Pada gambar 2 diperlihatkan bahwa kenaikan beda suhu yang paling tinggi terjadi pada hari ke-2 untuk semua titik TC, dengan nilai tertinggi mencapai 52,92°C (lihat tabel 1). Upaya yang dilakukan untuk mencegah pengeringan lebih cepat di bagian permukaan dan keretakan pada beton, maka dilakukan metode buka tutup insulasi sampai mencapai nilai temperatur yang diizinkan yaitu tidak lebih 20 °C (ACI 207.1R-96). Metode insulasi yang dilakukan dengan *curing concrete* bertujuan memberikan kelembapan yang cukup pada proses hidrasi lanjutan terhadap pembekuan dan pencairan serta abrasi, pemasangan *styrofoam* dan *plastic sheet* tujuan mencegah pengeluaran panas secara cepat. Proses *curing* dinyatakan selesai apabila selisih temperatur Atas dengan Udara luar Δ (A-U) kurang dari 20 °C. Pada saat itu insulasi diperbolehkan untuk dilepas. Pada hari ke-6 sampai ke-7 laju temperatur sudah menurun dengan nilai 11,83°C dari nilai

temperatur yang dihasilkan sudah sesuai dengan batasan yang diizinkan yaitu tidak lebih 20 °C (ACI 207.1R-96).

3.2 Analisis dan Perhitungan Temperatur Beton Massa

Perhitungan yang dilakukan dalam menganalisis temperatur beton massa yaitu dengan menggunakan metode PCA dan metode USBR.

3.2.1 Metode PCA

Metode PCA ialah metode yang umum digunakan dalam memprediksi temperatur dalam pekerjaan *raft foundation*. Metode ini akan menghitung temperatur awal (*initial temperature*) dilihat dari jumlah material dan suhu material yang digunakan dalam campuran beton.

Temperatur awal (T_i) yang diperoleh adalah sebesar 36°C, dan dengan mengukur kandungan

semen, *fly ash* dan temperatur awal, maka nilai temperature puncak (T_{max}) dapat diprediksi.

Nilai T_{max} berdasarkan metode PCA didapatkan sebesar 83°C.

Dikarenakan nilai T_{max} yang terlalu tinggi, maka dilakukan upaya pencegahan berupa menurunkan nilai suhu awal (T_i), dengan menggunakan *crushed ice* pada saat mix design. Balok es ditambahkan dengan kadar 50 kg es per m³ beton.

Penambahan balok es pada saat *concrete wet mixing* menurunkan suhu awal (T_i) sebanyak 4°C, sehingga T_i menjadi 32°C. Nilai suhu puncak juga menurun sebanyak 4°C, sehingga nilai T_{max} menjadi 79°C.

3.2.2 Metode US. Bureau of Reclamation (USBR)

Metode ini dapat memperkirakan temperatur awal (*initial temperature*), temperatur puncak (*peak temperature*), waktu temperatur puncak, kehilangan temperatur (*temperature loss*) dan perbedaan temperatur (*difference temperature*). Dalam perhitungan, metode USBR memperhatikan T_{trans} atau durasi tempuh *truck mixer* dari *batching plant* ke lokasi proyek. Waktu tempuh terpanjang diperkirakan selama ±120 menit (2 jam), yakni dari *batching plant* Casablanca, Jakarta Selatan. Selama perjalanan, suhu beton mengalami kenaikan antara 2-4 °C per jam. Diambil nilai untuk T_{trans} rata – rata adalah sebesar 5 °C. Maka suhu awal beton (*initial temperature*) (T_i) adalah sebesar 33 °C, dan temperatur puncak adalah sebesar (T_{max}) 93 °C.

Hasil perhitungan Temperatur awal (T_i) dan Temperatur puncak (T_{max}) antara Metode PCA dan Metode USBR diperlihatkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Temperatur awal (T_i) dan Temperatur puncak (T_{max}) antara Metode PCA dan Metode USBR.

Metode	PCI	USBR
Suhu awal (T_i) °C	36	33
Suhu puncak (T_{max}) °C	83	93

(Sumber: Hasil perhitungan)

Hasil perhitungan suhu puncak (T_{max}) dengan metode USBR sangatlah tinggi, mendekati suhu titik didih air, hasil perhitungan dengan metode USBR tidak cocok bila diterapkan pada pengecoran beton massa yang berlangsung terus menerus (*continue*), mengingat bahwa hasil perhitungan suhu puncak dengan menggunakan metode USBR lebih cocok bila diterapkan pada

proses pengecoran beton bertahap (seperti pada pembangunan bendungan beton).

4. KESIMPULAN

Dari hasil pemantauan di lapangan dengan alat *thermocouple*, temperatur mengalami kenaikan pada hari ke-1 sampai hari ke-3 yaitu 52,92 °C. Bentuk perawatan beton yang dilakukan untuk menanggulangi terjadinya perbedaan suhu yang terus-menerus naik, maka dilakukan sistem buka tutup lapisan insulasi. Penurunan temperatur terjadi pada hari ke-6 sampai hari ke-7, dimana beda suhu antara lapisan beton dan udara luar adalah yaitu sebesar 11,38 °C. Mengingat bahwa perbedaan suhu masih sesuai standard ACI 207.1R-96 tentang *Mass Concrete*, maka beton massa (*raft foundation*) ini tidak memiliki retak *thermal* karena temperatur pada akhir masa perawatan masih berada di bawah temperatur kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (2001). *Controlling of Cracking in Concrete Structures*. ACI 224R 94(3): 11-46.
- American Concrete Institute (1996). *Mass Concrete*. ACI 207.1R : 6-42.
- Gajda, J., Vengeem, M. (2002). Controlling temperatur In Mass Concrete. *Concrete International*. Vol 24 (1). pp. 58 – 62.
- A.M Neville. (1981) *Properties of Concrete*. 3rd Edition. London: Pitman Publishing Limited.
- Townsend, C.L. (1981). *Control of Cracking In Mass Concrete Structures*. Washington D.C: U.S Departement of The Interior.
- Bartojay, K (2012). Thermal Properties of Reinforced Structural Mass Concrete. *Reclamation, Managing Water in the West*. Denver: US. Bureau of Reclamation.
- Marsiano. (2010). Studi Pembuatan Beton Massa dan Pengaruhnya Terhadap Temperatur (Studi kasus: Project Senopati Suites). *Skripsi*, tidak diterbitkan. Jakarta: Fakultas Teknik ISTN.
- Suryawijaya, M. (2012). Studi Pengaruh Temperatur Beton Massa Pada Kedalaman 4 Meter. (Studi kasus: Raft Foundation Rasuna Tower). *Skripsi*, tidak diterbitkan. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.