

# MONITORING SUHU BETON PONDASI RAFT MENGGUNAKAN THERMOCOUPLE PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT

Gita Amanda Yulianti\*<sup>1</sup>  
Yulia Putri Ramadhani<sup>2</sup>  
Nia Dwi Puspitasari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> UPN "Veteran" Jawa Timur

\*e-mail: [21035010071@student.upnjatim.ac.id](mailto:21035010071@student.upnjatim.ac.id)<sup>1</sup>, [21035010095@student.upnjatim.ac.id](mailto:21035010095@student.upnjatim.ac.id)<sup>2</sup>,  
[nia.dwi.ts@upnjatim.ac.id](mailto:nia.dwi.ts@upnjatim.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring suhu beton pada pengecoran pondasi raft di proyek pembangunan rumah sakit khusus kanker dengan volume beton yang besar. Sistem monitoring ini menggunakan thermocouple yang terdiri dari kabel kawat + sensor thermocouple Tipe K (probe), temperatur Indikator (thermometer Suhu), dan alat bantu pemasangan lainnya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan thermocouple dalam memonitoring suhu beton pada pondasi raft tahap 3 di proyek rumah sakit khusus kanker. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan proses curing beton dan mencegah terjadinya retak akibat perubahan suhu yang cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring suhu menggunakan thermocouple yang diimplementasikan dapat memberikan informasi yang akurat dan real-time tentang profil suhu beton. Informasi ini sangat berguna untuk mengambil tindakan korektif jika terjadi penyimpangan suhu yang signifikan.

**Kata kunci:** curing, monitoring suhu beton, thermocouple.

## Abstract

This research implements a concrete temperature monitoring system for raft foundation casting in a specialized cancer hospital construction project with a large concrete volume. The monitoring system uses thermocouples consisting of wire cable + Type K thermocouple sensor (probe), temperature indicator (temperature thermometer), and other installation aids. The objective of the research is to determine the effectiveness of using thermocouples in monitoring the concrete temperature of the third-stage raft foundation in the specialized cancer hospital project. This is done to optimize the concrete curing process and prevent cracking due to rapid temperature changes. The research results show that the implemented thermocouple temperature monitoring system can provide accurate and real-time information about the concrete temperature profile. This information is very useful for taking corrective action if there are significant temperature deviations.

**Keywords:** curing, concrete temperature monitoring, thermocouple.

## PENDAHULUAN

*Sustainable Development Goals* (SDGs) atau dalam bahasa Indonesia tujuan Pembangunan berkelanjutan dapat dikenal juga sebagai tujuan global, yang merupakan kumpulan tujuan yang disepakati secara global yang bertujuan untuk mengakhiri kemiskinan, melindungi segala sesuatu yang membuat bumi layak huni, dan menjamin bahwa setiap orang menikmati perdamaian dan kemakmuran sekarang dan di masa depan (Aji & Kartono, n.d.). SDGs memiliki 17 poin salah satunya yaitu poin ke 9 yaitu industri, inovasi dan infrastruktur.

Pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan bukan sekadar proyek pembangunan fisik, melainkan investasi jangka panjang yang bijaksana. Dengan fokus pada efisiensi energi, penggunaan material ramah lingkungan, dan desain yang mempertimbangkan perubahan iklim, infrastruktur yang kita bangun pada saat ini akan memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi generasi yang akan mendatang. Selain itu, infrastruktur yang berkelanjutan juga akan meningkatkan ketahanan suatu negara terhadap bencana alam dan perubahan iklim, serta mendukung pertumbuhan ekonomi.

Perkembangan infrastruktur yang pesat, ditandai oleh proyek-proyek dengan skala besar dan berbagai macam desain yang meningkat, telah mendorong lahirnya berbagai inovasi,

terutama di bidang material dan teknologi konstruksi. Salah satu contohnya adalah thermocouple, sensor suhu yang mudah di terapan. Penerapan thermocouple dalam proses pembangunan tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja, tetapi juga memungkinkan pengawasan kualitas material secara real-time, sehingga meminimalisir risiko kerusakan dan memastikan hasil akhir konstruksi yang optimal serta tahan lama.

Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuknya (Catur Budi et al., 2020). Material beton terdiri dari pasta semen (campuran semen dan air) yang mengikat agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil), air serta terdapat rongga-rongga udara (Yang et al., 2024). Pada pembuatan beton semen berfungsi untuk merekatkan dan mengisi rongga pada butiran agregat (Safitri & Sipil, n.d.). Sedangkan air dapat menentukan kualitas campuran beton. air membantu reaksi kima semen portland dan berfungsi sebagai bahan pelicin antara semen dan agregat, yang membuat proses pembuatan lebih mudah (Restiwi & Sipil, n.d.). Campuran air dan semen mengakibatkan reaksi. Jika proses pengadukan berlanjut terlalu lama, suhu beton akan meningkat signifikan, selain itu, agregat akan mengalami abrasi, kandungan air akan berkurang akibat reaksi hidrasi, dan nilai slump akan meningkat (Uzda et al., n.d.) .

Pada pengecoran beton massal, seperti pondasi raft, umumnya menghasilkan panas hidrasi yang signifikan akibat reaksi kimia antara semen dan air. Panas ini, jika tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan sejumlah permasalahan serius. Perubahan suhu merupakan masalah besar. Hal ini dikarenakan jika perbedaan suhu antara inti dan permukaan terlalu besar, maka akan timbul tegangan internal pada beton yang dapat mengakibatkan keretakan (Handayani et al., n.d.). Beton yang terlalu panas saat mengeras bisa pecah-pecah di permukaannya (Pratiwi et al., n.d.). Hal ini disebut tegangan termal yang diakibatkan oleh perbedaan suhu antara bagian dalam dan permukaan beton yang dapat memicu retak-retak yang mengurangi kapasitas beban struktur. Selain itu, suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat laju hidrasi, menghasilkan hidrasi yang tidak sempurna, dan menurunkan kekuatan serta durabilitas beton dalam jangka panjang. Hal-hal ini dapat mengakibatkan kegagalan beton.

Pemantauan suhu beton secara berkala menggunakan thermocouple merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas beton, terutama pada proyek konstruksi berskala besar seperti pembangunan rumah sakit khusus kanker. Kualitas beton merupakan kunci utama untuk menghasilkan bangunan yang aman dan berkelanjutan (Sijabat et al., n.d.). Dengan memasang thermocouple pada titik-titik strategis di dalam beton, kita dapat memantau secara real-time perubahan suhu yang terjadi akibat proses hidrasi semen. Informasi suhu yang akurat ini sangat penting untuk mengendalikan laju pendinginan beton, mencegah terjadinya retak akibat tegangan termal, dan memastikan bahwa beton mencapai kekuatan desain yang diinginkan.

Penerapan teknologi thermocouple dalam pengawasan kualitas beton tidak hanya sebatas memenuhi standar mutu konstruksi, tetapi juga merupakan langkah proaktif dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) poin ke-9, yang menekankan pentingnya membangun infrastruktur yang tangguh, berkualitas tinggi, dan berkelanjutan serta inovasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara mendalam efektivitas penggunaan thermocouple dalam monitoring suhu beton pada pondasi raft, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan metode pengawasan kualitas beton yang lebih baik.

## **METODE**

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif untuk menganalisis secara mendalam efektivitas penggunaan thermocouple dalam mengukur suhu beton pada tahap ketiga pembangunan pondasi raft suatu rumah sakit khusus kanker. Selama satu minggu penuh Setelah pengecoran. Pengukuran suhu beton dilakukan di lapangan untuk memperoleh data yang akurat. Fokus penelitian ini tertuju pada kondisi aktual suhu beton pada tahap konstruksi pondasi raft, dengan tujuan untuk mengevaluasi seberapa baik thermocouple mampu memonitoring suhu beton yang sebenarnya. Melalui analisis data yang diperoleh, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai kinerja thermocouple dalam konteks proyek konstruksi

berskala besar seperti rumah sakit khusus kanker, serta memberikan rekomendasi yang berguna untuk penerapan thermocouple dalam proyek-proyek serupa di kemudian hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Thermocouple merupakan alat ukur suhu yang sangat penting dalam proses pengecoran beton, terutama untuk pengecoran berskala besar. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip termoelektrik, di mana perbedaan suhu antara dua logam berbeda jenis akan menghasilkan tegangan listrik. Tegangan listrik ini kemudian diukur dan dikonversi menjadi nilai suhu oleh alat ukur. Thermocouple dapat berperan dalam menjaga kualitas beton.

Seperti yang tertuang dalam standar ACI 301, pengendalian suhu beton merupakan hal yang sangat penting untuk mencegah terjadinya berbagai masalah seperti retak, penurunan kekuatan, atau bahkan kegagalan struktur. Batasan suhu maksimum 160°F (70°C) dan perbedaan suhu maksimum antara pusat dan permukaan pengecoran tidak boleh melebihi 35°F (19°C) (Standard, 2011).

Batas suhu maksimum 160°F (70°C) ditetapkan untuk mencegah terjadinya serangan ettringite tertunda (DEF), sebuah proses di mana kristal ettringite terbentuk secara lambat dan menyebabkan retak serta penurunan kekuatan beton. Sementara itu, batasan perbedaan suhu maksimum 35°F (19°C) bertujuan untuk mencegah terjadinya retak akibat perubahan suhu yang terlalu besar. Perubahan suhu yang signifikan dapat memicu tegangan termal dalam beton, yang jika diabaikan dapat menyebabkan retak. Dengan menggunakan thermocouple, kita dapat memantau suhu beton secara kontinu dan mengambil tindakan pencegahan jika suhu mulai melampaui batas yang telah ditentukan. Hal ini memungkinkan beton mengeras secara merata dan mencapai kekuatan optimal, sehingga meningkatkan daya tahan struktur.

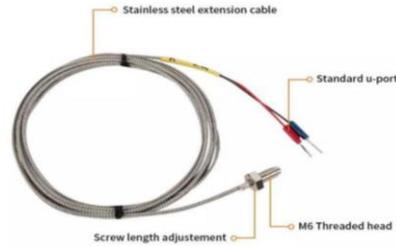
Penggunaan thermocouple dalam pemantauan suhu beton merupakan salah satu Langkah penting dalam memastikan kualitas dan daya tahan struktur beton. Dengan memasang thermocouple pada berbagai titik di dalam massa beton, kita dapat memantau profil suhu secara real-time dan mendeteksi perubahan suhu secara cepat dan akurat. Jika suhu beton mulai melampaui batas yang telah ditetapkan, kita dapat segera mengambil tindakan korektif.

## Jenis Thermocouple

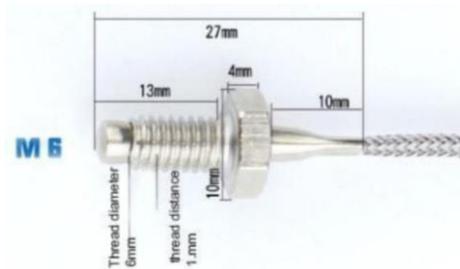
Terdapat berbagai jenis thermocouple dengan berbagai macam kriteria. Pemilihan jenis thermocouple yang tepat sangat bergantung pada kebutuhan, seperti rentang suhu yang ingin diukur, kondisi lingkungan kerja, dan tingkat akurasi yang diperlukan. Beberapa jenis thermocouple yang umum digunakan antara lain Tipe K yang paling populer karena fleksibilitasnya, Tipe J dan T untuk pengukuran suhu rendah, Tipe E dengan sensitivitas tinggi, Tipe N yang tahan korosi, serta Tipe R, S, dan B yang digunakan untuk suhu sangat tinggi dengan akurasi tinggi.

## Pembuatan dan Instalasi Thermocouple

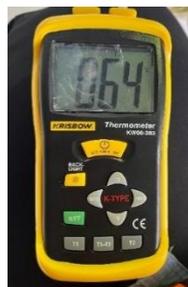
Peralatan utama yang digunakan dalam proses ini sangatlah beragam dan memiliki fungsi spesifik masing-masing. Kabel kawat dengan sensor Thermocouple Tipe K (Probe) merupakan bagian utama sistem pengukuran suhu, kabel kawat dengan sensor suhu tipe K berperan sebagai penghubung antara titik pengukuran dengan indikator. Sensor ini akan mengubah perbedaan suhu menjadi tegangan listrik yang kemudian dapat dibaca oleh indikator temperatur (Thermometer Suhu). Alat ini akan menampilkan data suhu secara real-time, sehingga kita dapat memantau perubahan suhu dengan mudah. Selain itu, berbagai alat bantu lainnya juga sangat dibutuhkan untuk mendukung pemasangan instalasi, seperti obeng, tang, *cutter*, isolasi, ban, spidol, meteran, kawat dan lainnya.



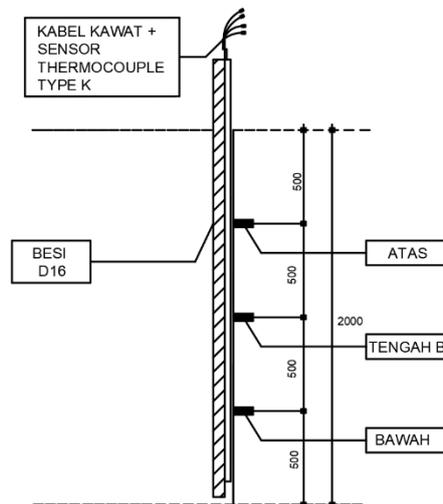
Gambar 1. Kabel Kawat + Sensor Thermocouple Tipe K (b) M6 Threaded Head (c) Temperatur Indikator



Gambar 2. M6 Threaded Head (c) Temperatur Indikator



Gambar 3. Temperatur Indikator



Gambar 3. Instalasi Thermocouple

Pemasangan instalasi thermocouple harus dipasang dengan teliti untuk digunakan dalam proses pemantauan suhu beton. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, proses pemasangannya relatif mudah namun memerlukan ketelitian. Tahap awal adalah penentuan titik-titik pemasangan thermocouple yang strategis. Titik-titik ini biasanya dipilih berdasarkan lokasi kritis struktur, seperti bagian atas, tengah, dan bawah pondasi raft. Setelah titik-titik ditentukan, batang

besi D16 dengan panjang yang disesuaikan dengan kedalaman *raft foundation* disiapkan. Sensor thermocouple (probe) kemudian diletakkan pada ujung batang besi dan diposisikan sesuai dengan titik yang telah ditandai. Untuk memudahkan pengukuran, setiap titik pemasangan sebaiknya diberi label atau tanda khusus.

Setelah semua probe terpasang, tahap selanjutnya adalah menghubungkan probe-probe tersebut menggunakan connector dan kabel kawat. Pemilihan jenis *connector* dan kabel harus sesuai dengan spesifikasi thermocouple yang digunakan. Pastikan sambungan antara probe, *connector*, dan kabel terpasang dengan rapat dan aman untuk menghindari gangguan sinyal. Setelah proses koneksi selesai, dilakukan uji coba pemanasan pada probe menggunakan api untuk memastikan semua sensor berfungsi dengan baik dan memberikan respons terhadap perubahan suhu.

Sebagai langkah akhir, ujung-ujung kabel thermocouple dikaitkan pada socket yang telah disediakan. Socket ini nantinya akan dihubungkan dengan thermometer untuk melakukan pemantauan suhu secara berkala. Untuk melindungi kabel dan socket dari kerusakan akibat proses pengecoran beton, seluruh instalasi thermocouple perlu dibungkus dengan plastik penutup yang kuat dan kedap air. Dengan demikian, data suhu beton dapat diperoleh secara akurat dan kontinu selama proses pengerasan beton berlangsung.



Gambar 3. Pemasangan Sensor Thermocouple



Gambar 4. Titik thermocouple Yang Telah Terpasang



Gambar 4. Titik Thermocouple Yang Telah Terpasang

### Pembacaan Suhu beton menggunakan Thermocouple

Pembacaan suhu mulai dilakukan setelah 1 (satu) minggu dilakukannya pengecoran. Pembacaan suhu dilakukan selama 7 hari pada pukul 11.00 WIB sampai dengan pukul 13.00 WIB. Pembacaan suhu dilapangan menggunakan alat temperature indikator. Titik terpanas suhunya adalah titik tengah selisih suhu tengah dengan atas (T-A) dan selisih suhu tengah dengan bawah (T-B)  $\leq 19^{\circ}\text{C}$ , Proses curing dinyatakan selesai apabila selisih suhu atas dengan udara luar  $20^{\circ}\text{C}$ . Pada saat itu curing diperbolehkan untuk dilepas/dibongkar. Hasil input data selama proses curing Hasil pembacaan suhu berbentuk ketikan rapi dan juga lampiran asli dari lapangan. Grafik pembacaan suhu per titik thermocouple juga gabungan seluruh tiang Kesimpulan yang terjadi.



Gambar 5. Pembacaan Monitoring Suhu Beton

### Monitoring Suhu beton menggunakan Thermocouple

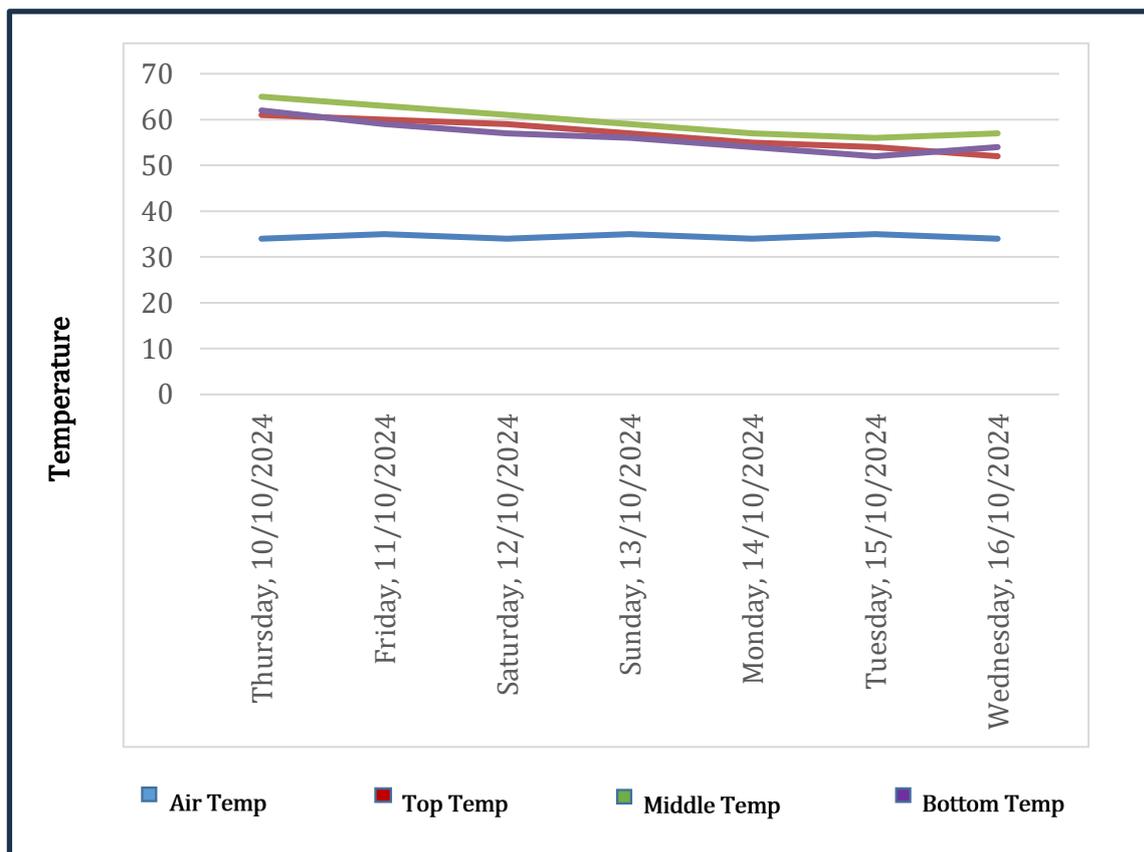
Fokus pemantauan suhu beton pada tahap ketiga pengecoran pondasi raft pada titik thermocouple 2. Pengukuran suhu dilaksanakan selama tujuh hari berturut-turut, dimulai satu minggu setelah proses penuangan beton. Waktu pengukuran yang dipilih adalah setiap jam, dengan rentang waktu antara pukul 11.00 WIB hingga 13.00 WIB. Pemilihan rentang waktu ini didasarkan pada asumsi bahwa suhu beton akan mencapai titik maksimum pada periode tersebut akibat paparan sinar matahari langsung. Dengan demikian, data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai perilaku termal beton pada kondisi lingkungan yang paling ekstrem selama periode curing awal.

Pengukuran suhu dilakukan pada tiga titik yang berbeda, yaitu permukaan atas beton, tengah beton, dan bawah beton, menggunakan termometer indikator suhu yang telah dikalibrasi. Hasil pengukuran yang diperoleh kemudian dicatat secara sistematis pada Tabel 1. Melalui

pemantauan suhu secara berkala, diharapkan dapat diperoleh data yang akurat mengenai data suhu beton, laju penurunan suhu, serta suhu maksimum yang tercapai. Data ini akan menjadi dasar untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor lingkungan terhadap suhu beton, mengevaluasi efektivitas perawatan beton, dan memastikan bahwa beton mencapai kekuatan desain yang diinginkan.

Tabel 1. Hasil Monitoring Suhu Beton Raft Fondation Tahap 3 Pada Titik 2

No	Time	Air Temp, °C	Temperature, °C			Difference ≤ 20°C			Remark
			Top	Middle	Bottom	Top-Bot	Top-Midd	Midd-Bot	
1	12.10	34	61	65	62	1	4	3	10/10/2024
2	13.00	35	60	63	59	1	3	4	11/10/2024
3	11.30	34	59	61	57	2	2	4	12/10/2024
4	12.00	35	57	59	56	1	2	3	13/10/2024
5	11.30	34	55	57	54	1	2	3	14/10/2024
6	12.10	35	54	56	52	1	2	4	15/10/2024
7	12.35	34	52	57	54	1	5	3	16/10/2024



Gambar 6. Hasil Monitoring Suhu Tahap 3 Pada Titik 2

**Analisa Thermocouple**

Berdasarkan data yang diperoleh dari thermocouple, suhu beton mencapai puncaknya pada sensor yang terletak di bagian tengah elemen beton, yakni 65°C pada hari ke delapan setelah pengecoran. Temuan ini konsisten dengan pemahaman umum mengenai proses hidrasi semen, di

mana reaksi eksotermik yang paling intens terjadi di zona tengah elemen beton akibat konsentrasi semen yang lebih tinggi dan kondisi lingkungan yang lebih terbatas dalam melepaskan panas. Hal ini mengindikasikan bahwa bagian tengah elemen beton mengalami pemanasan yang paling signifikan selama proses pengerasan.

Selisih suhu terbesar yang tercatat adalah sebesar 5°C, terjadi pada bagian atas dengan tengah. Perubahan suhu ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti laju pendinginan permukaan beton, dimensi elemen beton, serta sifat-sifat material yang digunakan. Perbandingan suhu beton dengan suhu lingkungan sekitar yang tercatat sebesar 31°C.

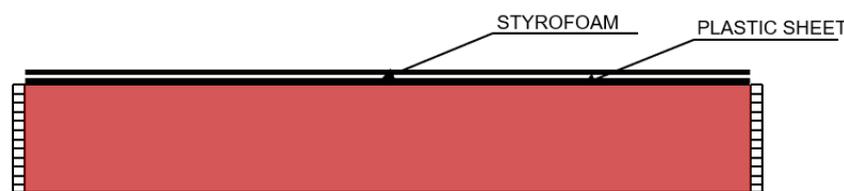
Perbedaan suhu ini menunjukkan adanya perbedaan suhu yang di dalam beton. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain yaitu posisi sensor, letak sensor yang berada di tengah elemen beton cenderung mengalami suhu yang lebih tinggi karena pengaruh panas yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen yang terjadi di seluruh bagian beton. Kemudian sifat material, Jenis agregat, semen, dan aditif yang digunakan dalam campuran beton dapat mempengaruhi laju hidrasi dan distribusi panas di dalam beton. Serta kondisi lingkungan yaitu suhu lingkungan sekitar, kelembaban, dan angin juga dapat mempengaruhi laju pendinginan beton.

### Treatment pada saat Temperatur diatas 70°C

Ketika suhu beton terukur mencapai di atas 70°C, langkah penanganan segera perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya retak akibat panas berlebih. Prosedur yang umum dilakukan adalah dengan metode pelepasan udara panas. Tahap awal, penutup beton berupa plastik sheet dan styrofoam akan dibuka secara keseluruhan untuk mempercepat proses pendinginan. Selama proses pelepasan udara panas ini, pemantauan suhu beton dilakukan sehari sekali untuk memastikan penurunan suhu berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Setelah suhu beton berhasil diturunkan hingga mencapai kisaran 60°C, penutup beton kemudian dipasang kembali untuk mempertahankan kelembapan dan menjaga agar proses hidrasi beton tidak terganggu. Meskipun suhu telah menurun, pemantauan suhu tetap dilakukan secara berkala, untuk memastikan suhu beton benar-benar stabil dan tidak terjadi kenaikan suhu yang signifikan. Dengan melakukan penanganan suhu secara cermat, diharapkan dapat mencegah terjadinya retak pada beton dan memastikan kualitas beton terjaga.

Proses curing beton plat raft dalam proyek ini melibatkan beberapa tahapan. Setelah pengecoran, lapisan atas beton ditutup dengan plastic sheet untuk mengurangi penguapan air. Selanjutnya, area plat raft dilapisi styrofoam setebal 1.6 cm di atas plastic sheet, sementara area dalam kolom diisi dengan pasir. Penggunaan styrofoam dan pasir ini bertujuan untuk menjaga kelembaban beton dan mencegah terjadinya retak akibat penurunan suhu yang cepat. Semua lapisan pelindung ini dapat dilepas setelah perbedaan suhu antara lingkungan sekitar dan beton mencapai maksimal 20 derajat Celcius. Alat-alat yang digunakan dalam proses curing ini meliputi plastic sheet dengan ketebalan 0.2 mm dan styrofoam dengan ketebalan 1.6 cm.



Gambar 7. Tahapan *Curing*

Gambar 8. Proses *Curing*

## KESIMPULAN

Thermocouple telah menjadi alat yang semakin populer dalam dunia konstruksi, khususnya dalam pemantauan suhu beton. Kemampuannya dalam mengukur suhu dengan akurat dan mudah menjadikan thermocouple sebagai salah satu inovasi yang paling efektif untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur akibat perubahan suhu yang ekstrem. Kegagalan beton, seperti retak atau penurunan kekuatan, dapat berdampak serius pada keseluruhan integritas bangunan, bahkan dapat mengancam keselamatan penghuni. Selain itu, pemantauan suhu beton menggunakan thermocouple juga dapat membantu mengoptimalkan proses *curing* beton, sehingga beton dapat mencapai kekuatan desainnya secara optimal.

Jika suhu beton melebihi 70°C, tindakan cepat diperlukan untuk mencegah retak. Penutup pasltik dan styrofoam beton akan dibuka untuk mempercepat pendinginan. Suhu beton akan terus dipantau hingga mencapai 60°C, kemudian penutup dipasang kembali. Pemantauan berkala dilakukan untuk memastikan suhu stabil dan mencegah kenaikan suhu kembali.

Analisis data thermocouple menunjukkan bahwa suhu beton tertinggi tercatat di bagian tengah elemen beton, dengan suhu yang signifikan antara bagian atas, tengah, dan bawah. Kondisi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk posisi sensor, sifat material beton, dan kondisi lingkungan. Temuan ini memiliki implikasi penting dalam memahami perilaku beton segar dan dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain campuran beton serta metode perawatan beton.

Meskipun memiliki banyak kelebihan, penggunaan thermocouple juga memiliki beberapa kendala yang perlu diperhatikan. Salah satu kendala utama adalah biaya pengadaan dan pemasangan thermocouple yang relatif tinggi, terutama untuk proyek berskala besar. Selain itu, thermocouple juga memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gangguan lingkungan, seperti getaran atau korosi, yang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran. Oleh karena itu, pemilihan jenis thermocouple dan metode pemasangan yang tepat sangat penting untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan reliabel. Terlepas dari kekurangan tersebut, manfaat yang diperoleh dari penggunaan thermocouple dalam pengawasan kualitas beton jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya dan kompleksitas yang harus dihadapi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam keberhasilan penelitian ini. Dukungan yang diberikan, baik dalam bentuk bimbingan, fasilitas, maupun masukan, telah sangat berarti bagi penulis. Keberhasilan penelitian ini merupakan buah dari kerja sama tim yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S. P., & Kartono, D. T. (n.d.). KEBERMANFAAT ADANYA SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS). *JOSR: Journal of Social Research Mei*, 2022(6), 507-512. <http://https://ijsr.internationaljournallabs.com/index.php/ijsrhttp://ijsr.internationaljournallabs.com/index.php/ijsr>

- Catur Budi, K., Iwan Candra, A., Aprillia Karisma, D., Muslimin, S., Kunci, K., Mutu Tinggi, B., Tekan, K., & Beton, P. (2020). *PENGARUH METODE PERAWATAN BETON DENGAN SUHU NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI* (Vol. 5, Issue 2).
- Handayani, J., Lutfi, M., Chayati, N., Muhammad, F., & Taqwa, L. (n.d.). *STUDI PENGARUH TEMPERATUR BETON MASSA PADA RAFT FOUNDATION KETEBALAN 3 METER* (Studi Kasus: Proyek MCC Tower-Jakarta). In *Jurnal Komposit* (Vol. 3, Issue 1).
- Restiwi, N., & Sipil, T. (n.d.). *Mix Design Beton, Kolom Dan Balok Gedung Perawatan Neurologi RSUDAM*. In *Ilmuteknik.org* (Vol. 2, Issue 3).
- Risiko, M., Pekerjaan Beton Proyek Pembangunan Bendungan, P., Sekar, J., Pratiwi, A., & Priyanto, B. (n.d.). *220 Sekar Arum Pratiwi, Budi Priyanto*.
- Safitri, D., & Sipil, T. (n.d.). *Mix Design dan Pelaksanaan Campuran Beton*. In *Ilmuteknik.org* (Vol. 1, Issue 3).
- Sijabat, I. P., Kunci, K., & Sipil, : (n.d.). *Pengembangan Metode Pemantauan dan Evaluasi Kualitas Beton pada Proyek Konstruksi Bangunan*.
- Standard, A. A. (2011). *Specifications for Structural Concrete*. [www.concrete.org/committees/errata.asp](http://www.concrete.org/committees/errata.asp)
- Uzda, R., Setiady, M., & Hatuhely, B. (n.d.). *Analysis of Mixing Time to The Compressive Strength of Concrete*.
- Yang, F.-F., Beton, C., Beton, R., Beton, K., Karakteristik, D., Septiani, V., Suryan, V., Amalia, D., & Author, C. (2024). xxx-xxx. In *Journal of Engineering and Transportation (JET)* (Vol. 2, Issue 1).