

Kajian Maturitas Beton untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan Beton dengan Penggunaan Variasi Semen yang Beredar di Pasaran

Muhamad Jikriyansyah*, Wibowo, Setiono

Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Penelitian ini memiliki tujuan yaitu mengkaji nilai *maturity* pada beton untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dengan variasi merek semen jenis PCC yang berada di pasaran. Metode pada penelitian ini merupakan metode uji eksperimental. Untuk mendapatkan nilai *maturity* dilakukan pengukuran suhu pada 1, 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dan mengukur kuat tekan secara *destructive test* pada 7, 14, dan 28 hari yang akan dibandingkan dengan hasil kuat tekan beton dengan *non-destructive test*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada benda uji menghasilkan kuat tekan beton dari nilai *maturity* yang didapat dari 28 hari pengukuran suhu pada variasi merek semen berturut-turut sebesar 4964,43 °C-jam; 4978,29 °C-jam; dan 4995,42 °C-jam. Selisih kuat tekan beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran saat umur 14 hari, beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran yaitu Semen A, Semen B, dan Semen C masing-masing menghasilkan selisih kuat tekan sebesar 7,38%; 4,40%; dan 3,81%, sedangkan saat beton berumur 28 hari selisihnya sebesar -2,63%; 1,63%; dan -1,46%. Selisih paling besar terdapat pada beton dengan merek semen A saat umur 14 hari dengan selisih 7,48%.

Kata Kunci: PCC, *Maturity*, Kuat Tekan, Persamaan Logaritmis, *Non-Destructive Test*.

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i2.2978>

*Correspondence: Muhamad

Jikriyansyah

Email: m.jikriyansyah17@gmail.com

Received: 01-02-2024

Accepted: 15-03-2024

Published: 30-04-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This study aims to assess the maturity index in concrete to obtain the compressive strength value of concrete with a variety of PCC type cement brands on the market. The method in this research is an experimental test method. To obtain the maturity index, the temperature was measured at 1, 3, 7, 14, 21, and 28 days and measured the compressive strength by destructive test at 7, 14, and 28 days which will be compared with the results of concrete compressive strength by non-destructive test. From the results of the research that has been carried out on the test specimens, the maturity index obtained from 28 days of temperature measurements on various cement brands is 4964.43 °C-hours; 4978.29 °C-hours; and 4995.42 °C-hours, respectively. The difference in compressive strength of concrete with various brands of cement available in the market at the age of 14 days, concrete with different brands of cement, namely Semen A, Semen B, and Semen C, each produces a compressive strength difference of 7.38%, 4.40%, and 3.81%, respectively. At the age of 28 days, the differences are -2.63%, 1.63%, and -1.46%. The largest difference is found in concrete with cement brand A at the age of 14 days, with a difference of 7.38%.

Keywords: PCC, *Maturity*, Compressive Strength, Logarithmic Equation, *Non-Destructive Test*.

Pendahuluan

Penggunaan material beton sebagai bahan konstruksi merupakan salah satu unsur yang penting pada pembangunan infrastruktur di Indonesia. Tak dapat dipungkiri bahwa penggunaan material beton di bidang konstruksi sangatlah tinggi. Hal tersebut membuat beton memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan lain seperti nilai kuat tekannya yang tinggi, biaya pembuatan ekonomis, pemeliharaan relatif rendah, mudah dibentuk dan lain sebagainya. Namun dalam pembangunan yang terjadi menggunakan beton terus mengalami pengembangan dalam pembuatannya sebuah bangunan. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya yaitu beton mempunyai keunggulan tersendiri namun tidak dapat dipungkiri bahwasanya beton juga memiliki kelemahan yaitu tidak diketahuinya kematangan yang optimal pada beton tersebut.

Pada ASTM C1074 menjelaskan bahwa kriteria desain yang paling umum untuk beton adalah kekuatan tekan, untuk menentukan kekuatan tekan beton yaitu setelah 28 hari. Salah satu metode untuk memprediksi kekuatan beton di tempat secara langsung adalah metode kematangan (*maturity method*). Metode ini dipergunakan untuk menentukan perkembangan kekuatan beton dalam aspek waktu dan temperatur, hal ini juga dapat untuk menilai waktu ideal untuk melepas bekisting (Nandini Kumar et al 2021.). Perkembangan kekuatan beton dipelajari dengan mengukur bagaimana suhu dan waktu memengaruhinya menggunakan sebuah persamaan fungsi maturitas. Fungsi maturitas memiliki beberapa persamaan yang dapat digunakan, salah satu yang biasa digunakan yaitu persamaan logaritmis oleh Plowman (1956).

Berdasarkan SNI-03-6809-2002, Maturitas merupakan metode yang digunakan untuk memproyeksikan kekuatan beton dengan asumsi bahwa sampel uji dari campuran beton akan mencapai kekuatan yang setara pada nilai maturitas yang sama. Pendekatan ini menawarkan cara yang cukup sederhana untuk memperkirakan kekuatan beton secara langsung di lapangan selama proses konstruksi, dibandingkan dengan teknik pengujian in-situ lainnya. Persamaan fungsi maturitas yang dikembangkan memungkinkan konversi suhu aktual menjadi indikator seberapa kuat beton yang telah terbentuk. Indeks maturitas dapat dihitung dari riwayat suhu beton menggunakan persamaan Nurse-Saul (1951):

$$M_{(t)} = \sum_0^t (T - T_0) \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

- $M_{(t)}$ = faktor temperatur-waktu (*maturity*) pada umur t ($^{\circ}\text{C}$ -jam atau $^{\circ}\text{C}$ -hari),
- ΔT = interval waktu (jam atau hari),
- T = temperatur beton rata-rata selama interval waktu ($^{\circ}\text{C}$),
- T_0 = temperatur datum ($^{\circ}\text{C}$)

Kemudian untuk mendapatkan hubungan kuat tekan-maturitas menggunakan persamaan logaritmis Plowman (1956):

$$f_c = a + b \ln(M) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

f_c = kuat tekan beton (MPa),

M = indeks maturitas ($^{\circ}\text{C}$ -jam atau $^{\circ}\text{C}$ -hari),

a, b = konstanta

Metode

Pengujian dilakukan di Laboratorium dengan metode eksperimental. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton konvensional berbentuk silinder yang memiliki diameter 15cm dan tinggi 30 cm dengan variasi faktor air semen dan variasi merek semen yang terdapat di pasaran. Variasi campuran beton pada penelitian ini berjumlah 3 variasi campuran dengan rincian 1 faktor air semen yaitu 0,4 dan 3 merek semen yaitu semen A, semen B, dan semen C. Pengukuran suhu benda uji dilakukan pada umur 1, 3, 7,14, 21, dan 28 hari. Pengujian CTM (*Compression Testing Machine*) dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Maka total seluruh benda uji yang digunakan untuk 3 variasi campuran beton yang akan diuji berjumlah 36 buah. Rekapitulasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

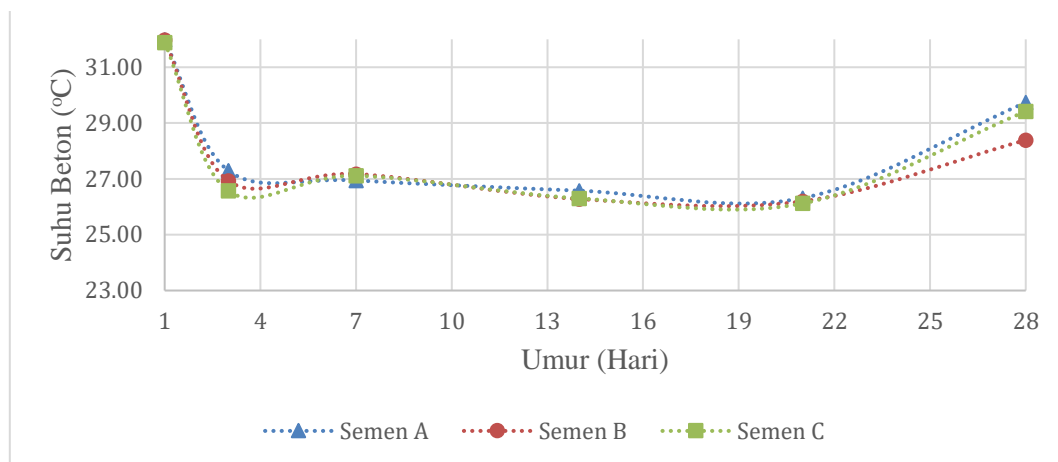
Tabel 1. Rekapitulasi benda uji

| Umur Beton (Hari) | Kode Benda Uji | Variasi Merek Semen | | |
|-------------------------------------|----------------|---------------------|---------|---------|
| | | Semen A | Semen B | Semen C |
| 7 | A | 4 | 4 | 4 |
| 14 | B | 4 | 4 | 4 |
| 28 | C | 4 | 4 | 4 |
| Jumlah Benda Uji Per-Variasi (Buah) | | 12 | 12 | 12 |
| Jumlah Seluruh Benda Uji (Buah) | | 36 | | |

Hasil dan Pembahasan

1. Pengukuran Suhu Beton

Pengukuran suhu beton dilakukan selama 28 hari pada setiap variasi benda uji. Data riwayat suhu rata-rata beton dari pengukuran tersebut digunakan untuk perhitungan nilai kematangan beton. Hasil pengukuran suhu untuk campuran beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Temperatur Rata-Rata Benda Uji selama 28 Hari

Dapat dilihat bahwa data suhu awal beton rata-rata merek semen A adalah 28,99°C, semen B adalah 28,91°C, dan Semen C adalah 30,38°C. Data tersebut menunjukkan bahwa beton dengan merek semen A dan B memiliki suhu awal beton yang cenderung sama. Di umur-umur awal beton mengalami penurunan suhu dan mengalami suhu yg stabil ketika umur pertengahan setelah itu kenaikan suhu ketika mendekati umur 28 hari.

2. Perhitungan Indeks Maturitas

Riwayat suhu beton rata-rata yang didapat di lapangan digunakan untuk menghitung nilai *maturity* (kematangan) beton. Nilai *maturity* (kematangan) beton yang telah dihitung dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan beton di lapangan. Pada penelitian ini nilai *maturity* (kematangan) beton dihitung menggunakan Persamaan Nurse-Saul. Hasil perhitungan indeks *maturity* dari setiap variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi indeks *maturity* beton

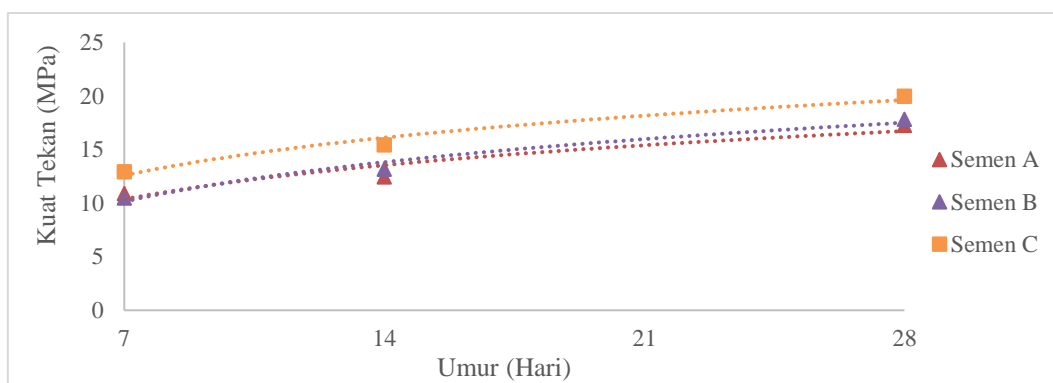
| Umur Beton (Jam) | <i>Maturity</i> (°C-jam) | | |
|---------------------|--------------------------|---------|---------|
| | Semen A | Semen B | Semen C |
| 0 | - | - | - |
| 24 | 251,61 | 250,71 | 267,18 |
| 72 | 714,27 | 704,55 | 710,10 |
| 168 | 1397,79 | 1418,79 | 1366,62 |
| 336 | 2533,68 | 2613,90 | 2556,06 |
| 504 | 3616,44 | 3707,37 | 3662,34 |
| 672 | 4964,43 | 4978,29 | 4995,42 |

Dari Tabel 2, terlihat bahwa hubungan antara indeks kematangan dan umur beton berbanding lurus. Semakin bertambahnya umur beton maka indeks kematangan yang dihasilkan juga semakin tinggi, namun ini hanya berlaku untuk rentang umur 0 hingga 28 hari beton. Pada umur 7 hari beton memiliki indeks *maturity* tertinggi pada merek semen B

dan terendah pada merek semen C. Pada beton umur 14 hari memiliki indeks *maturity* tertinggi pada merek semen B dan terendah pada merek semen A. Sedangkan pada umur 28 hari memiliki indeks *maturity* tertinggi didapat merek semen C dengan nilai 4995,42 °C-jam dan terendah pada merek semen A dengan nilai 4964,43 °C-jam.

3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Sesuai standar ASTM C 1074, minimal dilakukan pengujian destruktif terhadap 2 sampel beton pada setiap umur tersebut, dan kemudian dihitung rata-rata kekuatan tekan. Jika selisih antara 2 nilai tekan melebihi 10% dari rata-rata, maka dilakukan pengujian ketiga, dan hasilnya diambil rata-rata dari 3 sampel. Rekapitulasi hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.

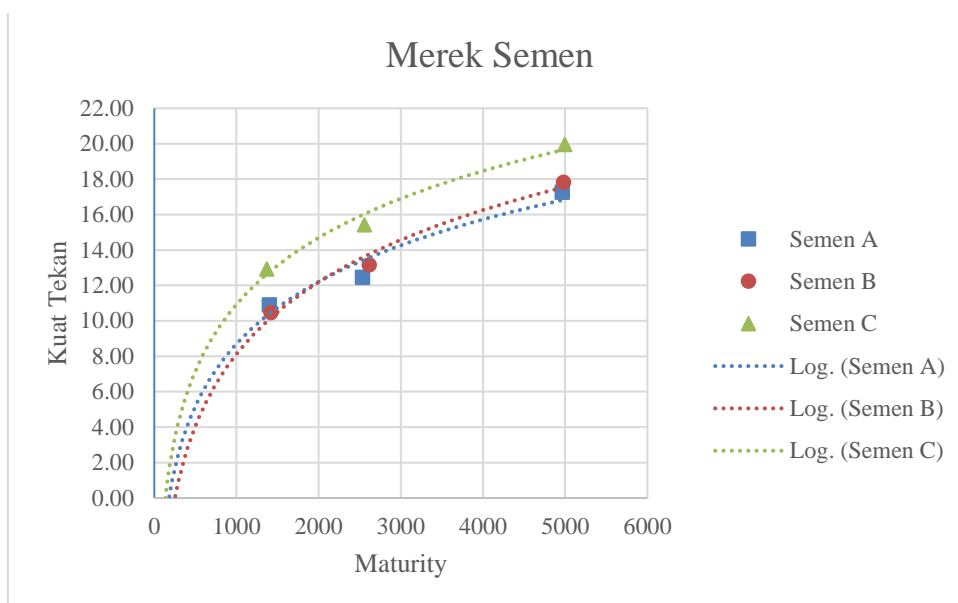


Gambar 2. Rekapitulasi Uji Kuat Tekan Beton

Pada Gambar 2 menggambarkan nilai kuat tekan beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran. Pada beton yang menggunakan merek semen C menghasilkan kuat tekan paling besar. Sedangkan pada beton yang tidak menggunakan merek semen A menghasilkan kuat tekan paling kecil. Dapat disimpulkan bahwa setiap merek semen yang berada di pasaran memiliki perbedaan kuat tekan yang dihasilkan.

4. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Indeks Maturitas

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kuat tekan beton berdasarkan *non destructive test*. Metode *non destructive test* dalam penelitian ini menggunakan model prediksi dengan persamaan logaritmis. Persamaan logaritmis dinilai dapat digunakan dengan baik untuk mengestimasi nilai kuat tekan berdasarkan indeks *maturity*. Untuk dapat memprediksi nilai kuat tekan beton dengan menggunakan persamaan logaritmis, harus dapat menentukan konstanta dari persamaan tersebut terlebih dahulu. Konstanta dan koefisien determinasi persamaan didapatkan dari grafik hubungan kuat tekan dan *maturity* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Hubungan Kuat Tekan dengan *Maturity*

Dari Gambar 3 hubungan kuat tekan dan *maturity* setiap merek semen didapatkan konstanta dan koefisien determinasi yang akan dipergunakan untuk persamaan logaritmis untuk menemukan kuat tekan beton dengan metode *non-destructive test*. Tabel berikut merupakan rekapitulasi konstanta dan koefisien determinasi pada setiap merek semen.

Tabel 3. Rekapitulasi Konstanta dan Koefisien Determinasi Persamaan Logaritmis

| | | Merek Semen | | |
|----------------------|----------------|-------------|---------|---------|
| | | Semen A | Semen B | Semen C |
| Persamaan Logaritmis | a | -26,324 | -32,43 | -26,629 |
| | b | 5,0694 | 5,8699 | 5,4367 |
| | R ² | 0,9379 | 0,981 | 0,9102 |

Dari rumus persamaan logaritmis Plowman (1956) dapat menghitung kuat tekan dengan metode *non-destructive* dan dari Tabel 3 mengenai konstanta dan koefisien yang sudah didapatkan menghasilkan persamaan logaritmis seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan Logaritmis pada tiap Merek Semen

| Merek Semen | Persamaan Logaritmis |
|-------------|--------------------------------|
| Semen A | $fc = -26,324 + 5,0694 \ln(M)$ |
| Semen B | $fc = -32,43 + 5,8699 \ln(M)$ |
| Semen C | $fc = -26,629 + 5,4267 \ln(M)$ |

Dan dapat dilihat pada Tabel 5 rekapitulasi perbandingan nilai kuat tekan beton dengan metode *non-destructive test* dan metode *destructive test*.

Tabel 5. Rekapitulasi Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton

| | | Semen A | Semen B | Semen C |
|---------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| 7 Hari | <i>Non Destructive Test</i> (Mpa) | 10,39 | 10,17 | 12,62 |
| | <i>Destructive Test</i> (Mpa) | 10,90 | 10,48 | 12,93 |
| | Selisih (%) | -4,76 | -2,94 | -0,29 |
| 14 Hari | <i>Non Destructive Test</i> (Mpa) | 13,41 | 13,76 | 16,03 |
| | <i>Destructive Test</i> (Mpa) | 12,45 | 13,17 | 15,43 |
| | Selisih (%) | 7,38 | 4,40 | 3,81 |
| 28 Hari | <i>Non Destructive Test</i> (Mpa) | 16,82 | 17,54 | 19,67 |
| | <i>Destructive Test</i> (Mpa) | 17,27 | 17,83 | 19,96 |
| | Selisih (%) | -2,63 | -1,63 | -1,46 |

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa hasil kuat tekan *non-destructive test* dengan *destructive test* mempunyai selisih yang cukup kecil baik di 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sedangkan pada tiap harinya beton memiliki kenaikan kuat tekan yang dapat diketahui melalui persamaan logaritmis dengan nilai *maturity* yang sudah didapat dan juga dengan kenaikan ataupun turunnya suhu pada beton tersebut. Untuk kuat tekan terbesar pada 28 hari merupakan merek semen C. Sedangkan kuat tekan terkecil didapat oleh merek semen B pada umur 28 hari. Selisih terbesar kuat tekan *destructive test* dengan *non-destructive test* terdapat pada variasi merek semen A sebesar 7,38% ketika umur beton 14 hari. Dan rekapitulasi hasil kuat tekan yang didapatkan dengan nilai *maturity* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Indeks *Maturity*

| Hari | Semen A | | Semen B | | Semen C | |
|------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| | <i>Maturity</i> (°C-jam) | Kuat Tekan (Mpa) | <i>Maturity</i> (°C-jam) | Kuat Tekan (Mpa) | <i>Maturity</i> (°C-jam) | Kuat Tekan (Mpa) |
| 7 | 1397,79 | 10,39 | 1418,79 | 10,17 | 1366,62 | 12,62 |
| 14 | 2533,68 | 13,41 | 2613,90 | 13,76 | 2556,06 | 16,03 |
| 28 | 4964,43 | 16,82 | 4978,29 | 17,54 | 4995,42 | 19,67 |

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada tiap hari beton dari berbagai merek semen yang digunakan memiliki indeks *maturity* yang meningkat tinggi sampai umur beton 28 hari. Pada umur 28 hari merek semen A memiliki indeks *maturity* 4964,43°C-jam dan mendapatkan kuat tekan 16,82 Mpa dengan metode *non-destructive test*, merek semen B memiliki indeks *maturity* 4978,29 °C-jam dan mendapatkan kuat tekan 17,54 Mpa dengan metode *non-destructive test*, sedangkan merek semen C memiliki indeks *maturity* 4995,42°C-jam dan mendapatkan kuat tekan 19,67 Mpa dengan metode *non-destructive test*. Dapat disimpulkan bahwa perbedaan merek semen mempengaruhi indeks *maturity* walaupun jenis tipe semen sama yaitu PCC (*Portland Composite Cement*) dan menghasilkan kuat tekan yang berbeda pula.

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan terhadap kajian indeks *maturity* untuk memprediksi kuat tekan beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran bahwa indeks *maturity* Semen A, Semen B, dan Semen C yang dihasilkan pada 7 hari sebesar 1397,79 °C-jam; 1418,79 °C-jam; dan 1366,62 °C-jam. Pada umur 14 hari indeks *maturity* Semen A, Semen B, dan Semen C sebesar 2533,68 °C-jam; 2613,90 °C-jam; dan 2556,06 °C-jam, sedangkan saat beton berumur 28 hari memiliki indeks *maturity* sebesar 4964,43 °C-jam; 4978,29 °C-jam; dan 4995,42 °C-jam.

Semen A, Semen B, dan Semen C menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) secara berturut-turut sebesar 0,8646; 0,939; dan 0,9343. Hal ini dapat disimpulkan bahwa persamaan logaritmis dapat digunakan dengan baik untuk memprediksi kuat tekan beton dengan metode *non destructive*. Selisih kuat tekan beton pada variasi merek semen yang berada di pasaran yaitu Semen A, Semen B, dan Semen C saat umur 7 hari masing-masing sebesar 3,45%; 0,19%; dan 1,23%. Pada saat umur 14 hari, beton dengan variasi merek semen yang berada di pasaran yaitu Semen A, Semen B, dan Semen C masing-masing menghasilkan selisih kuat tekan sebesar 5,39%; 1,23%; dan 2,90%, sedangkan saat beton berumur 28 hari selisihnya sebesar 4,27%; 1,64%; dan 6,29%. Selisih paling besar terdapat pada beton dengan merek semen C saat umur 28 hari dengan selisih 6,29%.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials. 2015. *Estimating Concrete Strength by the Maturity Method*. ASTM Designation: C 1074. Philadelphia. PA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. SNI 03-2834-2000. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Estimasi Kekuatan Beton dengan Metode Maturity. SNI 03-6809-2002. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Semen Portland. SNI 15-2049-2004. Jakarta.
- Carino, N., & Lew, H. 1983. *The Maturity Method: From Theory to Application*.
- Guterres, S., Wibowo, W., & Safitri, E. (2023). Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Regresi Non-Linier untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur 28 Hari. *Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Regresi Non-Linier untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur 28 Hari*. *Action Research Literate*, 7(9), 49–56.
- Indrawan A. R., & Puspitasari, I. (2022). Studi Perbandingan Merek Semen (Tiga Roda, Dynamic dan Merah Putih) sebagai Campuran Pembuatan Beton Normal Terhadap Biaya dan Kuat Tekan Beton. *Ira Puspitasari TEDC*, 16(2).
- Irawan, C., Ekaputri, J. J., Aji, P., & Triwulan. (2012). Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran *Fly ash* dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan. *Jurnal*

Teknik ITS, 1(1), D1–D5.

- Jin, N. J., Yeon, K. S., Min, S. H., & Yeon, J. (2017). *Using the Maturity Method in Predicting the Compressive Strength of Vinyl Ester Polymer Concrete at an Early Age. Advances in Materials Science and Engineering*, 2017.
- Krisianto, V. P., Tanijaya, J., & Sanggaria, O. J. (2021). Perbandingan Beton Dengan Menggunakan Portland Composite Cement Dan Ordinary Portland Cement. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(3), 406–411.
- Nandhini, K., & Karthikeyan, J. (2021). *The early-age prediction of concrete strength using maturity models: a review. Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 6(1).
- Plowman, J. M., 1956, *Maturity and the Strength of Concrete. Magazine of Concrete Research*, Vol. 8, No. 22, March, pp. 13-22.
- Rayhan, Mohammad. (2023). Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Eksponensial Untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur 28 Hari.
- Safitri, E., & Rafi Baihaqi, T. (2020). *Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Logaritmis Untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton Di Bawah Umur 28 Hari*. 8(4), 4–11.
- Saul, A. G. A. 1951, Principles Underlying the Steam Curing of Concrete at Atmospheric Pressure. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 2, No. 6, March, pp. 127-140.
- Soutsos, M., Kanavaris, F., & Hatzitheodorou, A. (2018). Critical analysis of strength estimates from maturity functions. *Case Studies in Construction Materials*, 9, e00183.
- Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: PT Naviri.
- Ximenes, A. M. D. S., Halim, A., & Suraji, A. (2021). Pengaruh Komposisi Campuran Beton dan Jenis Semen terhadap Kelelahan (Concrete Workability). *The 4th Conference on Innovation and Application of Science and Technology, Ciastech*, 529–538.