

Kajian Maturitas Beton untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan dengan Variasi Kadar *Superplasticizer*

Anita Saraswati, Wibowo, Endah Safitri

Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Salah satu metode untuk memprediksi kekuatan beton di tempat secara langsung adalah metode maturitas beton. Dalam melakukan perhitungan kuat tekan dengan metode maturitas ada beberapa model prediksi yang dapat digunakan, salah satunya yaitu persamaan logaritmis. Penelitian dengan metode eksperimental ini bertujuan untuk menentukan indeks *maturity* dalam memprediksi nilai kuat tekan pada beton dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1%; 1,5%; dan 2% dari berat binder dan membandingkan nilai kuat tekan antara metode maturitas dengan metode *destructive test*. Pengujian menggunakan beton berbentuk silinder ukuran 30 cm x 15 cm dengan sensor suhu dimasukkan sedalam ± 15 cm. Pengukuran suhu dilakukan pada saat beton berumur 1, 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan alat *Compression Testing Machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan persamaan logaritmis dalam kurva hubungan kuat tekan-*maturity* pada beton dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1%; 1,5%; dan 2% menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 dan selisih nilai kuat tekan antara pengujian *destructive* dan metode maturitas nilainya masih di bawah 4%.

Kata Kunci: Kuat Tekan, Maturitas Beton, Persamaan Logaritmis, *Superplasticizer*.

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i4.2843>

*Correspondence: Anita Saraswati

Email: anitasaraswati00@gmail.com

Received: 01-08-2024

Accepted: 15-09-2024

Published: 31-10-2024



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: One method to predict strength of concrete in place directly is concrete maturity method. In calculating compressive strength with maturity method, there are several prediction models that can be used, one of which is logarithmic equation. This experimental research aims to determine maturity index in predicting compressive strength value of concrete with variations in superplasticizer content of 0%; 1%; 1.5%; and 2% of binder weight and compare compressive strength value between maturity method and destructive test. The test object used is a concrete cylinder with a size of 30 cm x 15 cm and a temperature sensor inserted ± 15 cm deep. Temperature measurements were taken at the ages of 1, 3, 7, 14, 21, and 28 days and compressive strength testing at the ages of 7, 14, and 28 days with a Compression Testing Machine was conducted. The results showed that logarithmic equation in compressive strength-maturity relationship curve in concrete with variations in superplasticizer content of 0%; 1%; 1.5%; and 2% produced a coefficient of determination (R^2) value close to 1 and the difference in concrete compressive strength between destructive test and maturity method was still below 4%.

Keywords: Compressive Strength, Concrete Maturity, Logarithmic Equation, *Superplasticizer*.

Pendahuluan

Pembangunan konstruksi di Indonesia tidak terlepas dari penggunaan beton. Menurut SNI 2874:2019 definisi beton, yaitu semen portland atau semen hidrolis lainnya dicampur dengan agregat halus, agregat kasar, air, dan atau tanpa bahan campuran tambahan. Salah satu bahan campuran yang kerap ditambahkan pada beton adalah *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* pada beton membuat faktor air semen menjadi lebih rendah karena mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kuat tekan beton.

Ada banyak perkembangan dalam memperkirakan kekuatan beton, salah satunya dilakukan di tempat secara langsung. Berdasarkan ASTM C1074, pengujian kuat tekan beton di tempat secara langsung dapat mengoptimalkan kegiatan konstruksi yang penting seperti pelepasan dan pemasangan kembali bekisting, pengencangan kabel pra-tekan, penghentian perlindungan terhadap cuaca dingin, dan pembukaan jalan untuk lalu lintas. Salah satu metode untuk memprediksi kekuatan beton di tempat secara langsung adalah metode maturitas beton (*maturity method*).

Metode maturitas beton adalah pendekatan pengujian non-destruktif yang memungkinkan untuk memperkirakan umur awal dan kuat tekan beton secara aktual di tempat. Hal ini didasarkan pada persamaan yang memperhitungkan suhu beton, waktu, dan perolehan kekuatan. Setiap campuran beton memiliki hubungan kekuatan-kematangannya sendiri, kuat tekan beton dapat diestimasi melalui persamaan yang dihasilkan dan digambarkan dalam kurva hubungan kuat tekan-*maturity*. Dalam menggambarkan data pengujian pada kurva dapat menggunakan beberapa model prediksi, salah satunya adalah persamaan logaritmis.

Indeks *maturity* (kematangan) beton yang telah dihitung dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan beton di lapangan. Pada penelitian ini indeks *maturity* (kematangan) beton dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

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

Dimana,

$M_{(t)}$ = faktor temperatur-waktu (*maturity*) pada umur t (°C-jam atau °C-hari),

ΔT = interval waktu (jam atau hari),

T = temperatur beton rata-rata selama interval waktu (°C),

T_0 = temperatur datum (°C)

Pada Persamaan 2 terdapat persamaan yang digunakan untuk memprediksi nilai kuat tekan beton berdasarkan indeks *maturity* (kematangan) beton.

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

Dimana,

f_c = kuat tekan beton (MPa),

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

a, b = konstanta

Metode

Metode yang digunakan penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu untuk mendapatkan data-data primer dan dapat membuktikan hubungan antar variabel yang ditinjau dilakukan dengan mengadakan percobaan secara langsung. Benda uji yang digunakan berupa beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30. Pada penelitian ini, variasi campuran beton yang digunakan berjumlah 4 dengan rincian variasi kadar *superplasticizer*, yaitu 0%; 1%; 1,5%; 2%. Pengujian ini menggunakan masing-masing 4 buah benda uji untuk setiap variasi agar meminimalisasi kesalahan atau penyimpangan data pada saat pengujian. Pada saat beton berumur 1, 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dilakukan pengukuran suhu dan saat umur beton 7, 14, dan 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan dengan *Compression Testing Machine* (CTM). Pada Tabel 1 dapat dilihat kode dan jumlah benda uji.

Tabel 1. Kode dan Jumlah benda uji

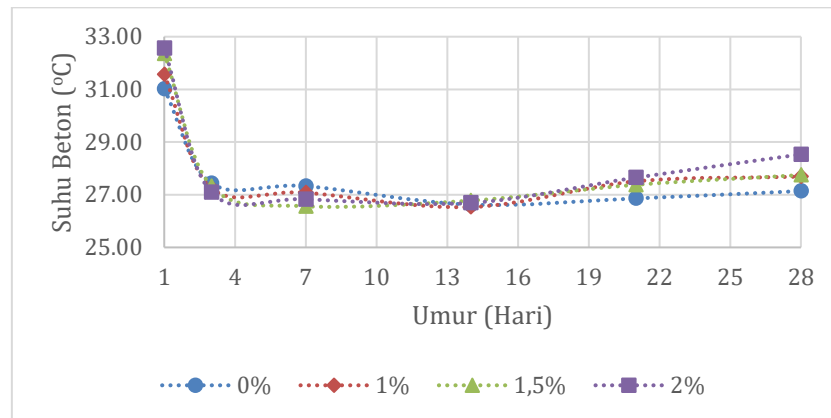
Umur Beton (Hari)	Variasi Campuran			
	<i>Superplasticizer</i> 0%	<i>Superplasticizer</i> 1%	<i>Superplasticizer</i> 1,5%	<i>Superplasticizer</i> 2%
7	4	4	4	4
14	4	4	4	4
28	4	4	4	4
Jumlah Benda Uji Per-Variasi (Buah)	12	12	12	12
Jumlah Seluruh Benda Uji (Buah)	48			

Hasil dan Pembahasan

1. Pengukuran Suhu Beton

Pengukuran suhu beton dilakukan pada masing-masing variasi benda uji selama 28 hari. Riwayat suhu beton rata-rata yang didapatkan dari pengukuran suhu digunakan untuk menghitung indeks *maturity* (kematangan) beton kemudian indeks *maturity* (kematangan) beton yang telah dihitung dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan

beton aktual. Hasil pengukuran riwayat suhu untuk campuran beton dengan variasi bahan tambah *superplasticizer* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Temperatur Rata-Rata Benda Uji Umur 1,3, 7, 14, 21, dan 28 Hari

Pada Gambar 1 menunjukkan beton yang tidak mengandung *superplasticizer* mengalami kenaikan suhu lebih cepat dibandingkan beton yang mengandung *superplasticizer*. Data suhu awal beton rata-rata (umur 1 hari) kadar *superplasticizer* 0% adalah 31,02°C, kadar *superplasticizer* 1% adalah 31,56°C, kadar *superplasticizer* 1,5% adalah 32,36°C, dan kadar *superplasticizer* 2% adalah 32,56°C. Data tersebut menunjukkan bahwa beton dengan kadar *superplasticizer* yang lebih besar akan menghasilkan suhu awal yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan mekanisme retardasi pada pasta semen tergantung pada jenis campurannya.

2. Perhitungan Indeks Maturitas

Setelah didapatkan hasil pengukuran riwayat suhu beton rata-rata, dilakukan perhitungan indeks *maturity* (kematangan) beton menggunakan Persamaan 1. Hasil indeks *maturity* (kematangan) beton setiap variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

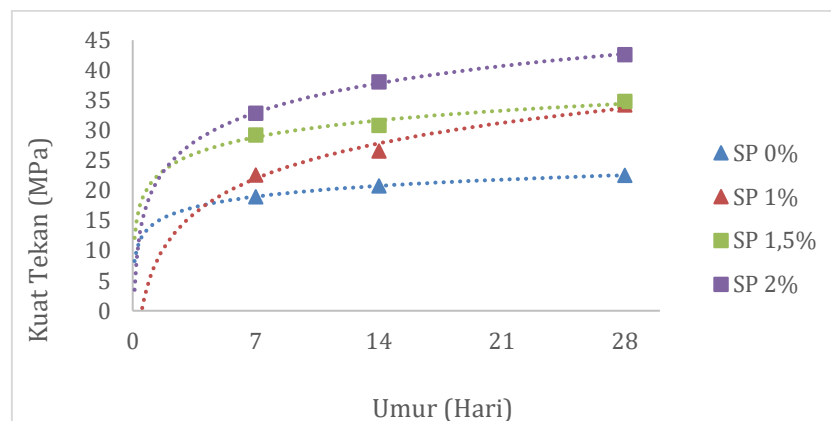
Tabel 2. Indeks *Maturity* Beton

Umur Beton (Jam)	<i>Maturity</i> (°C-jam)			
	<i>Superplasticizer</i> 0%	<i>Superplasticizer</i> 1%	<i>Superplasticizer</i> 1,5%	<i>Superplasticizer</i> 2%
0	-	-	-	-
24	247,92	266,28	292,29	290,40
72	690,90	717,72	764,73	762,12
168	1399,74	1405,32	1431,45	1430,52
336	2571,75	2548,56	2552,01	2566,20
504	3704,49	3727,92	3741,03	3770,76
672	4880,49	5004,30	5011,53	5130,09

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa indeks *maturity* berbanding lurus dengan umur beton, dimana seiring bertambahnya umur beton maka akan semakin bertambah juga indeks *maturity* yang dihasilkan, tetapi hal ini berlaku pada saat beton berumur 0 sampai 28 hari. Selain itu, kadar *superplasticizer* yang semakin tinggi pada beton maka indeks *maturity* yang dihasilkan akan lebih besar juga. Untuk beton tanpa tambahan kadar *superplasticizer* menghasilkan indeks *maturity* yang paling kecil daripada beton dengan bahan tambah *superplasticizer*.

3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Berdasarkan ASTM C 1074, sampel beton yang dilakukan *destructive test* minimal pada setiap umur beton menggunakan 2 sampel dan kemudian rata-rata kuat tekannya dihitung. Apabila selisih dari 2 nilai kuat tekan melebihi 10% dari rata-rata kuat tekannya, maka dilakukan pengujian pada benda uji berikutnya dan dihitung rata-rata nilai kuat tekan 3 sampel. Pengujian kuat tekan dengan *Compression Testing Machine* (CTM) dilakukan saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari. Grafik hasil uji kuat tekan terdapat pada Gambar 2.

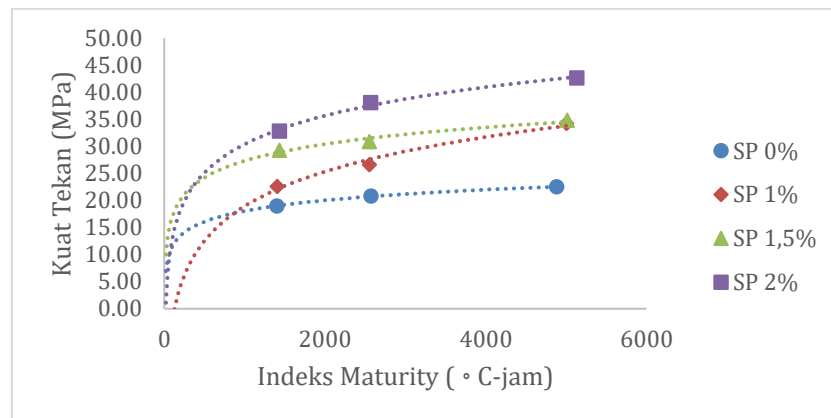


Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Hingga Umur 28 Hari

Gambar 2 menggambarkan nilai kuat tekan beton dengan variasi kadar bahan tambah *superplasticizer*. Pada beton yang mengandung kadar *superplasticizer* 2% menghasilkan kuat tekan paling tinggi sedangkan beton yang tidak menggunakan bahan tambah *superplasticizer* kuat tekannya paling rendah. Dapat disimpulkan bahwa apabila kadar *superplasticizer* yang digunakan banyak, maka kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.

4. Prediksi Kuat Tekan Beton dengan Indeks Maturitas

Persamaan logaritmis dinilai dapat diandalkan untuk mengestimasi nilai kuat tekan berdasarkan indeks *maturity*. Untuk memprediksi nilai kuat tekan 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* pada Gambar 3.



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

Berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 3, diperoleh konstanta untuk persamaan logaritmis yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai kuat tekan beton berdasarkan indeks *maturity* pada masing-masing variasi. Persamaan-persamaan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Persamaan Logaritmis

Kadar Superplasticizer	Persamaan Logaritmis
0%	$fc = -1,6335 + 2,8490 \ln(M)$
1%	$fc = -44,8390 + 9,2323 \ln(M),$
1,5%	$fc = -3,5675 + 4,4707 \ln(M)$
2%	$fc = -22,1940 + 7,6125 \ln(M)$

Setelah indeks *maturity* dimasukkan ke dalam persamaan pada Tabel 4, didapatkan prediksi nilai kuat tekan beton dan untuk hasil perhitungan nilai kuat tekan berdasarkan indeks *maturity* (kematangan) beton terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Indeks *Maturity*

Kadar Superplasticizer							
0%		1,0%		1,5%		2%	
<i>Maturity</i> (°C-jam)	Kuat Tekan (MPa)	<i>Maturity</i> (°C-jam)	Kuat Tekan (MPa)	<i>Maturity</i> (°C-jam)	Kuat Tekan (MPa)	<i>Maturity</i> (°C-jam)	Kuat Tekan (MPa)
1399,74	19,00	1405,32	22,08	1431,45	28,92	1430,52	33,12
2571,75	20,74	2548,56	27,57	2552,01	31,50	2566,20	37,57
4880,49	22,56	5004,30	33,80	5011,53	34,52	5130,09	42,84

Berdasarkan Tabel 4 beton dengan kadar *superplasticizer* 0% saat umur 7 hari memiliki indeks *maturity* sebesar 1399,74°C-jam dengan prediksi kuat tekannya 19,00 MPa, sedangkan beton dengan kadar *superplasticizer* 2% memiliki indeks *maturity* sebesar 1430,52°C-jam dengan prediksi kuat tekannya 33,12 MPa. Dapat disimpulkan bahwa kadar

superplasticizer pada beton mempengaruhi indeks *maturity*, semakin banyak beton mengandung *superplasticizer* maka akan semakin tinggi indeks *maturity* yang dihasilkan. Semakin besar indeks *maturity*, prediksi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin besar pula.

5. Perbandingan Kuat Tekan dengan Metode Maturitas dan *Destructive Test*

Pada Tabel 5 dapat dilihat selisih nilai kuat tekan beton dengan metode *maturity* dan *destructive test*.

Tabel 5. Selisih Nilai Kuat Tekan Beton

Umur Beton (Hari)	Metode Pengujian	Kadar Superplasticizer			
		0%	1%	1,5%	2%
7	Metode <i>Maturity</i> (MPa)	19,00	22,08	28,92	33,12
	Metode <i>Destructive Test</i> (MPa)	18,97	22,59	29,27	32,84
	Selisih (%)	0,18	2,30	1,20	0,84
14	Metode <i>Maturity</i> (MPa)	20,74	27,57	31,50	37,57
	Metode <i>Destructive Test</i> (MPa)	20,81	26,61	30,86	38,08
	Selisih (%)	0,32	3,56	2,08	1,35
28	Metode <i>Maturity</i> (MPa)	22,56	33,80	34,52	42,84
	Metode <i>Destructive Test</i> (MPa)	22,53	34,26	34,82	42,61
	Selisih (%)	0,15	1,33	0,86	0,55

Pada Tabel 5 beton dengan kadar *superplasticizer* yang lebih banyak dihasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Sitanggang et al., 2022) yang menunjukkan bahwa menambahkan *superplasticizer* pada beton dapat menaikkan daya tekan dan daya tarik beton. Beton dengan kandungan *superplasticizer* 2% saat 28 hari memiliki kuat tekan 42,61 MPa berdasarkan metode *destructive*, sedangkan berdasarkan metode *maturity* menghasilkan kuat tekan 42,84 MPa. Selisih kuat tekan dengan 2 metode pada masing-masing variasi masih kurang dari 4%, hal ini dapat disimpulkan bahwa persamaan logaritmik merupakan model prediksi yang dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan beton berumur di bawah 28 hari.

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data diperoleh kesimpulan bahwa penambahan kadar *superplasticizer* yang digunakan membuat indeks *maturity* yang dihasilkan tinggi sehingga prediksi nilai kuat tekan beton tinggi juga. Indeks *maturity* berbanding lurus dengan umur beton, dimana seiring bertambahnya umur beton (di bawah

28 hari) maka akan semakin bertambah juga indeks *maturity* yang dihasilkan. Secara berturut-turut koefisien determinasi (R^2) dalam penggunaan model prediksi persamaan logaritmis pada beton dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1%; 1,5%; dan 2% sebesar 0,9989; 0,9801; 0,9613; dan 0,9918. Selisih metode *maturity* dan metode *destructive test* dalam menghasilkan nilai kuat tekan beton masih di bawah 4%.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials. 2015. *Estimating Concrete Strength by the Maturity Method*. ASTM Designation: C 1074-87. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 1982. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. , ASTM Designation: C 494-82. USA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2000. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Semen Portland*. SNI 15-2049-2004. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2874-2019. Jakarta
- Boubekeur, T., Ezziane, K., & Kadri, E. H. (2014). Estimation of mortars compressive strength at different curing temperature by the maturity method. *Computers and Chemical Engineering*, 71, 299–307.
- Farhan Kurniawan, M., Mulyono, T., Daryati, D., & Bangunan, P. T. (2020). MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR YANG DI PECAH (SPLIT) (Vol. 15).
- Guterres, S., Wibowo, & Safitri, E., Maturitas Peridiksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur, M., & Beton Konvensional, H. (2023). Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Regresi Non-Linier untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur 28 Hari Kata kunci. *Action Research Literate*, 7(9).
- 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.
- Kamkar, S., & Eren, Ö. (2018). Evaluation of maturity method for steel fiber reinforced concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(1), 213–221. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1761-9>
- Rayhan, Mohammad. (2023). Kajian Penerapan Persamaan Fungsi Eksponensial Untuk Memprediksi Kuat Tekan Beton di Bawah Umur 28 Hari. (Skripsi Sarjana, Universitas Sebelas Maret).
- Mc. Cormac, & Jack, C. (2004). *Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- 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).
- Putra Iswoyo Jong, E., Arifi, E., & Waluyohadi, I. (2018). PENGARUH PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON POROUS YANG MENGGUNAKAN RCA (RECYCLE COARSE AGGREGATE) (*The Effect of*

Superplasticizer on Compression Strength of Porous Concrete Using Recycle Coarse Aggregat (RCA)).

- Sofi, M., Mendis, P. A., & Baweja, D. (2012). Estimating early-age in situ strength development of concrete slabs. *Construction and Building Materials*, 29, 659–666.
- Soutsos, M., Kanavaris, F., & Elsageer, M. (2021). Accuracy of maturity functions' strength estimates for fly ash concretes cured at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 266.
- Sitanggang, R., Hutabarat, N. S., & Ginting, R. (2022). PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER PADA BETON MUTU F'c 25 MPa. *JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL*, 11(2), 202.
- Wibowo, Safitri, E., & Rafi Baihaqi, T. (2020). *KAJIAN PENERAPAN PERSAMAAN FUNGSI LOGARITMIS UNTUK MEMPREDIKSI KUAT TEKAN BETON DI BAWAH UMUR 28 HARI*. 8(4).
- Zhang, M. H., Sisomphon, K., Ng, T. S., & Sun, D. J. (2010). Effect of superplasticizers on workability retention and initial setting time of cement pastes. *Construction and Building Materials*, 24(9), 1700–1707.