

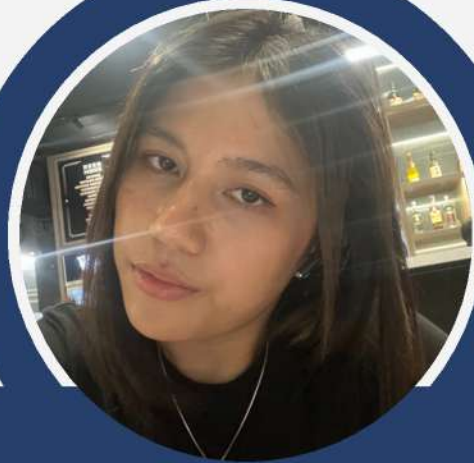
○ ○ ○ ○

KELOMPOK 11

# ***PEMODELAN OPTIMAL UNTUK PREDIKSI KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI***

○ ○ ○ ○

# KELOMPOK 11



**Chelsea Dheirranaya**  
164231051



**Nadra Cinta**  
164231053



**Shofia Ishma**  
162112133087



**Cuthbert Young**  
164231052



# ***TABLE OF CONTENTS***

- Latar Belakang
- Tinjauan Pustaka
- Metodologi
- Hasil dan Pembahasan
- Kesimpulan dan Saran







# LATAR BELAKANG



Beton adalah material utama dalam konstruksi besar, dan kekuatan tekan menjadi indikator penting kualitasnya. Faktor-faktor seperti komposisi material (semen, agregat, air, dan bahan tambahan) serta usia beton memengaruhi kekuatan ini. Namun, karena hubungan antar faktor sangat kompleks, diperlukan pendekatan modern seperti metode regresi untuk prediksi yang lebih akurat.

## Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh faktor-faktor seperti komposisi material dan usia beton terhadap kekuatan tekan?
- Metode regresi mana yang paling optimal untuk memprediksi kekuatan tekan?
- Bagaimana memilih model terbaik agar prediksi menjadi lebih akurat?"



# TINJAUAN PUSTAKA

## Tinjauan Statistika

**Statistika** - cabang ilmu matematika yang berfokus pada pengumpulan, pengolahan, analisis, dan interpretasi data untuk menarik kesimpulan atau membuat keputusan.

**Uji Asumsi klasik** meliputi normalitas residual, tidak adanya multikolinearitas antar variabel independen, homoskedastisitas (konstannya varians residual), dan tidak adanya autokorelasi pada residual.

**Outlier** - data yang memiliki nilai yang jauh berbeda atau ekstrem dibandingkan dengan sebagian besar data dalam suatu set data.

**Analisis regresi** - metode statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen.

- Ordinary Least Squares (OLS)
- *Robust Regression*
- *Generalized Least Squares (GLS)*

**Residual Standard Error (RSE)** adalah ukuran yang digunakan dalam analisis regresi untuk mengevaluasi seberapa baik model regresi mencocokkan data yang diamati.

## Tinjauan Non-Statistika

**Beton** - bahan konstruksi komposit yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar (seperti pasir dan kerikil), dan bahan tambahan lainnya.

**Agregat** - material seperti pasir, kerikil, dan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton atau aspal.

**Air** - salah satu komponen penting dalam campuran beton dan berbagai aplikasi lainnya dalam konstruksi

**Superplasticizer**, juga dikenal sebagai penurun air jangkauan tinggi, adalah bahan tambahan kimia yang digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan kualitas beton dengan mengurangi jumlah air yang diperlukan

**Kekuatan tekan beton** adalah salah satu parameter kunci yang menentukan kualitas dan kinerja beton. Kekuatan tekan ini mengacu pada kemampuan beton untuk menahan beban yang diterapkan secara merata pada permukaannya tanpa mengalami keruntuhan.



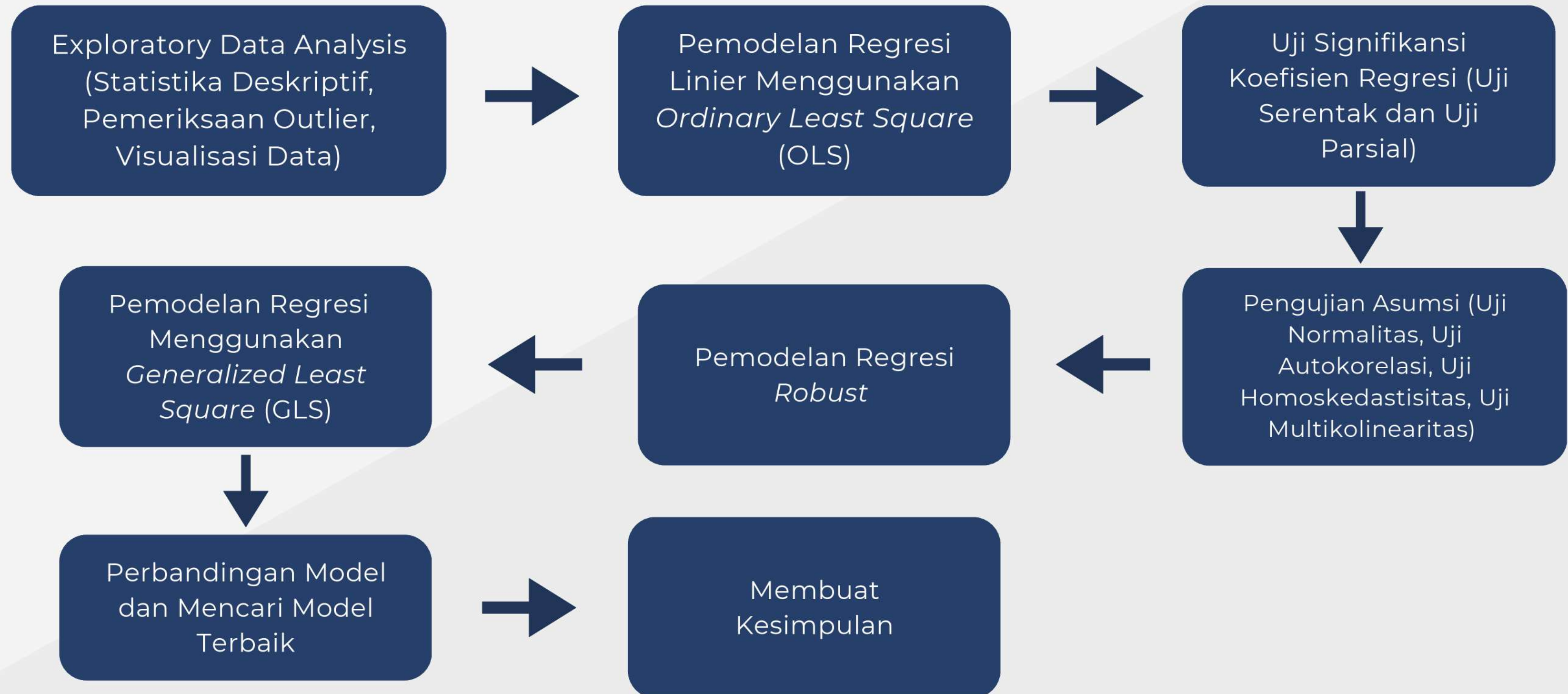
# METODOLOGI

## Sumber Data

Variabel	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan
Y	<i>Concrete Compressive Strength</i>	Kekuatan tekan beton	MPa
X1	<i>Cement</i>	Komponen utama dalam beton untuk memberikan kekuatan pada struktur beton	kg/m3
X2	<i>Blast Furniture Slag</i>	Produk sampingan pembuatan baja, digunakan untuk meningkatkan durabilitas beton	kg/m3
X3	<i>Fly Ash</i>	Sisa pembakaran batubara, digunakan sebagai bahan tambahan untuk beton	kg/m3
X4	<i>Water</i>	Digunakan untuk memicu reaksi hidrasi semen dan mempengaruhi konsistensi beton	kg/m3
X5	<i>Superplasticizer</i>	Bahan tambahan untuk meningkatkan keenceran beton tanpa perlu menambah air	kg/m3
X6	<i>Coarse Aggregate</i>	Agregat kasar (batu kerikil) untuk menambah kekuatan beton	kg/m3
X7	<i>Fine Aggregate</i>	Agregat halus (pasir) untuk memberikan stabilitas campuran beton	kg/m3
X8	<i>Age (day)</i>	Usia beton dalam hari	Hari (1-365)

# METODOLOGI

## Metode Penelitian





# HASIL & PEMBAHASAN

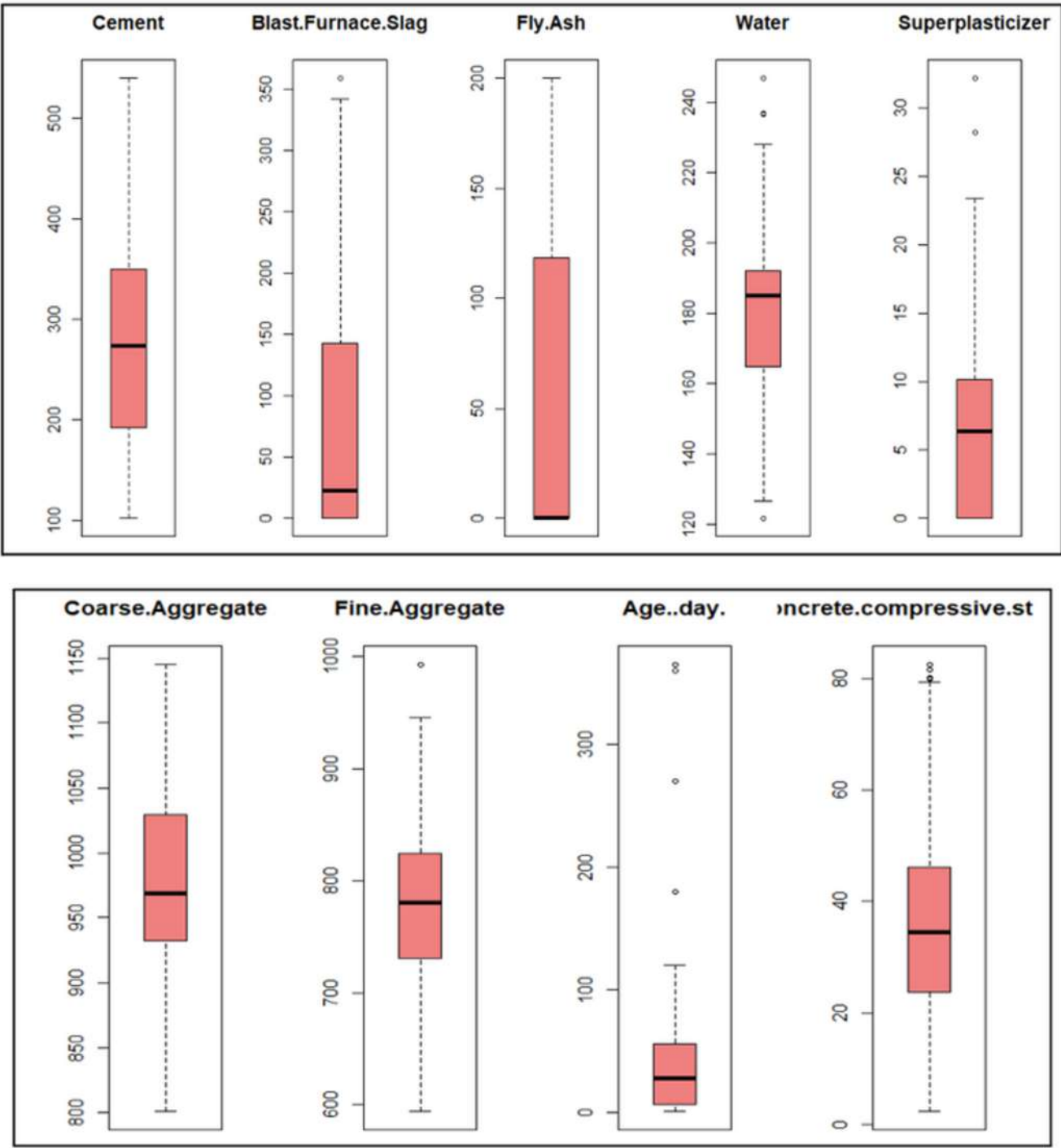
## EDA (*Exploratory Data Analysis*) Statistika Deskriptif

Var	Min	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max
Y	2.332	23.707	34.443	35.818	46.136	82.599
X1	102.0	192.4	272.9	281.2	350.0	540.0
X2	0.0	0.0	22.0	73.9	142.9	359.4
X3	0.0	0.0	0.0	54.19	118.27	200.10
X4	121.8	164.9	185.0	181.6	192.0	247.0
X5	0.0	0.0	6.35	6.203	10.16	32.2
X6	801.0	932.0	968.0	972.9	1029.4	1145.0
X7	594.0	731.0	779.5	773.6	824.0	992.6
X8	1.0	7.0	28.0	45.66	56.0	365.0



# HASIL & PEMBAHASAN

## Pemeriksaan *Outlier*

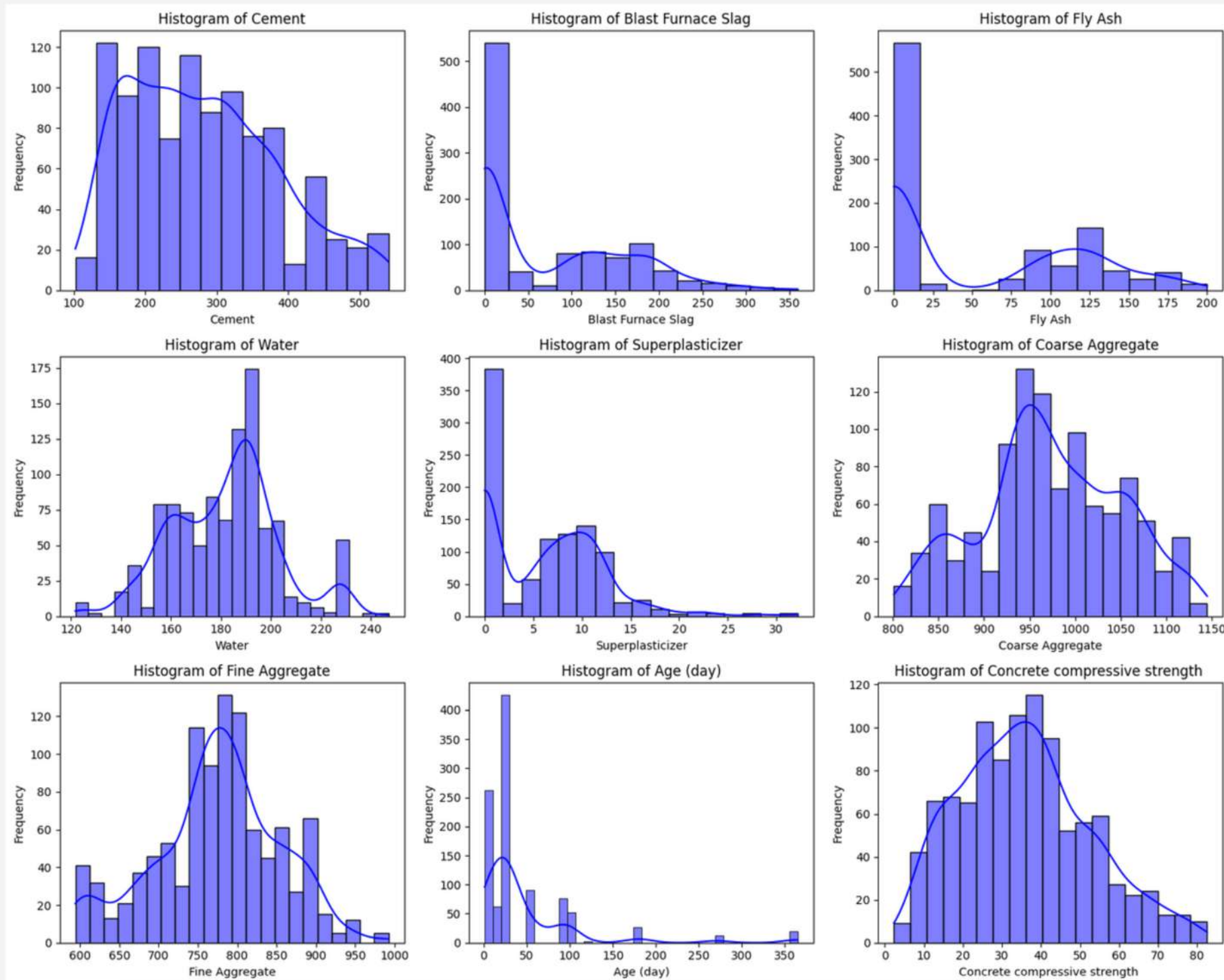


Variabel	Nama Variabel	Outliers
Y	Concrete Compressive Strength	4
X1	Cement	0
X2	Blast Furniture Slag	2
X3	Fly Ash	0
X4	Water	9
X5	Superplasticizer	10
X6	Coarse Aggregate	0
X7	Fine Aggregate	5
X8	Age (day)	59

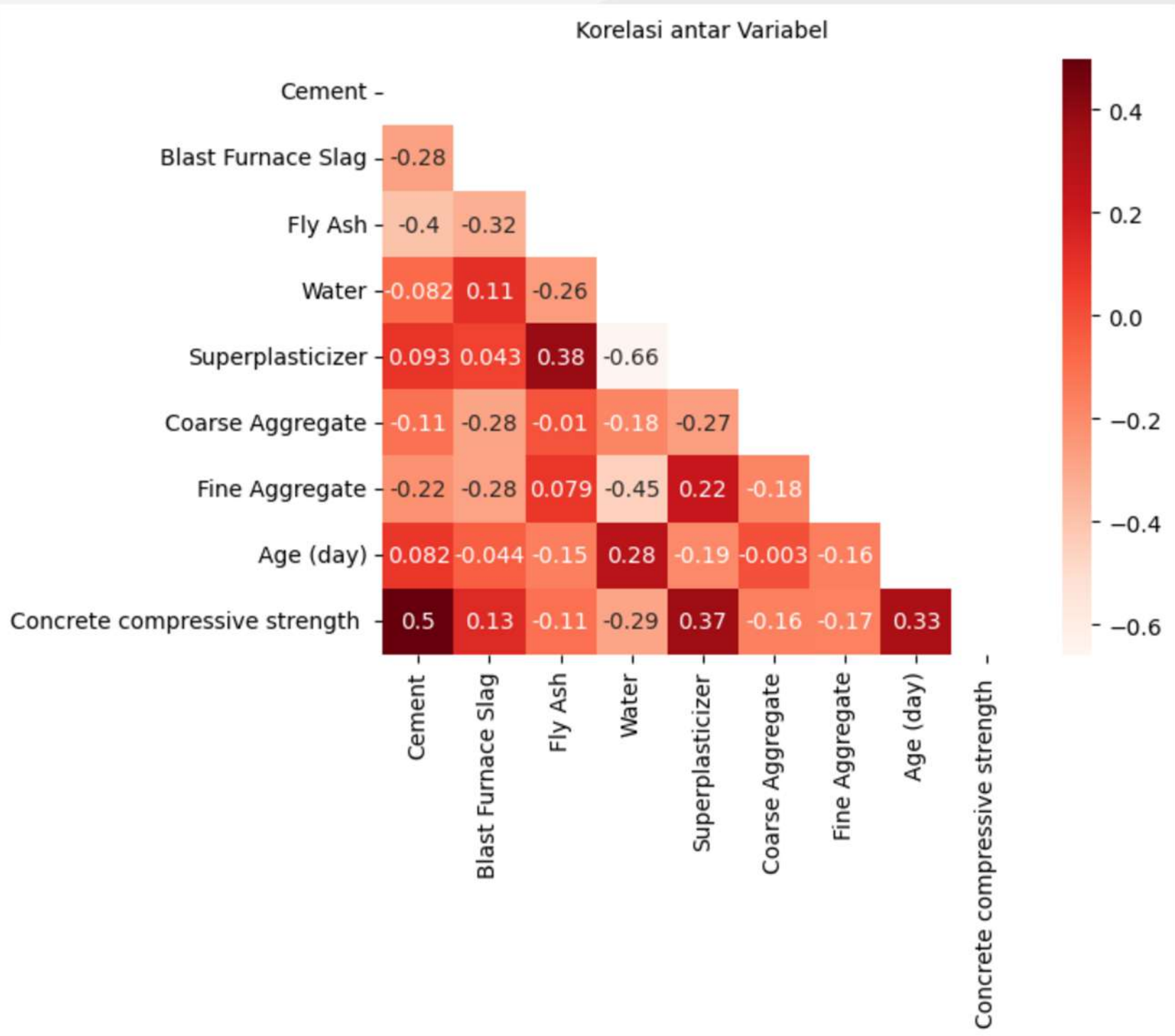


# VISUALISASI

## Histogram



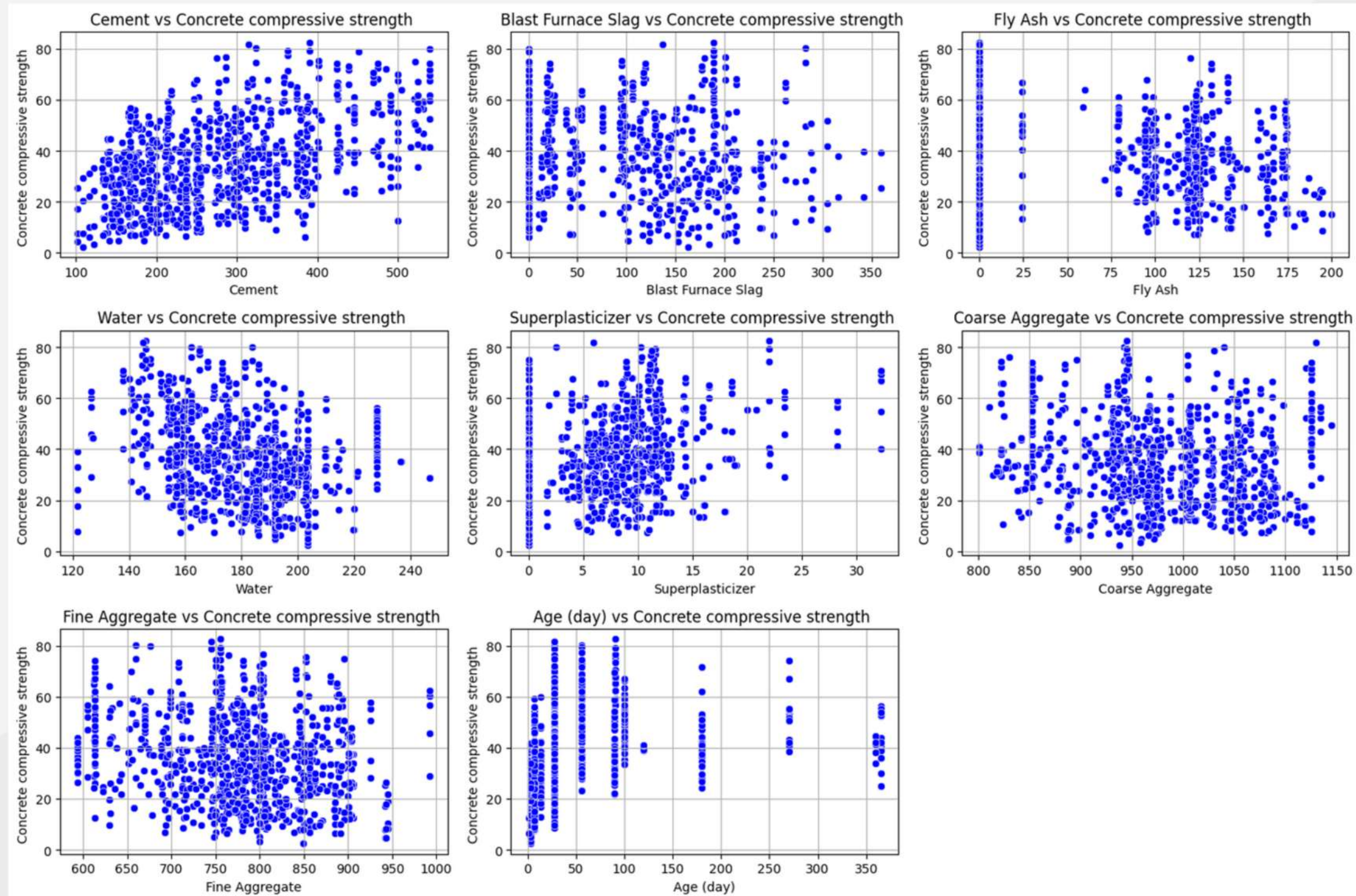
## Heatmap





# VISUALISASI

## Scatter Plot





# ANALISIS REGRESI OLS

**Concrete Compressive Strength = -35.5047 + 0.1264 (Cement) + 0.1116 (Blast Furnace Slag) + 0.0968 (Fly Ash) - 0.1417 (Water) + 0.2744 (Superplasticizer) + 0.0205 (Coarse Aggregate) + 0.0267 (Fine Aggregate) + 0.1326 (Age).**

<b>RSE</b>	<b>10.4 MPa</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>61.25%</b>
<b>P-VALUE</b>	<b>&lt; 2.2x10<sup>-16</sup></b>

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-28.653  -6.303   0.704   6.562  34.446

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -23.163756  26.588421  -0.871  0.383851
Cement         0.119785   0.008489  14.110 < 2e-16 ***
Blast.Furnace.Slag 0.103847   0.010136  10.245 < 2e-16 ***
Fly.Ash        0.087943   0.012585   6.988 5.03e-12 ***
Water        -0.150298   0.040179  -3.741 0.000194 ***
Superplasticizer 0.290687   0.093460   3.110 0.001921 **
Coarse.Aggregate 0.018030   0.009394   1.919 0.055227 .
Fine.Aggregate  0.020154   0.010703   1.883 0.059968 .
Age..day.      0.114226   0.005427  21.046 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.4 on 1021 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6155,    Adjusted R-squared:  0.6125
F-statistic: 204.3 on 8 and 1021 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Kekuatan beton dipengaruhi signifikan oleh semen, blast furnace slag, fly ash, superplasticizer, dan usia beton ( $p < 0,05$ ), dengan  $R^2$  sebesar 61,25% yang berarti model dapat menjelaskan 61,25% variabilitas data. Namun, dengan residual standard error (RSE) sebesar 10,4 MPa, model ini cukup rentan terhadap outlier, yang dapat memengaruhi hasil estimasi dan akurasi prediksi secara keseluruhan.



# UJI HIPOTESIS

UJI	NILAI STATISTIK	KESIMPULAN
NORMALITAS RESIDUAL	data: residuals_ols W = 0.99532, p-value = 0.002986	RESIDUAL TIDAK BERDISTRIBUSI NORMAL
HOMOSKEDASTISITAS	data: ols_model BP = 137.17, df = 8, p-value < 2.2e-16	TERDAPAT HETEROSKEDASTISITAS
AUTOKORELASI	data: ols_model DW = 1.2815, p-value < 2.2e-16	TERDAPAT AUTOKORELASI POSITIF
MULTIKOLINEARITAS	Variable VIF Cement 7.49 Blast.Furnace.Slag 7.28 Fly.Ash 6.17 Water 7.00 Superplasticizer 2.97 Coarse.Aggregate 5.08 Fine.Aggregate 7.01 Age..day. 1.12	TIDAK ADA MULTIKOLINEARITAS SERIUS, ( VIF < 10 )





# MODEL ALTERNATIF

**Concrete Compressive Strength = -35.5047 + 0.1264 (Cement) + 0.1116 (Blast Furnace Slag) + 0.0968 (Fly Ash) - 0.1417 (Water) + 0.2744 (Superplasticizer) + 0.0205 (Coarse Aggregate) + 0.0267 (Fine Aggregate) + 0.1326 (Age).**

# ROBUST

**RSE**

**9.586 MPa**

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-33.7679	-6.6741	0.5478	6.4248	34.3113

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-35.5047	26.1004	-1.3603
Cement	0.1264	0.0083	15.1697
Blast.Furnace.Slag	0.1116	0.0100	11.2142
Fly.Ash	0.0968	0.0124	7.8318
Water	-0.1417	0.0394	-3.5932
Superplasticizer	0.2744	0.0917	2.9907
Coarse.Aggregate	0.0205	0.0092	2.2237
Fine.Aggregate	0.0267	0.0105	2.5401
Age..day.	0.1326	0.0053	24.8913

Residual standard error: 9.586 on 1021 degrees of freedom

Model Robust Regression menunjukkan bahwa variabel independen memiliki pengaruh yang sama seperti pada model OLS, tetapi model ini lebih stabil karena mampu mengurangi pengaruh nilai outlier. RSE sebesar 9.586 MPa, yang lebih kecil dibandingkan dengan OLS (10.4 MPa), menunjukkan bahwa prediksi compressive strength lebih dekat dengan nilai sebenarnya, menjadikannya pilihan yang lebih andal untuk data dengan outlier atau heteroskedastisitas.





# MODEL ALTERNATIF GLS

**Concrete Compressive Strength = -36.3016 + 0.1259 (Cement) + 0.1086 (Blast Furnace Slag) + 0.0805 (Fly Ash) - 0.1246 (Water) + 0.1695 (Superplasticizer) + 0.0185 (Coarse Aggregate) + 0.0296 (Fine Aggregate) + 0.1100 (Age).**

## Coefficients:

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	-36.30154975	30.042740569	-1.208330	2.272001e-01
Cement	0.12588463	0.009854089	12.774862	8.907434e-35
Blast.Furnace.Slag	0.10863675	0.011009709	9.867359	5.356039e-22
Fly.Ash	0.08052679	0.014147240	5.692050	1.639625e-08
Water	-0.12464285	0.043111545	-2.891171	3.919440e-03
Superplasticizer	0.16951413	0.101093544	1.676805	9.388679e-02
Coarse.Aggregate	0.01854129	0.010937100	1.695266	9.032990e-02
Fine.Aggregate	0.02956206	0.011877821	2.488845	1.297427e-02
Age..day.	0.10998461	0.005454603	20.163633	2.261130e-76

Residual Standard Error (RSE):  
10.52057

## Model Fit Statistics:

AIC: 7666.75

BIC: 7720.964

Log-likelihood: -3822.375

RSE	10.52 MPa
R <sup>2</sup>	60.5%

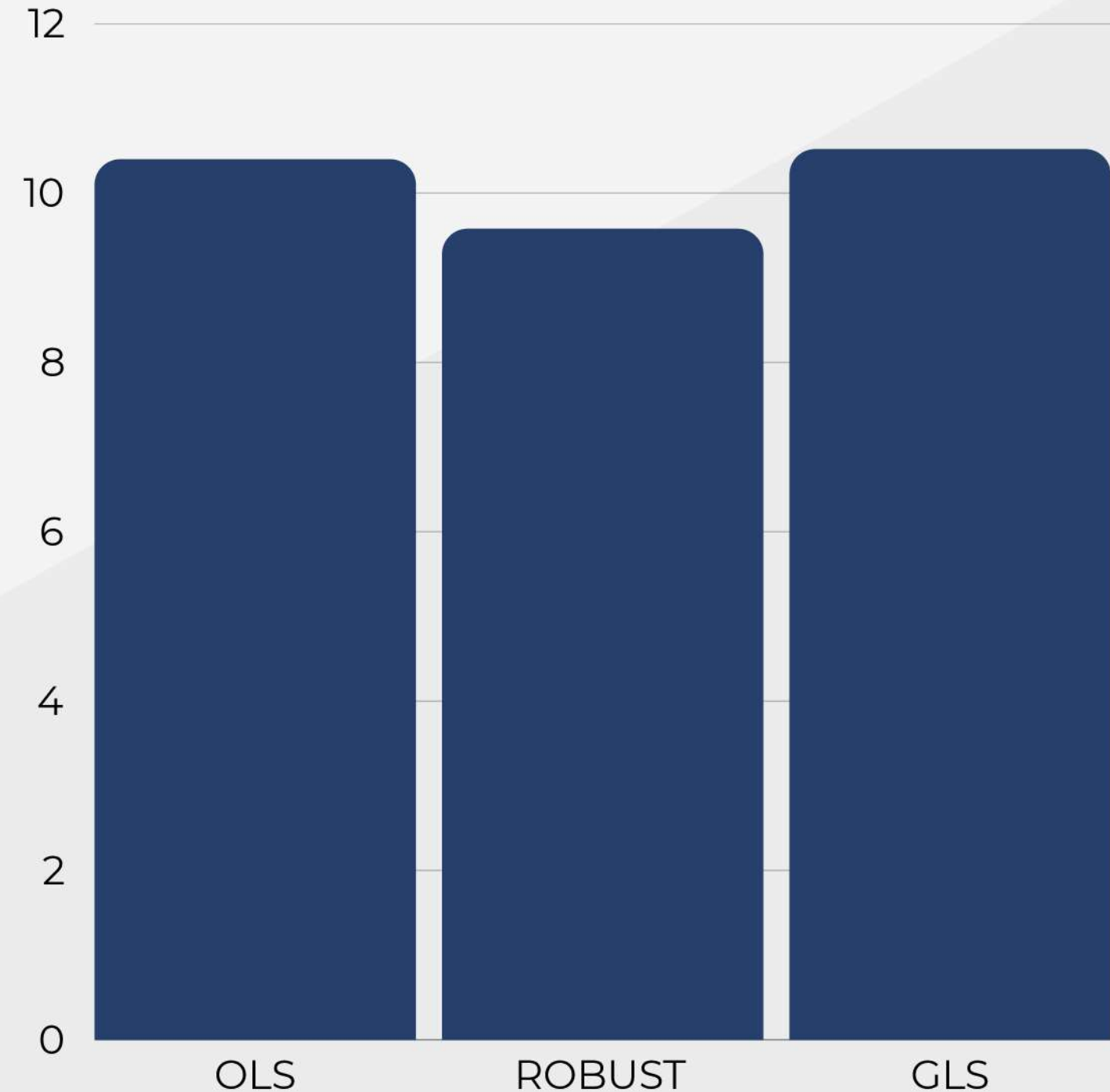
Model GLS ini menghasilkan persamaan regresi dengan RSE sebesar 10.52 MPa, sedikit lebih tinggi dibandingkan OLS (10.4 MPa). Keunggulan GLS terletak pada kemampuannya menangani heteroskedastisitas dan autokorelasi, sehingga memberikan hasil yang lebih dapat diandalkan untuk data dengan pola residual yang tidak memenuhi asumsi OLS.





# PEMILIHAN MODEL TERBAIK

Model OLS dengan  $R^2$  0.6125 menjelaskan 61.25% variansi data, tetapi melanggar asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan autokorelasi, sehingga estimasinya kurang andal. Robust Regression memiliki RSE 9.586 MPa, lebih kecil dibanding OLS (10.4 MPa) dan GLS (10.52 MPa), menunjukkan akurasi prediksi yang lebih tinggi serta ketahanan terhadap outlier dan pelanggaran asumsi. Sementara itu, GLS menangani autokorelasi residual, tetapi akurasi tetap di bawah Robust Regression. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model Robust regression adalah model regresi yang terbaik untuk dataset yang digunakan.



## PERBANDINGAN RSE





# ***KESIMPULAN***

- Semua variabel memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan beton, kecuali Coarse Aggregate dan Fine Aggregate. Variabel Cement dan Age memberikan kontribusi positif terbesar, sementara Water memiliki pengaruh negatif signifikan.
- Model OLS melanggar asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan autokorelasi, sehingga kurang andal meski mampu menjelaskan 61.25% variansi data.
- Robust Regression memiliki akurasi terbaik (RSE 9.586 MPa), stabil terhadap outlier dan pelanggaran asumsi heteroskedastisitas, menjadikannya model terbaik untuk prediksi kekuatan beton.

- Gunakan Robust Regression untuk prediksi kekuatan beton, terutama jika data memiliki outlier.
- Kumpulkan data dengan distribusi variabel yang lebih merata untuk hasil prediksi lebih baik.
- Implementasikan model untuk mengoptimalkan material beton, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan efisiensi biaya.

# ***SARAN***







---

# THANK YOU

*Any question?*

