PILAR JURNAL TEKNIK SIPIL
Vol.20 No.01, Maret 2025
Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya
ISSN (Print) : 1907 - 6975; ISSN (Online) : 2722 - 2926
https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/index

PENGARUH VARIASI SERBUK BATU *SPLIT* SEBAGAI APLIKASI PEMANFAATN LIMBAH TERHADAP KARATERISTIK KUAT TEKAN MORTAR

Iqbal Trikopal[1]*, Yudid Jonathan[2], Zainuddin Muchtar[3], Kiky Rizky Amalia [3]

[1] CV. Ketapang Group
[2]CV. Prima Tegar Utama
[3] Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya

* *Email Korespondensi : iqballltrikopal12@gmail.com*

Naskah diterima : 21 Januari 2025. Disetujui: 04 Maret 2025. Diterbitkan : 30 Maret 2025

ABSTRACT

This research aims to study the utilization of residual stone powder from stone crushers as a substitute for sand in mortar mixtures and to analyze the effect of stone dust variations on the compressive strength characteristics of mortar. The stone powder variations used are 0%, 22%, 26%, 30%, 34%, and 38%, with a total of 72 samples. Compressive strength testing was conducted at 14 and 28 days of age with immersion using PDAM water and swamp water. The results showed that the optimal substitution of stone powder is between 22% - 36%. The highest compressive strength was obtained at a 22% variation with a value of 14.21 MPa (PDAM water) and 13.71 MPa (swamp water). Conversely, the lowest compressive strength was recorded at a 38% variation with a value of 6.15 MPa (PDAM water) and 5.75 MPa (swamp water). Immersion using PDAM water (pH 6.34) produced higher compressive strength values compared to swamp water (pH 4.36), indicating that water pH affects the final results of the mortar. This study recommends the use of stone powder as a sand substitute in mortar production to achieve good quality.

Keywords** : **Mortar, PDAM Water, Swap Water, Compressive Strengh

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan serbuk batu sisa dari *stone crusher* sebagai substitusi pasir dalam campuran mortar, serta menganalisis pengaruh variasi serbuk batu terhadap karakteristik kuat tekan mortar. Variasi serbuk batu yang digunakan adalah 0%, 22%, 26%, 30%, 34%, dan 38%, dengan total 72 sampel. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 dan 28 hari dengan perendaman menggunakan air PDAM dan air rawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi optimal serbuk batu adalah antara 22% - 36%. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 22% dengan nilai 14,21 MPa (air PDAM) dan 13,71 MPa (air rawa). Sebaliknya, kuat tekan terendah tercatat pada variasi 38% dengan nilai 6,15 MPa (air PDAM) dan 5,75 MPa (air rawa). Perendaman menggunakan air PDAM (pH 6,34) menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan air rawa (pH 4,36), menunjukkan bahwa pH air berpengaruh terhadap hasil akhir mortar. Penelitian ini memberikan rekomendasi penggunaan serbuk batu sebagai substitusi pasir dalam pembuatan mortar untuk mencapai kualitas yang baik.

Kata Kunci: Mortar, Serbuk Batu, Air PDAM, Air Rawa, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri beton di Indonesia sudah sangat maju dan berkembang. Perkembangan industri beton ini mengakibatkan meningkatnya penggunaan material. Selain beton, dalam kontruksi bangunan juga dikenal dengan istilah Mortar [1]. Dimana mortar ini terdiri dari agregat halus (pasir), semen dan air. Fungsi dari mortar ini adalah sebagai bahan pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu kontruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural [2].

Mortar adalah pasta campuran semen, pasir, dan air yang berguna untuk mengikat, mengisi, dan menutup celah yang tidak beraturan antara blok-blok bangunan seperti unit batu, batu bata, dan beton. Abu batu merupakan hasil sampingan dalam produksi batu pecah [3]. Agregat halus yang dihasilkan dari lokasi *stone crusher* dan mengandung sekitar 17% sampai 25% fraksi abu batu menunjukkan bahwa abu batu memiliki potensi yang signifikan untuk dimanfaatkan lebih lanjut dalam berbagai aplikasi konstruksi [4]. Dengan persentase yang cukup tinggi dalam agregat halus, abu batu dapat dianggap sebagai bahan tambahan yang berharga dalam industri konstruksi [5].

Serbuk batu adalah hasil dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan alat *stone crusher* [6]. dapat digunakan yaitu serbuk batu yang berasal dari hasil sampingan dalam produksi *crushed stone* pada industri *stone crusher* yang saat ini masih kurang pemanfaatannya, karena kurang diminati sebagai bahan material konstruksi beton [7].

Serbuk batu yang digunakan berasal dari PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Muara Enim. Sebagai upaya pemanfaatan limbah serbuk batu karena tidak dimanfaatkan perusahan industri *stone crusher* dan berpotensi di manfaatkan sebagai bahan campuran mortar, guna meminimalisir menumpuknya serbuk batu sisa dari pecahan batuan oleh *stone crusher* dapat digunakan sebagai substitusi pasir pada campuran mortar. Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan penelitian ini bertujuan agar hasil dari penelitian ini dapat mengetahui sifat karateristik dan visual mortar yang baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Waskita Beton Precast Tbk. Pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama 3 bulan, dimulai dari maret 2024 – juni 2024.

2.2 Material

Material yang dipakai dalam penelitian ini yakni menggunakan agregat halus Ex. Tanjung Lubuk, serbuk batu dari Perusahaan *Stone crusher* dari Muara Enim, dan semen OPC type 1 merek baturaja.

2.3 Jumlah Sampel

Adapun jumlah sampel yang dibuatkan sebanyak 72 sampel. Sampel ini di buat menggunakan serbuk batu substitusi pasir, yaitu 0%, 22%, 26%, 30% 34%, dan 38% dari volume total campuran mortar.

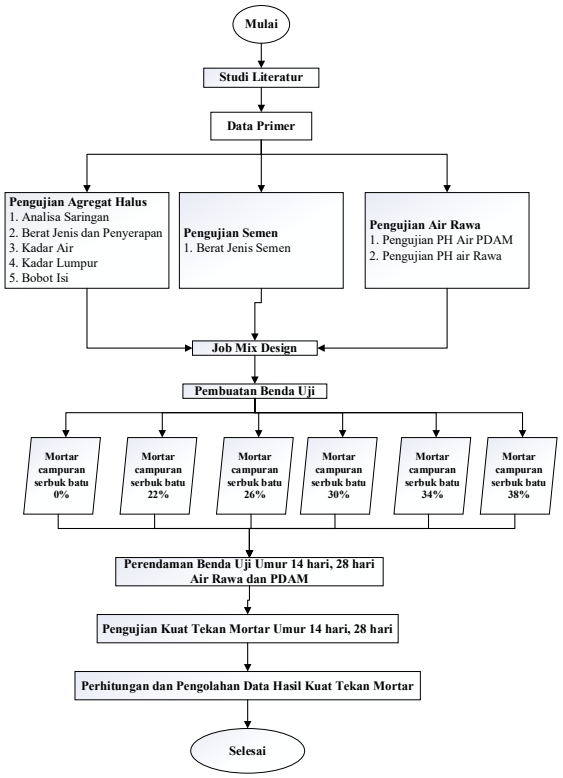
Tabel 1. Kebutuhan Sampel

Variasi Sampel	Jenis Air Rendaman				Jumlah Sampel
	PDAM		RAWA		
	Umur		Umur		
	14	28	14	28	
0%	3	3	3	3	12
22%	3	3	3	3	12
26%	3	3	3	3	12
30%	3	3	3	3	12
34%	3	3	3	3	12
38%	3	3	3	3	12
Total Sampel					72

Sumber: Data Analisa, 2024

2.4 Diagram Alir

Alur dari penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini.



Gambar 1. Digram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat halus.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Agregat Halus	Satuan
Analisa Saringan	2,15	-
Berat Jenis Kering	2,52	-
Berat Jenis SSD	2,55	-
Berat Jenis Semu	2,60	
Penyerapan	1,28	%
Kadar Air	3,24	%
Kadar Lumpur	1,60	%
Bobot Isi Gembur	1,29	gr/cm^3
Bobot Isi Padat	1,47	gr/cm^3

Sumber : hasil Pengujian, 2024

3.2 Hasil Pengujian Serbuk Batu

Penelitian ini menggunakan bahan substitusinya yakni serbuk batu. Hasil rekapitulasi pengujian serbuk batu pada tabel dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Batu Karang

Jenis Pengujian	Hasil Serbuk	Satuan
Analisa Saringan	2,77	-
Berat Jenis Kering	2,44	-
Berat Jenis SSD	2,51	-
Berat Jenis Semu	2,61	
Penyerapan	2,65	%
Kadar Air	1,29	%
Kadar Lumpur	0,70	%
Bobot Isi Gembur	1,23	gr/cm^3
Bobot Isi Padat	1,30	gr/cm^3

Sumber : hasil Pengujian, 2024

3.3 Hasil Pengujian Semen Portland

Penelitian menggunakan semen portland OCP type 1 merek batu raja, berikut hasil pengujiannya:

Tabel 4. Hasil Pengujian Semen Portland

Jenis Pengujian	Hasil Semen	Satuan
Berat Jenis Semen	3,15	gr/ml

Sumber : hasil Pengujian, 2024

3.4 Hasil Pengujian Ph Air PDAM dan Air Rawa

Berikut ini merupakan hasil pengujian Ph air, pengujian ini untuk mengetahui menilai kualitas air yang akan digunakan untuk perendaman untuk mortar.



Gambar 2. Pengujian Ph menggunakan eletrokda Ph meter



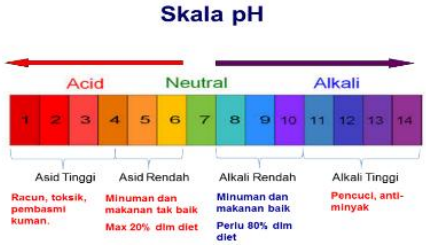
Gambar 3. Pengujian Ph air PDAM kertas lakmus

Berdasarkan pengujian menggunakan elektroda pH meter dan kertas lakmus pada sampel air PDAM. Didapatkan pH untuk air

PDAM sebesar 6,34 masuk pada kategori netral yang bisa dilihat pada gambar 2 Diatas.



Gambar 4. Pengujian Ph air rawa menggunakan elektroda ph meter



Gambar 5. Skala Ph air

Berdasarkan pengujian menggunakan elektroda pH meter dan kertas lakmus pada sampel air rawa. Didapatkan pH untuk air rawa sebesar 4,36 masuk pada kategori asam rendah yang bisa dilihat pada gambar 4 Diatas.

3.5 Perencanaan Campuran Mortar

Berikut ini merupakan perencanaan campuran mortar dalam pengujian ini:

1. Menetapkan perbandingan semen dengan pasir 1:4.
2. Menetapkan faktor air semen 0,5.
3. Menentukan kebutuhan material dalam satuan Kg dengan cara:

a. Menetapkan jumlah semen 3150 Kg, setelah itu menentukan pasir dengan:
Pasir = jumlah semen x 4 (perbandingan)
= 3150 x 4 = 12600 kg

b. Menetukan Kebutuhan air:
w/c = fas x jumlah semen Kg
= 0,5 x 3150
= 1575 Kg

4. Kebutuhan Volume dalam satuan liter :
Komposisi 1 m^3 dalam satuan Kg dikonversi m^3
Jumlah material (Kg): Volume material (ltr)
Semen = 3150:7516,18 = 0,4191 m^3
Pasir = 12600:7516,18 = 1,67638 m^3
Air = 1575:7516,18 = 0,20955 m^3

5. Komposisi material 1 m^3 dalam satuan Kg
Jumlah material (m^3) x 1000
Semen = 0,41910 x 1000 = 419 Kg
Pasir = 1,676338 x 1000 = 1676 Kg
Air = 0,209955 x 1000 = 210 Kg

Tabel 5. Proporsi Campuran Mortar Untuk 1 m^3

Desain Proporsi Campuran	Jumlah Material (m^3)
Semen OPC *Type* 1	419
Pasir Ex. Tanjung Lubuk	1676
Air Ex. Sukomoro	210

Sumber : hasil Perhitungan, 2024

Berikut ini proposi hitungan untuk sampel mortar normal

Semen = jumlah semen x kebutuhan
= 419 m^3 x (12 x 0,001575 x 1,05)
= 659,925 gram

Pasir = jumlah semen x kebutuhan trial
= 1676 m^3 x (12 x 0,001575 x 1,05)
= 2639,700 gram

Air = jumlah semen x kebutuhan trial
= 210 m^3 x (12 x 0,000125 x 1,3)
= 330,750 gram

Proposi persentase campuran, berikut hasil perhitungannya:

Campuran serbuk batu 22%
= agregat halus x 22% : 100
= 579,53 gram

Campuran serbuk batu 26%
= agregat halus x 26% : 100
= 684,90 gram

Campuran serbuk batu 30%
= agregat halus x 30% : 100
= 790,27 gram

Campuran serbuk batu 34%
= agregat halus x 34% : 100
= 895,63 gram

Campuran serbuk batu 38%
= agregat halus x 38% : 100
= 1001,01 gram

Dari hasil perhitungan komposisi bahan yang diperoleh yang didapatkan pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Komposisi Variasi Serbuk Batu

Variasi Serbuk	Komposisi trial (gram)			
	Pasir	Serbuk Batu	Semen	Air
0%	2639,70	0	658,55	330,75
22%	2054,70	579,53	658,55	330,75
26%	1949,33	684,90	658,55	330,75

30%	1843,96	790,27	658,55	330,75
34%	1738,59	895,63	658,55	330,75
38%	1633,22	1001,00	658,55	330,75

Sumber : hasil Perhitungan, 2024

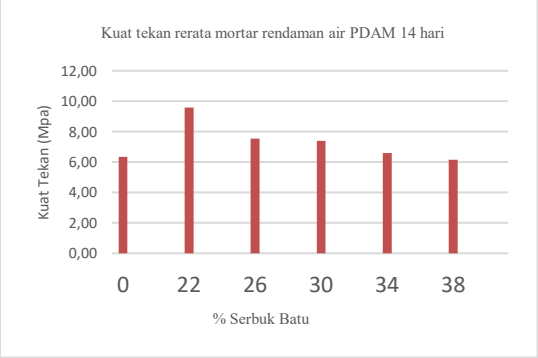
3.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada benda uji berumur 14 hari, dan 28 dengan variasi rendaman yaitu reendaman air PDAM dan air rawa dimana air PDAM dengan ph 6,34 dan air rawa dengan ph 4,36 Adapun lama rendaman yaitu 14 hari dan 28 hari.

Tabel 7. Kuat Tekan Mortar Rendaman Air PDAM Umur 14 Hari

Variasi Serbuk Batu	Lama rendaman	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
0%	14	15.9	6.36	6.35
		16.4	6.56	
		15.3	6.12	
22%	14	24.3	9.72	9.58
		23.7	9.48	
		23.85	9.54	
26%	14	18.5	7.40	7.54
		20.15	8.06	
		17.88	7.15	
30%	14	18.29	7.32	7.39
		19.82	7.93	
		17.28	6.91	
34%	14	15.75	6.30	6.60
		17.11	6.84	
		16.65	6.66	
38%	14	15.71	6.28	6.15
		15.27	6.11	
		15.18	6.07	

Sumber : hasil Perhitungan, 2024



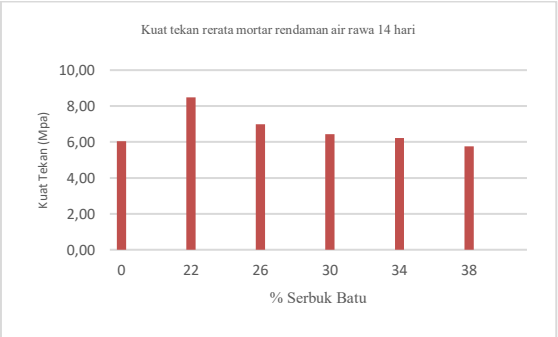
Gambar 6. Diagram Kuat Tekan Rata-rata Mortar Perendaman Air PDAM 14 Hari

Dapat dilihat pada gambar 6 diatas tersebut menunjukkan bahwa variasi persentase serbuk batu mempengaruhi kuat tekan pada mortar setelah 14 hari. Variasi 22% memiliki kuat tekan tertinggi mendekati 10 MPa, sedangkan 38% terendah mendekati 6 MPa. Secara umum, kuat tekan mortar berkisar antara 6 hingga 9 MPa.

Tabel 8. Kuat Tekan Mortar Rendaman Air Rawa Umur 28 Hari

Variasi Serbuk Batu	Lama rendaman	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
`0%	14	15.4	6.16	6.05
		15.11	6.04	
		14.87	5.95	
22%	14	21.56	8.62	8.48
		21.13	8.45	
		20.94	8.38	
26%	14	17	6.80	6.99
		17.9	7.16	
		17.5	7.00	
30%	14	16.25	6.50	6.44
		15.82	6.44	
		15.97	6.39	
34%	14	15.53	6.21	6.21
		15.42	6.17	
		15.64	6.26	
38%	14	14.2	5.68	5,75
		14.55	5.82	
		14.4	5,76	

Sumber : hasil Perhitungan, 2024



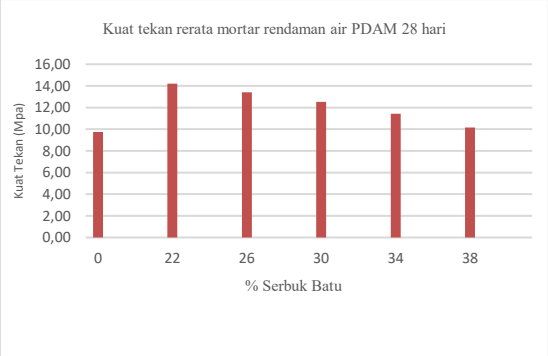
Gambar 6. Diagram Kuat Tekan Rata-rata Mortar Perendaman Air Rawa 14 Hari

Dapat dilihat pada gambar 6 diatas tersebut menunjukkan bahwa variasi persentase serbuk batu berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan mortar setelah 14 hari. Variasi 22% mencatat kuat tekan tertinggi sekitar 8.5 MPa, sementara 38% mencatat yang terendah sekitar 5.5 MPa. Secara keseluruhan, kuat tekan mortar berkisar antara 5.5 hingga 8.5 MPa.

Tabel 9. Kuat Tekan Mortar Rendaman Air PDAM 28 Hari

Variasi Serbuk Batu	Lama rendaman	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
`0%	14	24.22	9.69	9.75
		24.6	9.84	
		24.32	9.73	
22%	14	36.21	14.48	14.21
		34.81	13.92	
		35.55	14.22	
26%	14	33.36	13.34	13.42
		33.68	13.47	
		33.63	13.45	
30%	14	32	12.80	12.51
		31.7	12.68	
		30.16	12.06	
34%	14	28.85	11.54	11.43
		27.03	10.81	
		29.82	11.93	
38%	14	24.64	9.86	10.17
		25.65	10.26	
		25.98	10.39	

Sumber : hasil Perhitungan, 2024



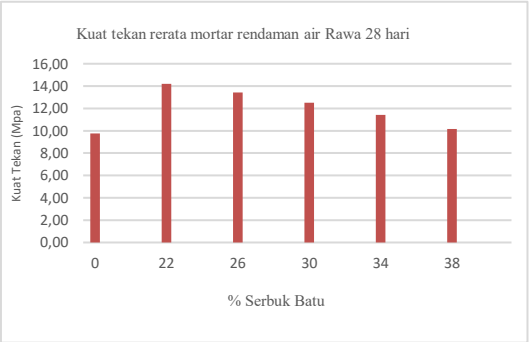
Gambar 7. Diagram Kuat Tekan Rata-rata Mortar Perendaman Air PDAM 28 Hari

Dapat dilihat pada gambar 7 diatas menunjukkan bahwa variasi persentase serbuk batu mempengaruhi kuat tekan mortar setelah 28 hari. 22% mencatat kuat tekan tertinggi mendekati 10 MPa, sementara 38% terendah sekitar 6 MPa. Secara keseluruhan, kuat tekan mortar berkisar antara 6 hingga 9 MPa.

Tabel 10. Kuat Tekan Mortar Rendaman Air Rawa 28 Hari

Variasi Serbuk Batu	Lama rendaman	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
`0%	14	23.90	9.56	9.88
		24.10	9.64	
		26.10	10.44	
22%	14	35.80	14.32	13.71
		33.71	13.48	
		33.31	13.32	
26%	14	33.90	13.56	12.97
		31.89	12.76	
		31.50	12.60	
30%	14	28.90	11.56	11.68
		30.40	12.16	
		28.30	11.32	
34%	14	26.20	10.48	10.76
		28.11	11.24	
		26.41	10.56	
38%	14	24.21	9.68	9.51
		23.79	9.52	
		23.31	9.32	

Sumber : hasil Perhitungan, 2024

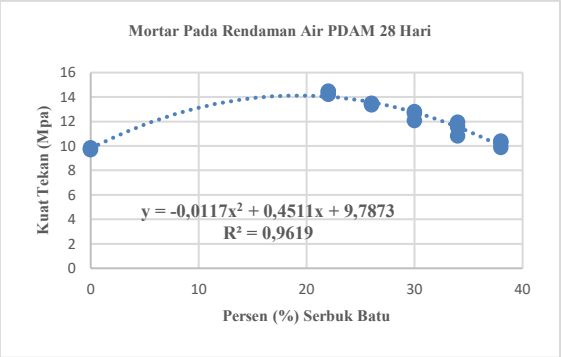


Gambar 8. Diagram Kuat Tekan Rata-rata Mortar Perendaman Air Rawa 28 Hari

Dapat dilihat pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa variasi persentase serbuk batu mempengaruhi kuat tekan mortar setelah 28 hari. 22% mencatat kuat tekan tertinggi mendekati 10 MPa, sementara 38% terendah sekitar 6 MPa. Secara keseluruhan, kuat tekan mortar berkisar antara 6 hingga 9 MPa, dengan 22% sebagai komposisi paling optimal. Penggunaan serbuk batu dalam campuran mortar meningkatkan kekuatan material secara signifikan pada rendaman air Rawa.

3.8 Analisis dan Pembahasan Regresi Substitusi Serbuk Batu

Pengujian dilakukan pada mortar dengan variasi serbuk batu sebesar 0%, 22%, 26%, 30%, 34%, dan 38%. Kuat tekan mortar diuji pada umur 14 dan 28 hari dengan perendaman dalam air PDAM dan air rawa. Hasil pengujian ini memberikan gambaran tentang bagaimana serbuk batu dan variasi rendaman air PDAM serta air rawa mempengaruhi kualitas dan kekuatan mortar seiring dengan bertambahnya umur mortar.



Gambar 9. Diagram Regrsi Mortar Serbuk Batu Rendaman Air PDAM Pada 28 Hari

Pada gambar 9 diatas adalah Diagram *scatter Polynomial order* 2, kuat tekan mortar terlihat bahwa variasi serbuk batu mengalami kenaikan sampai dengan 22% dan selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan yang signifikan. Dari hasil penelitian diperoleh persamaan dan nilai regresi.

Nilai persamaan adalah :

y = -0,0106x2 + 0,3882x + 9,9178

Keterangan :

y = nilai kuat tekan

x = persen serbuk batu

Nilai regresi adalah :

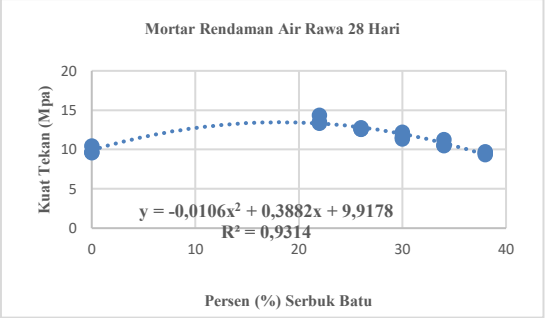
R2 = 0,9314

Tabel 9. Kuat Tekan Mortar Persentase Serbuk Batu Optimum Rendaman Air Rawa 28 Hari

% Serbuk Batu	Kuat Tekan (Mpa) y = -0,0011x2 + 0,4511x + 9,7873
0	9,79
5	11,75
10	13,13
15	13,92
20	14,13
25	13,75
30	12,79
35	11,24
40	9,11

Sumber : hasil Perhitungan, 2024

Dari nilai persamaan yang diperoleh dari grafik *scatter polynomial order* 2 maka didapatkan hasil perhitungan persentase serbuk batu optimum pada rendaman air PDAM 28 hari kuat tekan mortar mencapai nilai optimum pada persentase 20% dengan kuat tekan 14,13 Mpa.



Gambar 10. Diagram Regrsi Mortar Serbuk Batu Rendaman Air Rawa Pada 28 Hari

Tabel 10. Kuat Tekan Mortar Persentase Serbuk Batu Optimum Rendaman Air Rawa 28 Hari

% Serbuk Batu	Kuat Tekan (Mpa) y = -0,0106x2 + 0,3882x + 9,9178
0	9,92
5	11,59
10	12,74
15	13,36
20	13,44
25	13,00
30	12,02
35	10,52
40	8,49

Sumber : hasil Perhitungan, 2024

Dari nilai persamaan yang diperoleh dari grafik *scatter polynomial order* 2 maka didapatkan hasil perhitungan persentase serbuk batu optimum pada rendaman air PDAM 28 hari kuat tekan mortar mencapai nilai optimum pada persentase 20% dengan kuat tekan 13,44 Mpa.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium PT. Waskita Beton Precast Tbk, Plant Gasing maka dapat diambil beberapa yang disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan serbuk batu sebagai bahan pengganti material pasir pada beberapa proporsi mengalami kenaikan yang di tandai dengan naiknya hasil pengujian tekan didapatkan nilai rerata tertinggi pada variasi 22% sebesar 17,59 Mpa untuk air

PDAM dan 16,77 Mpa untuk air rawa, sedangkan nilai kuat tekan terendah pada variasi 30% sebesar 12,12 Mpa air PDAM dan 11,68 Mpa untuk air rawa.

2. substitusi serbuk batu sebesar 20% menghasilkan nilai kuat tekan mortar tertinggi, yaitu sekitar 14,13 MPa, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kuat tekan mortar pada persentase serbuk batu optimum dengan rendaman air PDAM 28 hari. Grafik scatter polynomial orde 2 menunjukkan bahwa persentase optimum serbuk batu ini mencapai keseimbangan terbaik antara kekuatan dan kualitasnya.
3. Dapat disimpulkan bahwa perendaman benda uji mortar yang menggunakan air PDAM dengan pH 6,34 yang berarti air netral mendapatkan nilai lebih tinggi pada saat pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari variasi serbuk batu 22% sebesar 18,48 Mpa, sedangkan air rawa dengan pH 4,36 yang berarti asam rendah pada umur 28 hari variasi serbuk batu 22% sebesar 18,32 Mpa.

Daftar Pustaka

[1] Aditya. 1990. Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Halus. Bandung: Bdan Standarisasi Indonesia, 1-17.

[2] Anggrainya, R. dkk. 20223. Pemanfataan Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Semen Untuk Campuran Mortar. Jurnal Teknik Sipil. Unpal. Vol. 13. No. 2.

[3] Astuti, N. 2024. Pengaruh Proporsi Penggunaan Serbuk Batu Sebagai Pengganti Pasir Pada Mortar.

[4] Azizudin, A. dkk. 2023. Sigma : Jurnal Teknik Sipil Prodi Teknik Sipil Fatek Ummat. Analisis Pengaruh Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Normal. Vol. 3, Issue 2.

[5] Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1970-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

[6] Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.

[7] Celik, T. & Marar, K. 1996. *Effects Of Crushed Stone Dust on Some Properties Of Concrete, Cement and Concrete Research.* Vol. 26, No.7. Pergamon.