

Optimasi Penggunaan Agregat Kasar Gabungan Pada Campuran Beton Dengan Tambahan *Superplasticizer*

Samuel Layang¹⁾, Wiratno²⁾, Petrisly Perkasa³⁾, Henra Hartako⁴⁾, Rido⁵⁾
^{1,2,3,4,5)}Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Palangka Raya

Email: samuel.layang@ptb.upr.ac.id¹⁾, wiratno@ptb.upr.ac.id²⁾,
petris.perkasa@ptb.upr.ac.id³⁾, henrahartako11@gmail.com⁴⁾, ridho.ptb@gmail.com⁵⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i1.843>

(Received: November 2022 / Revised: February 2023 / Accepted: February 2023)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi agregat kasar gabungan Batu Banjarmasin dan Batu Merak dengan tambahan *superplasticizer* yang memberikan kuat tekan optimum. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan penelitian di laboratorium menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Terdapat 2 jenis campuran yaitu campuran beton tanpa *superplasticizer* dan campuran beton dengan tambahan *superplasticizer*. Masing-masing campuran tersebut terdiri dari 4 variasi campuran. Berdasarkan hasil pengujian beton tanpa *superplasticizer* kuat tekan optimum dicapai pada campuran dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak sebesar 27,10 MPa. Kuat tekan beton dengan proporsi campuran 60% Batu Banjarmasin-40% Batu Merak, 70% Batu Banjarmasin-30% Batu Merak, 80% Batu Banjarmasin-20% Batu Merak berturut-turut 24,61 MPa; 22,09 MPa dan 19,29 MPa. Kuat tekan optimum beton dengan tambahan *superplasticizer* dicapai pada campuran dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak sebesar 37,18 MPa. Kuat tekan beton dengan proporsi campuran 60% Batu Banjarmasin-40% Batu Merak, 70% Batu Banjarmasin-30% Batu Merak, 80% Batu Banjarmasin-20% Batu Merak berturut-turut 31,51 MPa; 24,25 MPa dan 25,34 MPa. Campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* memberikan hasil kuat tekan yang lebih besar dibanding campuran beton tanpa *superplasticizer*.

Kata kunci: *Sifat fisik agregat, agregat kasar, kuat tekan, superplasticizer*

Abstract

This study aims to obtain the composition of the combined coarse aggregate of Banjarmasin Stone and Merak Stone with the addition of superplasticizer which provides optimum compressive strength. To achieve this goal, research was carried out in the laboratory using cylindrical specimens with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm. There are 2 types of mixtures, namely concrete mixtures without superplasticizers and concrete mixtures with the addition of superplasticizers. Each of these mixtures consists of 4 variations of the mixture. Based on the test results of concrete without superplasticizer, the optimum compressive strength was achieved in a mixture with a percentage of 50% Banjarmasin Stone-50% Merak Stone of 27.10 MPa. The compressive strength of concrete with a mixture proportion of 60% Banjarmasin Stone-40% Merak Stone, 70% Banjarmasin Stone-30% Merak Stone, 80% Banjarmasin Stone-20% Merak Stone respectively 24.61 MPa; 22.09 MPa and 19.29 MPa. The optimum compressive strength of concrete with the addition of superplasticizer was achieved in a mixture with a percentage of 50% Banjarmasin Stone-50% Merak Stone of 37.18 MPa. The compressive strength of concrete with a mixture proportion of 60% Banjarmasin Stone-40% Merak Stone, 70% Banjarmasin Stone-30% Merak Stone, 80%

Banjarmasin Stone-20% Merak Stone respectively 31.51 MPa; 24.25 MPa and 25.34 MPa. Concrete mixes with the addition of superplasticizers give greater compressive strength results than concrete mixes without superplasticizers.

Keywords: aggregate physical properties, coarse aggregate, compressive strength, superplasticizer

1. Latar Belakang

Beton merupakan material yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi seperti gedung, jembatan, perkerasan kaku pada jalan (Kuntari, Lingga and Supriyadi, 2019) (Nanda, Chandra and Maulani, 2022). Hal ini disebabkan karena beberapa kelebihan beton diantaranya bahan penyusunnya (pasir, kerikil) mudah diperoleh dan mudah dibentuk (Polii, Sumajouw and Windah, 2015).

Beton dibuat sesuai dengan peruntukannya, ada yang bersifat struktural dan non struktural. Beton struktural mempunyai kuat tekan lebih dari 17 MPa (ACI 318, 2019) yang mana kuat tekan beton banyak dipengaruhi oleh kualitas material penyusun seperti semen, pasir, kerikil dan air (Amelia dkk, 2021). Adakalanya digunakan gabungan dua jenis agregat kasar atau agregat halus untuk mendapatkan mutu beton yang lebih baik.

Untuk pekerjaan tertentu yang mensyaratkan beton mutu tinggi maka digunakan bahan tambah (*additive*). Bahan tambah digunakan dalam campuran beton untuk mengubah sifat-sifat beton sehingga sesuai untuk pekerjaan tertentu. Salah satu bahan tambah yang digunakan adalah *superplasticizer*. *Superplasticizer* berfungsi untuk mengurangi jumlah air dalam campuran beton (Edward G. Nawy, 2009) dan berpengaruh dalam meningkatkan *workabilitas*, menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadi pemisahan (*segregasi/bleeding*) (Utami, Herbudiman and Irawan, 2017).

Gupta dkk melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton *geopolimer* yang menggunakan *superplasticizer* dengan tambahan 1%, 2% dan 3% dari berat semen. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa peningkatan kuat tekan beton berbanding lurus dengan penambahan *superplasticizer* (Gupta et al., 2020). Penelitian yang menggunakan *superplasticizer* dalam beton juga dilakukan oleh Umiati dkk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan tambahan *superplasticizer* mempunyai kuat tekan yang lebih besar dibanding tanpa *superplasticizer*. Untuk mutu beton 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 50 MPa terjadi peningkatan berturut-turut sebesar 7%, 35%, 45% dan 37% (Umiati, Thamrin and Harti, 2019). Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Alkhaly dan Fedriansyah membuktikan bahwa dengan menambahkan *superplasticizer* dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan. Penambahan *superplasticizer* 0,5%, 1% dan 2% dapat meningkatkan kuat tekan 17% - 33% dari kuat tekan beton normal (Alkhaly and Fedriansyah, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi agregat kasar gabungan Batu Banjarmasin dan Batu Merak dengan tambahan *superplasticizer* yang memberikan kuat tekan optimum dan memenuhi kuat tekan rencana. Penggunaan agregat kasar gabungan didasari oleh harga Batu Merak yang lebih mahal dibandingkan Batu Banjarmasin. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan konstruksi adalah biaya yang murah dengan tetap mengutamakan mutu pekerjaan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan sepenuhnya di UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Tengah. Semen yang digunakan adalah semen portland pozzolan (PPC) produksi PT. Semen Gresik. Agregat kasar yang digunakan terdiri dari 2 jenis yaitu Batu Banjarmasin dan Batu Merak yang mana proporsi agregat kasar merupakan variabel bebas. Agregat halus yang digunakan berasal dari Tangkiling dan *Superplasticizer* yang digunakan jenis *polycarboxylate* Dynamon NRG 1030 produksi MAPEI (Mapei, 2020). Mutu beton yang direncanakan sebesar 30 MPa.

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Campuran beton dibedakan menjadi 2, yaitu campuran beton tanpa *superplasticizer* (sebagai kontrol) dan campuran beton dengan tambahan *superplasticizer*. Masing-masing campuran terdiri dari 12 buah benda uji. Baik campuran beton tanpa *superplasticizer* (sebagai kontrol) dan campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* masing-masing terdiri dari 4 variasi campuran yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Benda uji silinder tanpa *superplasticizer*

Kode	% Agregat kasar		Jumlah Sampel	Umur Pengujian
	Batu Banjarmasin	Batu Merak		
A	50	50	3 bh	14 Hari
B	60	40	3 bh	
C	70	30	3 bh	
D	80	20	3 bh	

Benda uji silinder tanpa menggunakan *superplasticizer* terdiri dari campuran A, B, C dan D yang mana masing-masing variasi campuran tersebut terdiri dari tiga benda uji.

Tabel 2 Benda uji silinder dengan tambahan *superplasticizer*

Kode	% Agregat kasar		Jumlah Sampel	Umur Pengujian
	Batu Banjarmasin	Batu Merak		
E	50	50	3 bh	14 Hari
F	60	40	3 bh	
G	70	30	3 bh	
H	80	20	3 bh	

Sama halnya dengan benda uji silinder tanpa menggunakan *superplasticizer* benda uji silinder dengan tambahan *superplasticizer* terdiri dari 4 variasi campuran yaitu E, F, G dan H dan masing-masing variasi campuran tersebut terdiri dari tiga benda uji.

Pengujian sifat agregat terbatas pada sifat fisik berupa pemeriksaan gradasi, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan. Perhitungan kadar air menggunakan persamaan berikut (BSN, 2011).

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = kadar air (%)

W₁ = massa benda uji (gr)

W₂ = massa benda uji kering oven (gr)

Berat jenis kering permukaan jenuh dan penyerapan agregat kasar dihitung dengan persamaan berikut (BSN, 2008a).

$$BJ_k = \frac{B}{B - C} \quad (2)$$

Keterangan:

BJ_k = berat jenis kering permukaan jenuh agregat kasar

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

C = berat benda uji dalam air (gr)

$$Penyerapan_k = \frac{B - A}{B} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

A = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

Berat jenis kering permukaan jenuh dan penyerapan agregat halus dihitung dengan persamaan berikut (BSN, 2008b).

$$BJ_p = \frac{A}{B + S - C} \quad (4)$$

Keterangan:

BJ_p = berat jenis kering permukaan jenuh agregat halus

A = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer yang berisi air (gr)

C = berat piknometer dengan benda uji (gr)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

$$Penyerapan_p = \frac{S - A}{A} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan

A = berat benda uji kering oven (gr)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) berdasarkan *American Concrete Institute ACI 211.1-91 (Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete)* dengan mutu beton rencana sebesar 30 MPa. Adapun tahapan perencanaan campuran sebagai berikut (ACI 211.1-91, 2002):

1. Menentukan nilai slump
2. Menentukan ukuran maksimum agregat
3. Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kandungan kadar udara
4. Pemilihan rasio air semen
5. Penentuan banyaknya semen
6. Perkiraan banyaknya agregat kasar
7. Menentukan banyaknya agregat halus dan udara
8. Koreksi terhadap kandungan air

Proses pencampuran material dilakukan secara mekanis menggunakan *mixer* agar material tercampur secara merata. Hal ini akan berpengaruh pada mutu beton. Pencampuran material menggunakan *mixer* memberikan mutu beton yang lebih baik dibandingkan pencampuran dengan cara manual (Rahmadi *et al.*, 2017). Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam dalam bak air. Perawatan dilakukan selama 14 hari, hal ini untuk menjamin proses pengeringan dapat merata sehingga mengurangi retak awal pada benda uji. Selain itu dapat menghambat proses hidrasi pada saat awal pengikatan (Mulyati and Arkis, 2020).

Pengujian benda uji dilakukan setelah beton kering. Silinder beton diuji dengan alat uji tekan, dengan mengatur kecepatan pembebanan agar konstan. Dari hasil pengujian ini akan diperoleh besarnya beban ultimit pada saat silinder mengalami kehancuran.

Kuat tekan beton (f'_c) ditentukan dengan benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) yang dinyatakan dalam satuan MPa (Mega Pascal) (BSI, 2002). Kuat tekan beton dirumuskan sebagai berikut (Ali, 2010):

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (6)$$

Keterangan

σ_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang beton (mm²)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sifat Fisik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan terdiri dari 2 jenis, yaitu Batu Banjarmasin dan Batu Merak. Sifat fisik yang teliti adalah pemeriksaan gradasi butiran (analisa saringan) yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4, kadar air, berat jenis dan penyerapan.

Tabel 3 Analisa gradasi batu banjarmasin

Lubang Saringan		Percobaan 1				Percobaan 2			
		Tertahan		Kumulatif		Tertahan		Kumulatif	
in	mm	gram	%	Tertahan	Lolos	gram	%	Tertahan	Lolos
1 1/2"	38,10	0	0	0	100	0	0	0	100
1"	25,40	0	0	0	100	0	0	0	100
3/4"	19,10	340,50	6,86	6,86	93,14	201,60	4,15	4,15	95,85
1/2"	12,70	2380,50	47,93	54,78	45,22	2533,50	52,15	56,30	43,70
3/8"	9,60	1143,00	23,01	77,80	22,20	1006,00	20,71	77,01	22,99
4	4,75	866,90	17,45	95,25	4,75	825,00	16,98	93,99	6,01
8	2,36	235,80	4,75	100	0	291,90	6,01	100	0
16	1,18	0	0	100	0	0	0	100	0
30	0,60	0	0	100	0	0	0	100	0
50	0,30	0	0	100	0	0	0	100	0
100	0,15	0	0	100	0	0	0	100	0
		4966,7		734,69		4858		731,45	

Masing-masing parameter pengujian tersebut dilakukan sebanyak 2 kali kemudian diambil nilai rata-rata.

Tabel 4 Analisa gradasi batu merak

Lubang Saringan		Percobaan 1				Percobaan 2			
in	mm	Tertahan		Kumulatif		Tertahan		Kumulatif	
		gram	%	Tertahan	Lolos	gram	%	Tertahan	Lolos
1 ½"	38,10	0	0	0	100	0	0	0	100
1 "	25,40	1160,30	23,40	23,40	76,60	664,30	14,05	14,05	85,95
¾ "	19,10	1407,40	28,38	51,78	48,22	1007,10	21,30	35,35	64,65
½ "	12,70	1546,40	31,18	82,96	17,04	1563,20	33,07	68,42	31,58
3/8"	9,60	586,60	11,83	94,79	5,21	826,30	17,48	85,90	14,10
4	4,75	258,50	5,21	100	0	666,70	14,10	100	0
8	2,36	0	0	100	0	0	0	100	0
16	1,18	0	0	100	0	0	0	100	0
30	0,60	0	0	100	0	0	0	100	0
50	0,30	0	0	100	0	0	0	100	0
100	0,15	0	0	100	0	0	0	100	0
		4959,2		852,92		4727,6		803,72	

Selanjutnya rekapan hasil pengujian sifat fisik agregat kasar (Batu Banjarmasin dan Batu Merak) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Sifat fisik agregat kasar

No	Parameter	Batu Banjarmasin	Batu Merak
1	Ukuran maksimum	19 mm	25 mm
2	Modulus kehalusan	7,33	8,28
3	Berat jenis kondisi SSD	2,65	2,62
4	Penyerapan	0,68	0,76
5	Kadar Air	0,99	1,61

Berdasarkan Tabel 5, Batu Merak memiliki ukuran yang lebih besar dibanding Batu Banjarmasin. Ukuran maksimum Batu Merak tertahan pada saringan 1" (25 mm) sedangkan ukuran maksimum Batu Banjarmasin tertahan pada saringan ¾" (19 mm) hal ini tentu berpengaruh pula pada nilai modulus kehalusan di mana nilai modulus kehalusan Batu Merak lebih besar dibanding Batu Banjarmasin.

Selanjutnya berat jenis kondisi SSD (*saturated surface dry*) Batu Banjarmasin dan Batu Merak memiliki nilai yang hampir sama. Namun untuk nilai penyerapan (*absorpsi*) dan kadar air Batu Merak lebih besar dibanding Batu Banjarmasin.

3.2 Sifat Fisik Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan hanya satu jenis, yaitu Pasir Tangkiling. Pengujian sifat fisik agregat halus sama seperti pada agregat kasar, yang terdiri dari pemeriksaan gradasi butiran (analisa saringan), kadar air, berat jenis dan penyerapan. Untuk setiap parameter, pengujian dilaksanakan sebanyak dua kali.

Tabel 6 Sifat fisik agregat halus

No	Parameter	Pasir Tangkiling
1	Modulus kehalusan	2,52
2	Berat jenis kondisi SSD	2,67
3	Penyerapan	0,40
4	Kadar Air	7,35

Berdasarkan Tabel 6, Pasir Tangkiling mempunyai nilai modulus kehalusan 2,52. Berbeda dengan agregat kasar, agregat halus harus lolos saringan 4,75 mm. Berat jenis kondisi SSD (*saturated surface dry*) sebesar 2,67. Berat jenis kondisi SSD Pasir Tangkiling memiliki nilai yang realtif sama dengan Batu Banjarmasin dan Batu Merak. Nilai penyerapan Pasir tangkiling sebesar 0,40 dan kadar air sebesar 7,35.

3.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton berdasarkan data hasil pengujian sifat fisik agregat kasar dan halus. Campuran beton terbagi menjadi 2, yaitu campuran tanpa bahan tambah *superplasticizer* dan campuran dengan bahan tambah *superplasticizer* yang mana kedua jenis campuran tersebut direncanakan dengan mutu beton yang sama, 30 MPa. Proporsi campuran beton tanpa bahan tambah dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Proporsi campuran beton tanpa *superplasticizer* per m³

Prosentase Agregat Kasar (%)		Slump	PC (kg)	Batu Banjarmasin (kg)	Batu Merak (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	<i>Superplasticizer</i> (ltr)	<i>Density</i> (kg/m ³)	w/c
Banjarmasin	Merak									
50	50	12 ± 2	690	442	437	611	190	-	2370	0,27 5
60	40	12 ± 2	690	535	353	603	190	-	2371	0,27 5
70	30	12 ± 2	690	629	267	596	190	-	2372	0,27 5
80	20	12 ± 2	690	635	269	589	190	-	2372	0,27 5

Berdasarkan hasil perhitungan, untuk 1 m³ campuran beton dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak membutuhkan 690 kg semen portland, 442 kg Batu Banjarmasin, 437 Batu Merak, 611 kg pasir, 190 kg air dengan perkiraan *density* 2370 kg/m³. Semua variasi campuran mempunyai kandungan semen portland (PC) yang sama, yaitu 690 kg/m³. Demikian pula untuk kebutuhan air mempunyai jumlah yang sama sebesar 190 kg/m³ sehingga semua variasi campuran memiliki nilai faktor air semen (FAS) yang sama sebesar 0,275. Kebutuhan Batu Banjarmasin semakin banyak seiring dengan semakin besar prosentase penggunaan Batu Banjarmasin. Demikian pula kebutuhan Batu Merak semakin kecil seiring dengan semakin kecil prosentase penggunaan Batu Merak. Kebutuhan Pasir Tangkiling semakin berkurang seiring dengan berkurangnya prosentase penggunaan Batu Merak. Hal ini disebabkan karena ukuran Batu Merak lebih besar dibanding Batu Banjarmasin dengan kata lain semakin banyak prosentase Batu Banjarmasin maka volume rongga akan semakin berkurang. Rongga-rongga ini nantinya yang akan diisi oleh pasir. Kerapatan beton berkisar antara 2370 – 2372 kg/m³ yang dapat dikategorikan sebagai beton normal.

Selanjutnya proporsi campuran beton dengan bahan tambah *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Proporsi campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* per m³

Prosentase Agregat Kasar (%)		Slump	PC (kg)	Batu Banjarmasin (kg)	Batu Merak (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	<i>Super plasticizer</i> (ltr)	<i>Density</i> (kg/m ³)	w/c
Banjarmasin	Merak									
50	50	12 ± 2	690	465	460	643	160	3,10	2421	0,232
60	40	12 ± 2	690	563	371	635	160	3,10	2422	0,232
70	30	12 ± 2	690	663	281	627	160	3,10	2423	0,232
80	20	12 ± 2	690	764	189	620	160	3,10	2425	0,232

Berdasarkan hasil perhitungan campuran beton dengan tambahan *superplasticizer*, untuk 1 m³ campuran beton dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak membutuhkan 690 kg semen portland, 465 kg Batu Banjarmasin, 460 Batu Merak, 643 kg pasir, 160 kg air, *superplasticizer* sebanyak 3,1 liter dengan perkiraan *density* 2421 kg/m³. Pada campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* butuh semen untuk semua variasi campuran sama besar (690 kg) dan sama dengan kebutuhan semen untuk campuran beton tanpa menggunakan tambahan *superplasticizer*. Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 dapat diketahui bahwa jumlah agregat kasar dan agregat halus pada campuran dengan tambahan *superplasticizer* lebih besar dibanding campuran tanpa *superplasticizer* hal ini menyebabkan *density* campuran dengan tambahan *superplasticizer* lebih besar dibanding campuran tanpa menggunakan *superplasticizer*. Selain itu kebutuhan air campuran dengan tambahan *superplasticizer* lebih kecil (160 kg) dibanding campuran tanpa *superplasticizer* (190 kg) hal ini disebabkan karena *superplasticizer* dapat mereduksi penggunaan air (Flatt and Schober, 2012).

3.4 Kuat Tekan Beton Tanpa Bahan Tambah Superplasticizer

Nilai kuat tekan beton diperoleh dari hasil uji tekan terhadap benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian benda uji dilaksanakan pada umur 14 hari. Hasil pengujian seperti pada Tabel 9. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan benda uji silinder pada umur 14 hari pada kombinasi 50% Batu Banjarmasin dan 50% Batu Merak diperoleh nilai rata-rata sebesar 27,10 MPa. Benda uji A1 memiliki kuat tekan 32,64 MPa yang lebih besar dari mutu beton rencana sebesar 30 MPa meskipun diuji pada umur 14 hari. Komposisi 60% Batu Banjarmasin dan 40% Batu Merak nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,61 MPa. Untuk komposisi 70% Batu Banjarmasin dan 30% Batu Merak nilai kuat tekan rata-rata sebesar 22,09 MPa dan untuk komposisi 80% Batu Banjarmasin dan 20% Batu Merak nilai kuat tekan rata-rata sebesar 19,29 MPa.

Tabel 9 Hasil pengujian benda uji untuk campuran beton tanpa menggunakan *superplasticizer*

Kombinasi Kerikil (%)		Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
Bjm	Merak					
50	50	A1	12,42	576,800	32,64	27,10
		A2	12,22	395,555	22,38	
		A3	12,34	464,289	26,27	
60	40	B1	12,40	475,052	28,88	24,61
		B2	12,42	424,230	24,01	
		B3	12,32	405,543	22,95	

Kombinasi Kerikil (%)		Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
Bjm	Merak					
70	30	C1	12,24	360,173	20,38	22,09
		C2	12,26	329,174	18,63	
		C3	12,22	481,930	27,27	
80	20	D1	12,42	315,559	17,86	19,29
		D2	12,46	289,493	16,38	
		D3	12,24	417,587	23,63	

3.5 Kuat Tekan Beton dengan Tambahan *Superplasticizer*

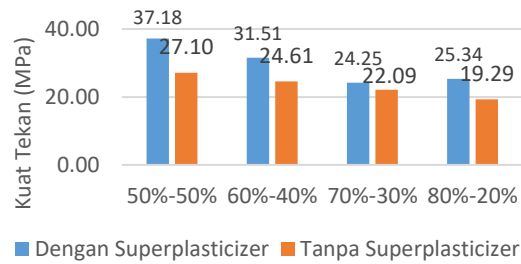
Seperti halnya pada campuran beton tanpa bahan tambah, nilai kuat tekan campuran beton yang menggunakan tambahan *superplasticizer* diperoleh dari pengujian silinder beton pada umur 14 hari yang diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil pengujian benda uji untuk campuran beton yang menggunakan *superplasticizer*

Kombinasi Kerikil (%)		Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
Bjm	Merak					
50	50	E1	12,58	638,828	36,15	37,18
		E2	12,66	701,291	39,68	
		E3	12,66	631,160	35,72	
60	40	F1	12,70	583,491	33,02	31,51
		F2	12,62	347,087	19,64	
		F3	12,58	740,056	41,88	
70	30	G1	12,66	557,054	31,52	24,25
		G2	12,78	311,136	17,61	
		G3	12,52	417,362	23,62	
80	20	H1	12,78	495,953	28,07	25,34
		H2	12,70	464,237	26,27	
		H3	12,88	382,938	21,67	

Berdasarkan Tabel 10 kuat tekan beton dengan campuran 50% Batu Banjarmasin dan 50% Batu Merak memiliki nilai rata-rata paling besar dibanding dengan tiga variasi campuran lainnya bahkan tiga benda uji dalam kelompok ini memiliki kuat tekan yang lebih besar dari mutu beton rencana (30 MPa). Untuk beton dengan campuran 60% Batu Banjarmasin dan 40% Batu Merak, kuat tekan rata-rata sebesar 31,51 MPa. Selanjutnya untuk beton dengan campuran 70% Batu Banjarmasin dan 30% Batu Merak, kuat tekan rata-rata sebesar 24,25 MPa. Untuk beton dengan campuran 80% Batu Banjarmasin dan 20% Batu Merak, kuat tekan rata-rata sebesar 25,34 MPa. Benda uji F2 memiliki kuat tekan yang berbeda secara signifikan dengan benda uji F1 dan F3, demikian pula untuk benda uji G2 pada kelompok campuran G. Salah satu kemungkinan penyebab adalah distribusi agregat kasar yang tidak merata.

Apabila dibandingkan antara campuran beton tanpa *superplasticizer* (Tabel 9) dan campuran yang menggunakan *superplasticizer* (Tabel 10) maka terdapat kecenderungan (*trend*) yang berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan dan tanpa *superplasticizer*

Campuran beton yang tidak menggunakan *superplasticizer* memiliki kecenderungan nilai kuat tekan akan berkurang seiring bertambahnya prosentase Batu Banjarmasin. Dengan kata lain semakin berkurangnya ukuran maksimum agregat dapat mengurangi kuat tekan. Berdasarkan hasil analisa saringan ukuran maksimum Batu Banjarmasin lebih kecil dibanding Batu Merak hal ini sejalan dengan hasil penelitian Seddik dkk yang menyatakan bahwa kuat tekan beton dapat bertambah seiring dengan bertambahnya ukuran maksimum agregat (Seddik dkk, 2010). Untuk campuran yang menggunakan *superplasticizer* terdapat perbedaan pada campuran F dan G yang disebabkan data F2 dan G2 berbeda dengan kelompoknya namun dapat disimpulkan bahwa campuran beton tanpa menggunakan *superplasticizer* maupun yang menggunakan *superplasticizer* memiliki pola yang sama yaitu semakin banyak prosentase Batu Banjarmasin maka nilai kuat tekan akan semakin berkurang sebaliknya semakin sedikit prosentase Batu Banjarmasin maka nilai kuat tekan akan semakin besar.

Campuran beton yang menggunakan *superplasticizer* memiliki kuat tekan yang lebih besar dibanding campuran beton yang tidak menggunakan *superplasticizer* hal ini disebabkan dengan menambahkan *superplasticizer* dalam campuran dapat mengurangi penggunaan air tetapi tingkat kekentalan beton tetap terjaga sehingga mudah untuk dikerjakan (*workability*) pada tahap pengecoran dan pematatan. Campuran beton menggunakan *superplasticizer* memiliki nilai FAS 0,232 sedangkan tanpa menggunakan *superplasticizer* memiliki nilai FAS 0,275. Secara teori nilai FAS yang kecil akan memberikan kuat tekan yang lebih besar dibanding FAS yang besar. Air dalam beton akan mengalami proses penguapan, sehingga dapat mengakibatkan retak halus (*microcrack*) yang akan mengurangi kekuatan beton hal ini akan bertambah apabila proses pematatan tidak merata sehingga ada kemungkinan rongga-rongga dalam beton terisi dengan air apabila air ini menguap akan menyebabkan rongga-rongga tersebut menjadi kosong.

Selain kuat tekan dapat pula diketahui kerapatan (*density*) beton dengan menggunakan data berat masing-masing benda uji. Untuk campuran beton yang tidak menggunakan *superplasticizer* berat benda uji silinder berkisar antara 12,22 – 12,46 kg. Dengan data tersebut dapat diketahui nilai kerapatan beton sebesar 2325 kg/m³. Pada campuran beton yang menggunakan *superplasticizer* berat benda uji silinder berkisar antara 12,52 – 12,88 kg dengan nilai kerapatan beton sebesar 2391 kg/m³. Kerapatan beton, baik yang tidak dan menggunakan *superplasticizer* berkisar antara 2200-2400 kg/m³ sehingga dapat disimpulkan termasuk beton normal.

3.6 Perkiraan Kuat Tekan Berdasarkan Nilai Faktor Konversi Umur

Benda uji silinder dalam penelitian ini diuji pada umur 14 hari, berbeda dengan rencana umur pengujian dalam perencanaan campuran (*mix design*) pada umur 28 hari dengan target mutu 30 MPa. Untuk memperkirakan apakah kuat tekan beton mencapai target mutu dalam perencanaan maka digunakan nilai faktor konversi (DPU, 1971).

Tabel 11 Hubungan antara umur dan kuat tekan beton

Umur Beton (Hari)	Kuat Tekan
3	0,40
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1,00
90	1,20
365	1,35

Selanjutnya perkiraan kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 12 dan 13. Dari tabel 12 dapat diketahui bahwa sebagian besar benda uji beton tanpa menggunakan *superplasticizer* tidak memenuhi kuat tekan rencana. Hanya terdapat tiga benda uji A1, B1 dan C3 yang nilai melebihi kuat tekan rencana 26,60 MPa pada umur 14 hari namun jika diambil nilai rata-rata, maka hanya campuran beton dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak dengan kuat tekan rata-rata 27,10 MPa yang memenuhi persyaratan.

Tabel 12 Perbandingan antara kuat tekan berdasarkan konversi umur dan kuat tekan aktual pada campuran beton yang tidak menggunakan *superplasticizer*

Kombinasi Kerikil (%)		Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rencana (MPa)	Kuat Tekan Umur 14 Hari Berdasarkan Konversi (MPa)	Kuat Tekan Aktual pada Umur 14 Hari (MPa)	Keterangan
Bjm	Merak					
50	50	A1	30	26,40	32,64	√
		A2	30	26,40	22,38	x
		A3	30	26,40	26,27	x
60	40	B1	30	26,40	28,88	√
		B2	30	26,40	24,01	x
		B3	30	26,40	22,95	x
70	30	C1	30	26,40	20,38	x
		C2	30	26,40	18,63	x
		C3	30	26,40	27,27	√
80	20	D1	30	26,40	17,86	x
		D2	30	26,40	16,38	x
		D3	30	26,40	23,63	x

Keterangan:

√ memenuhi

x tidak memenuhi

Tabel 13 Perbandingan antara Kuat Tekan Berdasarkan Konversi Umur dan Kuat Tekan Aktual pada Campuran Beton yang Tidak Menggunakan *Superplasticizer*

Kombinasi Kerikil (%)		Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rencana (MPa)	Kuat Tekan Umur 14 Hari Berdasarkan Konversi (MPa)	Kuat Tekan Aktual pada Umur 14 Hari (MPa)	Keterangan
Bjm	Merak					
50	50	E1	30	26,40	36,15	√
		E2	30	26,40	39,68	√
		E3	30	26,40	35,72	√
60	40	F1	30	26,40	33,02	√
		F2	30	26,40	19,64	x
		F3	30	26,40	41,88	√
70	30	G1	30	26,40	31,52	√
		G2	30	26,40	17,61	x
		G3	30	26,40	23,62	x
80	20	H1	30	26,40	28,07	√
		H2	30	26,40	26,27	x
		H3	30	26,40	21,67	x

Keterangan:

√ memenuhi

x tidak memenuhi

Berbeda halnya dengan campuran yang menggunakan *superplasticizer*, sebagian benda uji memenuhi syarat kuat tekan rencana (Tabel 13). Terdapat 5 benda uji yang tidak memenuhi syarat. Apabila diambil nilai rata-rata, maka terdapat 2 campuran yang memenuhi syarat, yaitu beton dengan prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak (37,18 MPa) dan beton dengan prosentase 60% Batu Banjarmasin-40% Batu Merak (31,51 MPa).

Banyaknya benda uji yang tidak memenuhi kuat tekan rencana pada campuran beton tanpa *superplasticizer* disebabkan karena air yang digunakan lebih banyak dibanding pada campuran beton yang menggunakan *superplasticizer*. Pada saat proses pengeringan akan menghasilkan rongga (*void*) yang lebih banyak dan dapat mengurangi kuat tekan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kuat tekan silinder untuk campuran beton tanpa *superplasticizer* diperoleh kuat tekan rata-rata untuk prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak; 60% Batu Banjarmasin-40% Batu Merak; 70% Batu Banjarmasin-30% Batu Merak; 80% Batu Banjarmasin-20% Batu Merak berturut-turut 27,10 MPa; 24,61 MPa; 22,09 MPa; 19,29 MPa. Kuat tekan silinder untuk campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* diperoleh kuat tekan rata-rata untuk prosentase 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak; 60% Batu Banjarmasin-40% Batu Merak; 70% Batu Banjarmasin-30% Batu Merak; 80% Batu Banjarmasin-20% Batu Merak berturut-turut 37,18 MPa; 31,51 MPa; 24,25 MPa; 25,34 MPa.

Campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* memberikan kuat tekan yang lebih besar dibanding campuran beton tanpa *superplasticizer*. Proporsi

penggunaan agregat kasar yang memberikan kuat tekan optimum baik untuk campuran beton tanpa *superplasticizer* maupun campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* adalah proporsi 50% Batu Banjarmasin-50% Batu Merak.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi jumlah *superplasticizer* dalam campuran beton. Perlu dianalisa secara fisika dan kimiawi pengaruh *superplasticizer* pada campuran beton, misalnya difraksi sinar X menggunakan alat XRD.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Palangka Raya yang telah memberikan pendanaan kegiatan penelitian tahun 2022, UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Tengah yang telah memberikan fasilitas penelitian dan PT. MAPEI Indonesia yang memberikan dukungan material *superplasticizer*.

Daftar Kepustakaan

- ACI 211.1-91 (2002) *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*.
- ACI 318 (2019) *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
- Ali, A. (2010) *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Alkhaly and Fedriansyah (2018) 'Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah Superplasticizer', *Teras Jurnal*, 8(1), p. 360. doi: 10.29103/tj.v8i1.146.
- Amelia, R., Suhendra, S. and Amalia, K. R. (2021) 'Hubungan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton', *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), p. 225. doi: 10.33087/talentsipil.v4i2.79.
- BSI (2002) *SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*.
- BSN (2008a) *SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Badan Standar Nasional Indonesia*.
- BSN (2008b) *SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, Badan Standar Nasional Indonesia*. Available at: <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>.
- BSN (2011) *SNI 1971:2011 Cara Uji Kadar Air Total dengan Pengeringan, Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- DPU (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*.
- Edward G. Nawy (2009) *Reinforced Concrete A Fundamental Approach*. Sixth Edit. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Flatt, R. and Schober, I. (2012) 'Superplasticizers and the rheology of concrete', in *Understanding the rheology of concrete*. Woodhead Publishing Limited, pp. 144–208. doi: 10.1533/9780857095282.2.144.

- Gupta, N. *et al.* (2020) 'Mechanical and Durability Properties of Geopolymer Concrete Composite at Varying Superplasticizer Dosage', *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd., (xxxx). doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.646.
- Kuntari, H. D., Lingga, A. A. and Supriyadi, A. (2019) 'Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656 : 2012 dengan Kuat Tekan 30 MPa', *Jurnal Elektronik Laut, Sipil, Tambang (JeLAST)*, 6(3).
- Mapei (2020) 'Dynamon Nrg 1015'. Available at: https://cdnmedia.mapei.com/docs/librariesprovider7/products-documents/7840-dynamonnrg1015-ar-es.pdf?sfvrsn=55db7080_0.
- Mulyati, M. and Arkis, Z. (2020) 'Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal', *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), pp. 78–84. doi: 10.21063/jts.2020.v702.05.
- Nanda, S. A., Chandra, Y. and Maulani, E. (2022) 'Kajian Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pasir Pantai Pasca Bakar dengan Variasi Waktu Water Curing', *Teras Jurnal*, 12(2).
- Polii, R. A., Sumajouw, M. D. J. and Windah, R. S. (2015) 'Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara', *Jurnal Sipil Statik*, 3(3), pp. 206–211.
- Rahmadi *et al.* (2017) 'Studi Eksperimental Beton Normal dalam Pencapaian Kuat Tekan Beton', *Teras Jurnal*, 7(2), pp. 284–291.
- Seddik, M., Zitouni, S. and Belâabes, S. (2010) 'Effect of content and particle size distribution of coarse aggregate on the compressive strength of concrete', *Construction and Building Materials*. Elsevier Ltd, 24(4), pp. 505–512. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2009.10.009.
- Umiati, S., Thamrin, R. and Harti, N. (2019) 'Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton', *6th ACE Conference*, pp. 22–33.
- Utami, R., Herbudiman, B. and Irawan, R. R. (2017) 'Efek Tipe Superplasticizer terhadap Sifat Beton Segar dan Beton Keras pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash | Utami | RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil', *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), pp. 59–70. Available at: <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1183/1393>.