

Pengembangan Awal Beton Kinerja Tinggi Dengan Quarry Bajawa

Early Development of High Performance Concrete with Bajawa Quarry

Agusto Yolandi L. Wona¹, Partogi H. Simatupang², Wilhelmus Bunganaen^{3*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Beton, Kinerja, Quarry, Bajawa, Kuat Tekan.

Keywords:

Concrete, Performance, Quarry, Bajawa, Compressive Strength.

Article history:

Received: 03-04-2024

Accepted: 29-09-2024

*Koresponden email:

agustoyolandi1980@gmail.com

partogisimatupang@staf.undana.ac.id

wilembunganaen@staf.undana.ac.id

Abstrak

Quarry Bajawa yang terletak di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kabupaten Ngada, Kota Bajawa memiliki potensi besar dalam menghasilkan material pembentuk beton, sedangkan penggunaan material Quarry Bajawa sebagai bahan pembentuk beton kinerja tinggi masih minim sehingga mendorong dilakukan penelitian ini. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil. Hasil pengujian yang didapatkan material Quarry Bajawa dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton kinerja tinggi. Pengujian *workability* dilakukan dengan *slump test* untuk tiga jenis campuran dengan target nilai slump yaitu ≥ 14 cm. Hasil pengujian *slump* secara berturut-turut adalah 22 cm, 22 cm, dan 26 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari untuk setiap jenis campuran dan mengalami peningkatan kekuatan seiring bertambahnya umur beton, peningkatan kekuatan paling signifikan terjadi pada umur beton 28 hari dengan besar nilai berturut-turut adalah 35%, 30% dan 29% terhadap umur beton 7 hari.

Abstract

The Bajawa Quarry located in East Nusa Tenggara Province, Ngada Regency, Bajawa City has great potential in producing concrete forming materials, while the use of Bajawa Quarry materials as high-performance concrete forming materials is still minimal, thus encouraging this research. The research method carried out is an experimental method carried out in the Civil Engineering Concrete Laboratory. The test results obtained by the Bajawa Quarry material can be used as a material for making high performance concrete. Workability testing was carried out with a slump test for three types of mixtures with a target slump value of ≥ 14 cm. The slump test results were 22 cm, 22 cm, and 26 cm, respectively. The results of concrete compressive strength testing were carried out at the age of 7, 14 and 28 days for each type of mixture and experienced an increase in strength as the age of concrete increased, the most significant increase in strength occurred at the age of 28 days of concrete with large values of 35%, 30% and 29% respectively against the age of concrete 7 days.

Kutipan:

1. Pendahuluan

Beton merupakan suatu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada pekerjaan struktur karena banyak keuntungan yang diberikan seperti bahan-bahan pembentuknya yang mudah diperoleh, mudah dikerjakan (*workability*), mempunyai keawetan (*durability*) dan kuat dalam memikul beban (*strength*) serta ekonomis. Dalam pembangunan berskala besar yang bersifat massal dibutuhkan beton dengan kinerja yang tinggi (*high performance concrete atau HPC*). Beton kinerja tinggi memiliki keunggulan adalah mudah dalam pengerjaan, keawetan, serta mudah dipompakan ke tempat yang lebih tinggi, serta memiliki kuat tekan yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik dan kedap air.

Provinsi Nusa Tenggara Timur, khususnya Kabupaten Ngada, Kota Bajawa, terdapat *Quarry* yang terletak di desa Naru. Pemanfaatan material *Quarry* Naru saat ini digunakan sebagai bahan agregat utama untuk pengerjaan konstruksi ringan yang terdapat di Kabupaten Ngada dan sekitarnya. Dengan adanya potensi besar, penggunaan material *Quarry* Naru sebagai bahan beton kinerja tinggi masih sangat minim sehingga mendorong dilakukannya penelitian berkelanjutan untuk menciptakan beton dengan kinerja yang tinggi dengan menggunakan material lokal yaitu pasir dan kerikil yang diambil dari *Quarry* yang berlokasi di Naru, Bajawa.

Selain itu, dengan adanya kualitas beton yang baik menggunakan material dari *Quarry* Bajawa dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi bagi masyarakat yang berada di sekitar lokasi *Quarry* Bajawa dan meningkatkan pendapatan di daerah tersebut.

2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang diambil dari *Quarry* Bajawa, semen *portland* tipe I merek semen bosowa, air, Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *admixture* yaitu *plasticizer* dan *superplasticizer* serta bahan tambah *additive* yaitu *fly ash* yang diambil PLTU Bolok. Peneliti menggunakan metode penelitian metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil. Pengujian beton dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari.

2.1 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

2.1.1 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I merek bosowa. Pada tahapan ini pemeriksaan dilakukan secara pengamatan secara visual.

2.1.2 Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan terhadap agregat) dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) agregat halus (pasir Bajawa) Standar pengujian yang digunakan untuk pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Pemeriksaan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Acuan Yang Digunakan
Kadar lumpur	SNI 03 – 4142 - 1998
Berat jenis dan penyerapan	SNI 1970 : 2016
Analisa saringan	SNI 03 – 1968 - 1990
Berat volume	SNI 03 - 4804 - 1998
Kadar air	SNI 1971:2011
Kadar organik	SNI 2816:2014

Tabel 2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis pemeriksaan	Acuan yang digunakan
Kadar lumpur	SNI 03 – 4142 - 1998
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1996:2016
Analisa saringan	SNI 03 – 1968 - 1990
Berat volume	SNI 03 - 4804 - 1998
Kadar air	SNI 1971:2011
Keausan	SNI 2417:2008

2.1.3 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari bak penampungan air bersih Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Kupang.

2.1.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian merupakan *admixture* yang yaitu Sikament LN, Viscocret 3115N dan Plastiment VZ. Sedangkan untuk bahan tambah *additive* yaitu *fly ash* yang diambil dari PLTU Bolok Kupang. Diketahui bahwa kadar CaO dalam *fly ash* yang diambil dari PLTU Bolok adalah 10.46% (>10%) dan kadar $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3 = 49.4%$ (>50%), sehingga berdasarkan penjelasan *ACI Manual of Concrete Practice* 1993 Part 1 226.3R-3 dan *ASTM C 618* dapat di simpulkan bahwa *fly ash* masuk dalam kelas C (Maria M. Siba, 2022)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Bahan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik bahan didapatkan rekapitulasi untuk agregat halus dan agregat kasar dari Quarry Bajawa sebagai berikut ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan

Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Pengujian Agregat
Berat Jenis SSD Agregat Kasar	2,5-2,7	2,64
Penyerapana Agregat Kasar	-	3,83%
Kadar Air Agregat Kasar	-	0,67%
Kadar Lumpur Agregat Kasar	≤ 1%	1%
Keausan Agregat Kasar	≤ 27%	25,30%
Berat Volume Padat Agregat Kasar	1500 – 1800 (kg/m ³)	1541,98 (kg/m ³)
Zona Agregat Kasar	≤ 20 mm	2
Modulus Halus Butiran Agregat Kasar	6,0-8,0%	6,28
Berat Jenis SSD Agregat Halus	2,5-2,7	2,78
Penyerapan Agregat Halus	-	3,35%
Kadar Air Agregat Halus	-	0,05%
Kadar Lumpur Agregat Halus	≤ 5%	0,47%
Kadar Organik Agregat Halus	≤ warna standar (plat nomor 3)	plat nomor 2
Berat Volume Padat Agregat Halus	1500 – 1800 (kg/m ³)	1698,51 (kg/m ³)
Zona Agregat Halus	-	2
Modulus Halus Butiran Agregat Haluss	1,5-3,8%	2,75
Modulus Halus Butir Agregat Campuran	4,60-5,75	5,41

3.2 Job Mix Design

Job mix design (JMD) yang dijadikan sebagai dasar dalam penelitian ini dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. JMD Beton Kinerja Tinggi Yang Dijadikan Sebagai Dasar Penelitian

Material	Mutu Beton Rencana (fc')					
	55 MPa		60 Mpa		'65 MPa	
	(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(%)
Semen	450	1,00	460	1	540	1
Kerikil	995	2,21	1056	2,30	985	1,82
Pasir	680	1,51	651	1,42	744	1,38
Air	160	0,36	153	0,33	150	0,28
<i>Plastiment P121 R</i>	1,34	0,003	1,48	0,003	1,1	0,002
<i>Sikament 163</i>	8,9	0,020	-	-	-	-
<i>Viscocrete</i>	-	-	4,74	0,010	-	-
<i>Viscoflow 3270</i>	-	-	-	-	5,3	0,010

Material	Mutu Beton Rencana(f_c')					
	55 MPa		60 Mpa		'65 MPa	
	(kg/m^3)	(%)	(kg/m^3)	(%)	(kg/m^3)	(%)
<i>Fly Ash</i>	79	0,176	82	0,178	-	-
Total	2374,24		2408,22		2425,4	

Kuat tekan (f_c') yang ditargetkan dalam penelitian ini lebih besar dari 50 MPa. kuat tekan rencana yang lebih tinggi dari pada kuat tekan yang ditargetkan bertujuan untuk memberikan toleransi terhadap kesalahan selama proses pembuatan beton yang mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Selain itu, dengan kuat tekan rencana yang lebih tinggi memberikan batas keamanan tambahan untuk struktur beton dan memastikan bahwa beton lebih aman ketika menerima beban yang melebihi perkiraan.

3.3 Trial Mix

Trial mix bertujuan untuk menyederhanakan variasi komposisi campuran yang akan dilakukan pada percobaan nanti dan menentukan variasi perbandingan agregat kasar dan halus yang optimum. Hasil pengujian *trial mix* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Trial Mix*

<i>Trial Mix</i>	Jumlah Sampel	Mutu Beton	Nilai <i>Slump</i>	Penambahan Air		Kuat Tekan 28 Hari	FAS	Ket.
				1 silinder	Konversi ke $1 m^3$			
	(buah)	(MPa)	(cm)	(ml)	(kg/m^3)	(MPa)		
<i>Trial Mix 1</i>	9	60	-	-	-	-	-	gagal
<i>Trial Mix 2</i>	5	60	-	-	-	-	-	gagal
<i>Trial Mix 3</i>	5	60	16	108,00	68,79	42,13	0,48	tidak terpenuhi
<i>Trial Mix 4</i>	6	60	25	123,33	78,56	44,59	0,47	tidak terpenuhi
<i>Trial Mix 5</i>	6	60	26	85,00	54,14	51,26	0,43	terpenuhi
<i>Trial Mix 6</i>	6	55	17,5	68,33	43,52	-	0,31	tidak terpenuhi
<i>Trial Mix 7</i>	6	55	10	-	-	52,17	0,31	tidak terpenuhi
<i>Trial Mix 8</i>	6	55	20,5	80,00	50,96	40,64	0,45	terpenuhi
<i>Trial Mix 9</i>	6	65	24	83,33	53,08	57,32	0,36	terpenuhi

Pengujian *workability* pertama-tama dilakukan dengan *trial mix* untuk menentukan komposisi campuran yang memenuhi syarat yaitu nilai slump ≥ 14 cm. Untuk mendapatkan komposisi dengan nilai *workability* yang sesuai maka selama *trial mix* dilakukan penambahan air secara perlahan dengan pengamatan visual hingga campuran beton mencapai kondisi yang sesuai kemudian dilakukan pengujian slump. Selanjutnya akan diambil komposisi campuran yang memenuhi dan akan digunakan sebagai *job mix formula*.



Gambar 1. Sampel Hasil Pengujian *Trail Mix* Menggunakan Komposisi JMD

3.4 Job Mix Formula (JMF) Beton Kinerja Tinggi

Berdasarkan hasil *trial mix* yang telah dibuat maka didapatkan *job mix formula* (JMF) seperti yang ditampilkan pada Tabel berikut ini.

Tabel 6 . Job Mix Formula Yang Digunakan Dalam Penelitian

Material	Kebutuhan material dalam 1 m ³					
	JMF 40 MPa		JMF 50 MPa		JMF 55 MPa	
	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)
Semen	517,50	1,00	552,00	1,00	621,00	1,00
Kerikil	995,00	1,92	1056	1,91	985,00	1,59
Pasir	782,00	1,51	781,2	1,42	855,60	1,38
Air	184,00	0,36	183,6	0,33	172,50	0,28
Plastiment VZ	1,54	0,003	1,776	0,003	1,27	0,002
Sikament LN	10,24	0,020	-	-	-	-
Viscocrete 3115N	-	-	5,69	0,010	6,10	0,010
Fly Ash	90,85	0,176	98,40	0,178	-	-
Total	2581,13		2678,66		2641,46	

Komposisi campuran yang digunakan dalam *job mix formula* merupakan komposisi yang diambil dari hasil *trial mix* 5, *trial mix* 8 dan *trial mix* 9 dimana hasil dari ketiga *trial mix* tersebut telah memenuhi kriteria beton kinerja tinggi yang akan dibuat. Penambahan air pada JMF yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi untuk meminimalisir terjadinya *segregasi* ataupun *bleeding*. Selanjutnya akan dibuat beberapa sampel dari *job mix formula* yang akan diuji kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

3.5 Pengujian Workability Dan Kuat Tekan

3.5.1 Workability Beton

Agregat gabungan dari *Quarry* Bajawa memiliki gradasi yang baik (campuran ukuran butir besar, sedang dan kecil) sehingga dalam proses pengerjaannya menjadi lebih mudah dibandingkan dengan agregat yang memiliki ukuran butir seragam. Selain itu pasir dan kerikil Bajawa yang telah dicuci juga memiliki kadar lumpur yang sedikit sehingga *workability* beton dapat semakin baik.

Tabel 7. Hasil Pengujian Slump Job Mix Formula

Campuran	Jumlah Benda Uji (buah)	Mutu Beton (MPa)	Nilai Slump		Penambahan Air		FAS	Ket.
			Slump test (cm)	Flow test (cm)	1 silinder (ml)	Konversi ke 1 m ³ (liter/m ³)		
JMF 40 MPa	9	40	22	29,5	80,00	50,96	0,45	terpenuhi
JMF 50 MPa	9	50	22	41,5	80,00	50,96	0,42	terpenuhi
JMF 55 MPa	9	55	26	45,5	81,11	51,66	0,36	terpenuhi



Gambar 2. Sampel Hasil Pengujian *Slump Test* Menggunakan Komposisi JMF

3.5.2Kuat Tekan Beton

a. Job Mix Formula 40 MPa

Hasil pengujian kuat tekan beton kinerja tinggi JMF 40 MPa dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton JMF 40 MPa

Berat Beton	Umur Beton	Luas Penampang (A)	Gaya Tekan (P)		Kuat Tekan (f_c')	Kuat Tekan Rata-rata (f_c')
(Kg)	(Hari)	(mm ²)	(Kn)	(N)	(MPa)	(MPa)
3,38	7	7850	220	220000	28,03	
3,40	7	7850	215	215000	27,39	27,81
3,44	7	7850	220	220000	28,03	
3,41	14	7850	280	280000	35,67	
3,41	14	7850	260	260000	33,12	34,39
3,48	14	7850	270	270000	34,39	
3,44	28	7850	330	330000	42,04	
3,40	28	7850	355	355000	45,22	42,46
3,48	28	7850	315	315000	40,13	

b. Job Mix Formula 50 MPa

Hasil pengujian kuat tekan beton kinerja tinggi JMF 50 MPa dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton JMF 50 MPa

Berat Beton	Umur Beton	Luas Penampang (A)	Gaya Tekan (P)		Kuat Tekan (f_c')	Kuat Tekan Rata-rata (f_c')
(Kg)	(Hari)	(mm ²)	(Kn)	(N)	(MPa)	(Mpa)
3,40	7	7850	270	270000	34,39	
3,60	7	7850	300	300000	38,22	36,31
3,59	7	7850	285	285000	36,31	
3,50	14	7850	375	375000	47,77	
3,49	14	7850	360	360000	45,86	46,71
3,50	14	7850	365	365000	46,50	
3,59	28	7850	410	410000	52,23	
3,59	28	7850	385	385000	49,04	51,59
3,60	28	7850	420	420000	53,50	

c. Job Mix Formula 55 MPa

Hasil pengujian kuat tekan beton kinerja tinggi JMF 55 MPa dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton JMF 55 MPa

Berat Beton	Umur Beton	Luas Penampang (A)	Gaya Tekan (P)		Kuat Tekan (f_c')	Kuat Tekan Rata-rata (f_c')
(Kg)	(Hari)	(mm ²)	(Kn)	(N)	(MPa)	(MPa)
3,66	7	7850	335	335000	42,68	
3,59	7	7850	300	300000	38,22	40,98
3,59	7	7850	330	330000	42,04	
3,59	14	7850	370	370000	47,13	
3,59	14	7850	400	400000	50,96	48,83

Berat Beton (Kg)	Umur Beton (Hari)	Luas Penampang (A) (mm ²)	Gaya Tekan (P) (Kn)	Gaya Tekan (P) (N)	Kuat Tekan (<i>f_c'</i>) (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (<i>f_c'</i>) (MPa)
3,62	14	7850	380	380000	48,41	
3,60	28	7850	450	450000	57,32	
3,59	28	7850	420	420000	53,50	57,54
3,63	28	7850	485	485000	61,78	

Berdasarkan pada Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10 menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton pada beton JMF 55 MPa diketahui beberapa sampel tidak memenuhi nilai kuat tekan yang direncanakan pada *job mix formula* pada umur 28 hari. Ini dapat disebabkan oleh faktor air semen (FAS) yang digunakan dalam campuran beton. Selain itu, perbandingan agregat kasar yang lebih banyak pada *job mix formula* mengakibatkan porositas yang besar sehingga kepadatan berkurang dan menurunkan kekuatan beton. umur 28 hari.



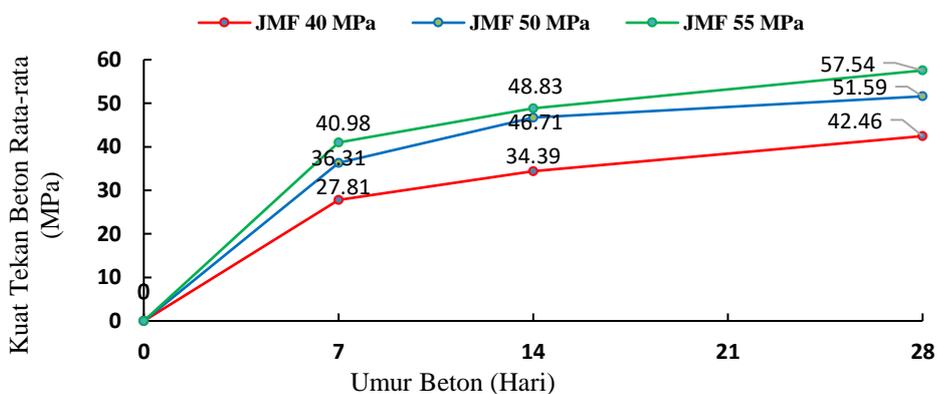
Gambar 3. Sampel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Komposisi JMF

Berdasarkan dari pengujian kuat tekan beton maka dilakukan rekapitulasi terhadap hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan 3 jenis campuran dan agregat dari *Quarry* Bajawa dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Beton

Jenis Campuran	Kuat Tekan Rencana (<i>f_c'</i>)	Nilai Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan (<i>f_c'</i>) Target ≥ 50 MPa
		7 hari	14 hari	28 hari	
JMF 40 MPa	40 MPa	27,81	34,39	42,46	Tidak Memenuhi
JMF 50 MPa	50 MPa	36,31	46,71	51,59	Memenuhi
JMF 55 MPa	55 MPa	40,98	48,83	57,54	Memenuhi

Berdasarkan hasil rekapitulasi kuat tekan rata-rata pada Tabel 11, maka didapatkan kurva hubungan antara kuat tekan beton kinerja tinggi dengan umur beton kinerja tinggi pada 7 hari, 14 hari dan 28 hari seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara *Workability* Dengan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan grafik diketahui bahwa semakin lama umur beton kinerja tinggi maka terjadi peningkatan terhadap kuat tekan beton, dimana kuat tekan maksimum terjadi pada umur beton 28 hari. Peningkatan kekuatan beton paling signifikan terjadi pada umur 28 hari karena lamanya proses perawatan beton yang direndam dalam air dimana semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara bahan-bahan pembentuk beton terus terjadi selama 28 hari.

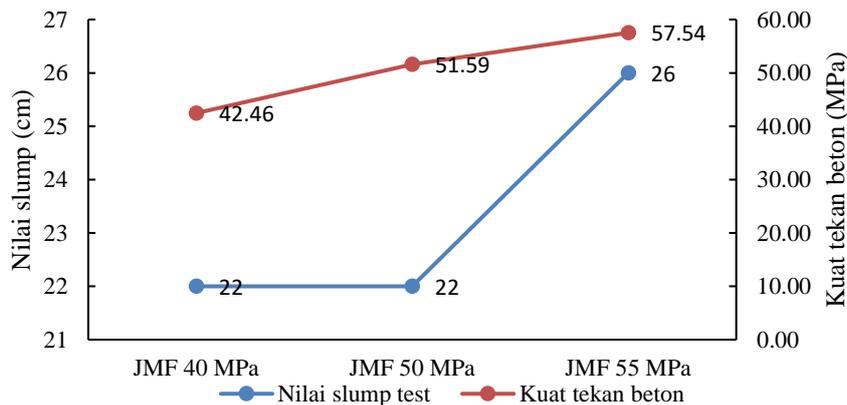
3.6 Hubungan Workability Beton Dengan Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini pengujian *workability* dan kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan tiga jenis campuran yang berbeda yaitu JMF 40 MPa, JMF 50 MPa dan JMF 55 MPa. Rekapitulasi pengujian *workability* dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji *Workability* Dan Kuat Tekan Rata-Rata Beton Pada 28 Hari

Jenis Campuran	Nilai slump test	Kuat tekan beton rata-rata pada 28 hari
	(cm)	(MPa)
JMF 40 MPa	22	42,46
JMF 50 MPa	22	51,59
JMF 55 MPa	26	57,54

Berdasarkan Tabel 12 maka dapat dilihat grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan umur beton pada Gambar 1.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara *Workability* Dengan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Tabel 12 dan Gambar 1 diketahui bahwa dari ketiga jenis *job mix formula* diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata yang dicapai memenuhi kuat tekan rencana *job mix formula* pada umur 28 hari.

4. Kesimpulan

Karakteristik agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm dan agregat halus yang berasal dari Quarry Bajawa Abrasi agregat kasar dengan mesin Los Angeles didapatkan nilai sebesar 25,30% yang menunjukkan bahwa agregat kasar Bajawa memiliki ketahanan terhadap keausan yang cukup baik. Hasil pengujian analisis agregat halus didapatkan nilai MHB sebesar 2,94 dan berada di zona gradasi 2. Sedangkan untuk agregat kasar didapatkan nilai MHB sebesar 6,28 dan berada di zona 2. MHB agregat campuran diperoleh nilai 5,41 dengan perbandingan jumlah agregat halus 33% dan agregat kasar 67%. Berdasarkan MHB agregat campuran maka dapat disimpulkan bahwa agregat campuran memiliki distribusi ukuran yang baik dan seimbang antar agregat halus dan kasar dan dapat menghasilkan *workability* dan kuat tekan yang baik. Kadar lumpur agregat halus didapatkan nilai kadar lumpur turun menjadi 0,47% yang berarti agregat halus tersebut memiliki nilai kadar lumpur yang rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton dan dapat meningkatkan *workability* dan kuat tekan beton. Hasil pengujian kadar organik agregat halus menunjukkan bahwa agregat halus yang telah dicuci memiliki warna yang lebih terang dari plat warna nomor (standar) sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat Bajawa memiliki pengaruh yang baik

terhadap *workability* dan kuat tekan beton dimana dari kualitas agregat (bebas dari lumpur dan bahan organik) memberikan tingkat *workability* dan kuat tekan yang tinggi. Selain itu agregat Bajawa memiliki gradasi ukuran butir yang cukup besar sehingga meningkatkan *workability* dari beton yang dibuat. Dari hasil pengujian beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari menunjukkan bahwa kekuatan beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton. *Job mix formula* (JMF) 40 MPa menunjukkan bahwa beton kinerja tinggi yang dibuat mengalami peningkatan kekuatan beton pada umur 14 hari sebesar 19% dan pada umur 28 hari sebesar 35% terhadap kekuatan beton pada umur 7 hari. *Job mix formula* (JMF) 50 MPa menunjukkan bahwa beton kinerja tinggi yang dibuat mengalami peningkatan kekuatan beton pada umur 14 hari sebesar 22% dan pada umur 28 hari sebesar 30% terhadap kekuatan beton pada umur 7 hari. *Job mix formula* (JMF) 55 MPa menunjukkan bahwa beton kinerja tinggi yang dibuat mengalami peningkatan kekuatan beton pada umur 14 hari sebesar 16% dan pada umur 28 hari sebesar 29% terhadap kekuatan beton pada umur 7 hari.

Daftar Pustaka

- Abrams, Duff. (1918). *Design of Concrete Mixtures*. New York. McGraw-Hill Book Company.
- Aitcin, Jean Michel. (1998). *High Performance Concrete*. London. E & FN Spon.
- American Concrete Institute. (2010). ACI 363R - 10 (*Report on High - Strength Concrete*). Amerika Serikat : American Concrete Institute.
- American Society for Testing Materials. (2019). ASTM C150/C150M-19 (*Standard Spesification for Portland Cement*). Amerika Serikat : American Society for Testing and Materials International.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1974-1990: *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1972:2008 *Cara Uji Slump Beton*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 1969:2016: *Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1971:2011: *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C117:2012: *Metode Uji Bahan Yang Lebih Halus Dari Saringan 75 μm (No. 200) Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 2417:2008: *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). SNI 03-4804-1998: *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara dalam Agregat*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C136:2012: *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 1970:2016: *Metode Uji Berat Jenis Dan Penyeparan Agregat Halus*. BSN. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1990). SNI T-15-1990-03: *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Iswandi Imran (2022), *Penerapan High-Performance Concrete pada Konstruksi Gedung Tinggi di Indonesia*, webinar HAKI-ACI.
- Siba, Maria M. (2022). *Pengaruh Waktu Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Semen Kupang Dengan Bahan Tambah Fly Ash*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- PBI. 1971. *Peraturan Beton Indonesia*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: PT Naviri.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. (1992). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.