

KARAKTERISTIK TEKNIS BETON DAN MORTAR MENGGUNAKAN PASIR BONDO HITAM DAN BONDO MERAH

Adhytius H. Pagut¹ (adhytiuspagut@gmail.com)
Dolly W. Karels² (dollykarels@yahoo.com)
Elia Hunggurami³ (eliahunggurami@yahoo.com)

ABSTRAK

Pembangunan di Manggarai dan Manggarai Timur menggunakan pasir gunung sebagai bahan agregat halus dalam pembuatan beton dan mortar. Secara ilmiah belum diketahui kualitasnya, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang kajian karakteristik teknis beton dan mortar dari pasir tersebut. Pembuatan benda uji beton dengan mutu rencana 17,5 MPa, 22,5 MPa dan 30 MPa, sedangkan pembuatan benda uji mortar dengan variasi campuran 1Pcc : 2Psr, 1Pcc : 4Psr, 1Pcc : 6Psr dan 1Pcc : 8Psr. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan, nilai kuat tekan beton yang menggunakan pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah lebih tinggi untuk semua mutu rencana beton yaitu 19,08 MPa, 23,38 MPa, 31,65 MPa dan 19,87 MPa, 24,91 MPa, 32,10 MPa, dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir Takari dengan kuat tekan 18,74 MPa, 23,04 MPa, dan 31,14 MPa. Pengujian kuat tekan mortar menunjukkan kuat tekan mortar yang menggunakan pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah lebih tinggi untuk semua variasi, secara berturut-turut sebesar 33,44 MPa, 28,64 MPa, 25,20 MPa, 12,80 MPa dan 34,32 MPa, 29,60 MPa, 26,24 MPa, 13,68 MPa dibanding mortar yang menggunakan pasir Takari yakni 31,68 MPa, 28,08 MPa, 23,44 MPa, dan 10,96 MPa.

Kata kunci :

Parir Bondo Hitam; Bondo Merah; Agregat Halus; Kuat Tekan; Beton; Mortar.

ABSTRACT

Constructions in East Manggarai and Manggarai use the dunes as fine aggregate material in the manufacture of concrete and mortar. However the properties and characteristic of the sand is scientifically unknown, so it is necessary to do research on the study of the sand technical characteristics of concrete and mortar. The constructed by the quality plan: 17.5 MPa, 22.5 MPa, 30 MPa, while the mortar cube was constructed with variation of mix as follows 1Pcc:2Psr, 1Pcc:4Psr, 1Pcc:6Psr, 1Pcc:8Psr. The concrete strength test results demonstrate that the compressive strength of concrete using Bondo black and red sand is higher for all quality of planned concrete, with the compressive strength as follows 19.08 MPa, 23.38 MPa, 31.65 MPa, 19.87 MPa, 24.91 MPa, 32.10 MPa, compared to the concrete using Takari sand with the compressive strength only reached 18.74 MPa, 23.04 MPa, 31.14 MPa. Compressive strength test of mortar using Bondo black and red sand showed a higher strength with the compressive strength respectively as follows 33.44 MPa, 28.64 MPa, 25.20 MPa, 12.80 MPa, 34.32 MPa, 29.60 MPa, 26.24 MPa, 13.68 MPa, compared to the mortar using Takari sand which only reached 31.68 MPa, 28.08 MPa, 23.44 MPa, 10.96 MPa.

Keywords:

Red Bondo Sand; Black Bondo; Fine Aggregate; Compressive Strength; Concrete; Mortar

PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang banyak dipakai dalam pekerjaan proyek konstruksi saat ini. Hal ini dikarenakan beton memiliki berbagai keuntungan, antara lain seperti memiliki kekuatan yang

¹ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana, Kupang

² Jurusan Teknik Sipil, FST Undana, Kupang

³ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana, Kupang

tinggi, perawatan yang murah, dan dapat dicor sesuai dengan bentuk dan ukuran yang dikehendaki. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya yaitu air, semen, agregat halus, dan agregat kasar. Agregat halus sebagai material pembentuk beton sangat berpengaruh terhadap penentuan mutu beton. Sama halnya dengan mortar, kualitas mortar juga sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya, yakni air, semen dan agregat halus. Agregat halus sebagai bahan penyusun pembuat beton dan mortar ada yang berasal dari sungai dan ada pula yang berasal dari gunung. Agregat yang berasal dari gunung dan sungai mempunyai kualitas dan sifat mekanis yang berbeda. Pembangunan di Provinsi Nusa Tenggara Timur, pada umumnya masih menggunakan agregat halus yang bersumber dari sungai. Namun terdapat pula beberapa daerah di Provinsi Nusa Tenggara Timur, yang sudah memanfaatkan pasir gunung sebagai agregat halus. Ini dikarenakan beberapa faktor yaitu kurangnya ketersediaan pasir sungai dan lokasi *quarry* pasir sungai yang sulit dijangkau. Kabupaten Manggarai Timur merupakan kabupaten baru, sehingga pembangunan infrastruktur terus berlanjut dan kebutuhan akan pasir sebagai agregat halus ikut meningkat. Pasir Bondo yang terdapat di Desa Bondo, Kabupaten Manggarai Timur mejadi pilihan utama, melihat ketersediaan pasir yang banyak dan jarak yang dekat. Akan tetapi hingga saat ini belum ada penelitian yang menyatakan bahwa material pasir dari Desa Bondo, Kabupaten Manggarai Timur untuk dijadikan agregat halus dalam pekerjaan beton dan mortar.

LANDASAN TEORI

Beton

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, beton merupakan campuran semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton yang baik, setiap material pembentuknya tercampur secara homogen membentuk satu kesatuan, di mana ruang antar agregat terisi penuh oleh mortar tanpa menimbulkan rongga. Jadi, kualitas dari pasta atau mortar sangat menentukan kualitas beton (Nugraha, dan Antoni, 2007).

Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002, mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air dan semen Portland dengan komposisi tertentu.

Agregat Halus (pasir)

Menurut SNI 03 – 2834 – 2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Ukuran agregat halus (pasir) sangat penting perannya dalam mendapatkan campuran mortar dan beton, pasir terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras. Butiran-butiran agregat yang baik harus kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (Adam, 2014). Menurut Tjokrodinuljo, (2007) kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 (empat) kelompok gradasi (*zone*), yaitu pasir yang halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Keempat gradasi tersebut disebut sebagai daerah I (*zone* 1), Daerah II (*zone* 2), daerah III (*zone* 3), daerah IV (*zone* 4), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat batas gradasi agregat halus

Ayakan mm	Persentase Lolos Ayakan							
	Zona 1 <i>Pasir kasar</i>		Zona 2 <i>Pasir agak kasar</i>		Zona 3 <i>Pasir agak halus</i>		Zona 4 <i>Pasir halus</i>	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100

Ayakan mm	Persentase Lolos Ayakan							
	Zona 1 <i>Pasir kasar</i>		Zona 2 <i>Pasir agak kasar</i>		Zona 3 <i>Pasir agak halus</i>		Zona 4 <i>Pasir halus</i>	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
4,5	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	90	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	90	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Agregat Kasar (Batu Pecah).

Menurut SNI 03 – 2834 - 2002 yang dimaksud dengan agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desitegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Agregat disebut agregat kasar jika butiran ukurannya sudah melebihi 4,75 mm (No.4 ASTM Sieve).

Tabel 2. Batas-batas gradasi agregat kasar

Ayakan Mm	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar butir maks	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama sama bahan utamanya.

Air

Menurut SNI 03-2847-2002, air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapanbahan, yaitu agregat halus (pasir kali Takari dan pasir gunung Bondo merah dan Bondo hitam), agregat kasar, semen, dan air.
2. Perencanaancampuran beton (*mix design*) dan pembuatan benda uji mengacu pada SNI 03 – 2834 – 2000. Sedangkan perencanaan komposisi campuran mortar dan pembuatan benda uji mortar mengacu pada SNI 03 – 6825 – 2002.
3. Perawatan (*curing*) beton dan mortar dilakukan selama 28 hari
4. Pengujian kuat tekan beton dan mortar dilakukan pada umur 28 hari.

- Analisa data, menggunakan metode statistic deskriptif yaitu dengan mengkaji hasil penelitian laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Hasil uji kuat tekan beton dan kuat tekan mortar dengan agregat halus pasir Bondo merah dan Bondo hitam kemudian dibandingkan dengan hasil kuat tekan beton dan mortar dengan agregat halus pasir Takari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bahan Agregat Halus

Hasil Analisa saringan untuk pasir Gunung Bondo merah dan Bondo hitam masuk pada Zona 2 yaitu pasir agak kasar, sedangkan pasir kali Takari masuk pada Zona 3 yaitu pasir agak halus.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Parameter	Syarat	Hasil Pengujian			Keterangan
				Pasir Takari	Pasir Bondo Hitam	Pasir Bondo Merah	
1	Saringan Agregat	Zona Pasir	-	Zona 3	Zona 2	Zona 2	Lampiran 2 Lampiran 3 Lampiran 4
		Nilai Modulus Halus Butir	1,5 – 3,8 (SK SNI S-0-4-1989-F)	3,26	3,65	3,72	Lampiran 2 Lampiran 3 Lampiran 4
2	Kadar Lumpur	-	≤ 5% (PBI 71)	4,10%	4,35%	4,80%	Lampiran 5 - 7
3	Berat Volume	Berat Volume padat	1.500 – 1.800 (kg/m ³) (Tjokrodimuljo)	1703,3870 kg/m ³	1707,5806 kg/m ³	1719,032 kg/m ³	Lampiran 9 - 11
4	Berat Jenis	Berat jenis SSD	2,5-2,7 (SNI 03-2834-2002)	2,59	2,61	2,64	Lampiran 12 - 14
	Penyerapan	Penyerapan	-	2,63	2,56	2,58	Lampiran 12 - 14
5	Kadar Air	-	-	2,24	2,35	2,56	Lampiran 15 - 17

Pengujian Bahan Agregat Kasar

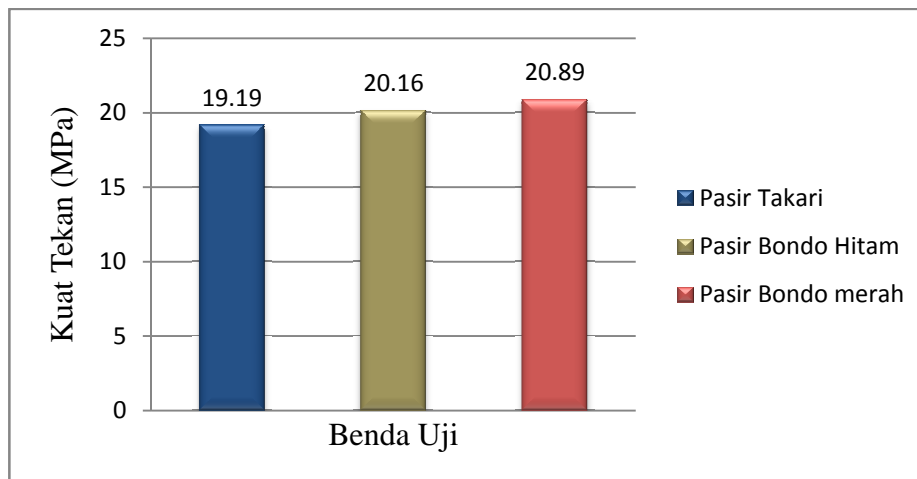
Agregat kasar menggunakan batu pecah Takari dengan diameter maksimum 40 mm. Pengujian agregat kasar bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kelayakan agregat sebagai bahan pembuatan beton. Pengujian yang dilakukan untuk agregat kasar adalah pengujian saringan, berat volume, berat jenis dan kadar air. Hasil pengujian saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar dengan ukuran maksimum agregat 40 mm menunjukkan, agregat kasar yang berukuran maksimum 40 mm memenuhi batasan yang diberikan zona 1, dimana batu pecah ini memiliki modulus halus butir sebesar 7,45.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan Agregat Kasar

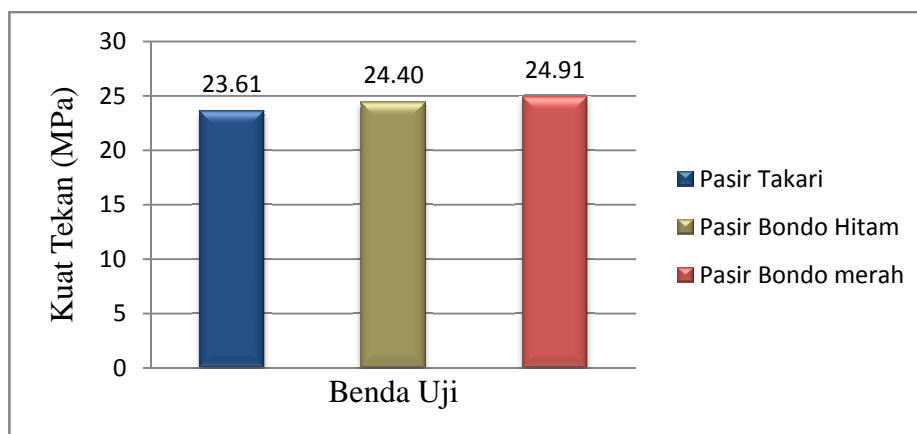
No	Jenis Pengujian	Parameter	Syarat	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Saringan Agregat	Zona Pasir	-	Zona 1	Lampiran 19
		Nilai Modulus Halus Butir	6,0 – 8,0 (SK SNI S-0-4-1989-F)	7,45	Lampiran 19
2	Berat Volume	Berat Volume padat	1.500 – 1800 (kg/m ³) (Tjokrodimuljo)	1672,097	Lampiran 20
3	Berat Jenis	Berat jenis SSD	2,5 – 2,7	2,63	Lampiran 21

No	Jenis Pengujian	Parameter	Syarat	Hasil Pengujian	Keterangan
	Penyerapan		(SNI 03-2834-2002)		
		Penyerapan	-	1,23	Lampiran 21
4	Kadar Air	-	-	0,44	Lampiran 22

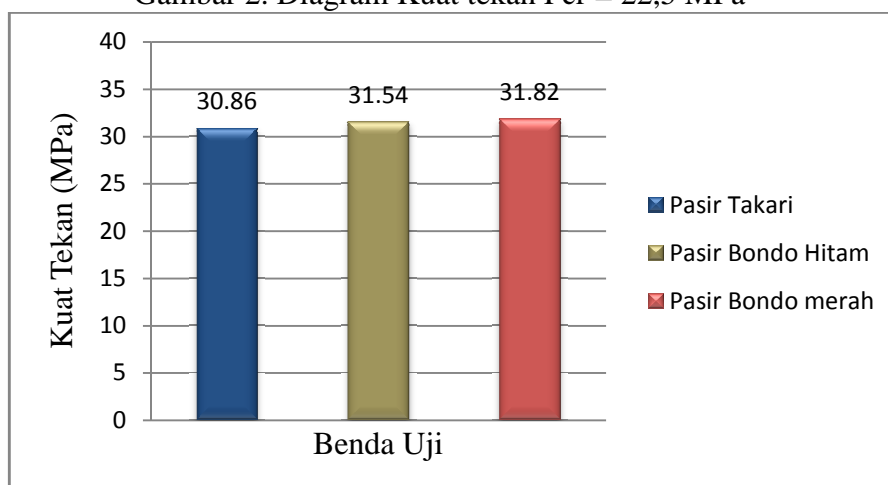
Kuat Tekan Beton



Gambar 1. Diagram Kuat tekan Fcr = 17,5 MPa



Gambar 2. Diagram Kuat tekan Fcr = 22,5 MPa



Gambar 3. Diagram Kuat tekan Fcr = 30 MPa

Berdasarkan hasil rekapitulasi uji kuat tekan beton pada Gambar 1,2 dan 3 dengan kuat tekan rencana 17,5 MPa, 22,5 MPa, dan 30 MPa, menggunakan pasir Takari, pasir Bondo hitam, dan pasir Bondo merah, menunjukkan kuat tekan beton yang dihasilkan oleh pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah lebih besar dibandingkan kuat tekan beton yang dihasilkan oleh pasir Takari, dan perbandingan uji kuat tekan beton yang dihasilkan oleh pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah, menunjukkan kuat tekan beton yang dihasilkan oleh pasir Bondo merah lebih besar untuk semua mutu rencana beton.

Untuk memperoleh beton dengan kuat tekan yang besar diperlukan agregat yang lebih kuat dari pastanya. Sifat agregat yang paling penting adalah kekasaran permukaan dan ukuran butir maksimum Asroni (2010). Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat, baik agregat kasar maupun halus. Agregat yang mempunyai ukuran seragam (sama) akan menghasilkan volume pori besar. Sebaliknya agregat yg mempunyai ukuran bervariasi mempunyai volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit (kemampatannya tinggi) Tjokrodimulyo, K.1996. Pengujian analisis saringan pasir Takari, pasir Bondo hitam, dan pasir Bondo merah, yang bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus, diperoleh hasil gradasi pasir Takari masuk pada Zona 3 yaitu pasir agak halus dengan modulus halus butir sebesar 3,26, pasir Bondo hitam masuk pada Zona 2 yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,646, dan pasir Bondo merah yang masuk pada Zona 2 yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,72.

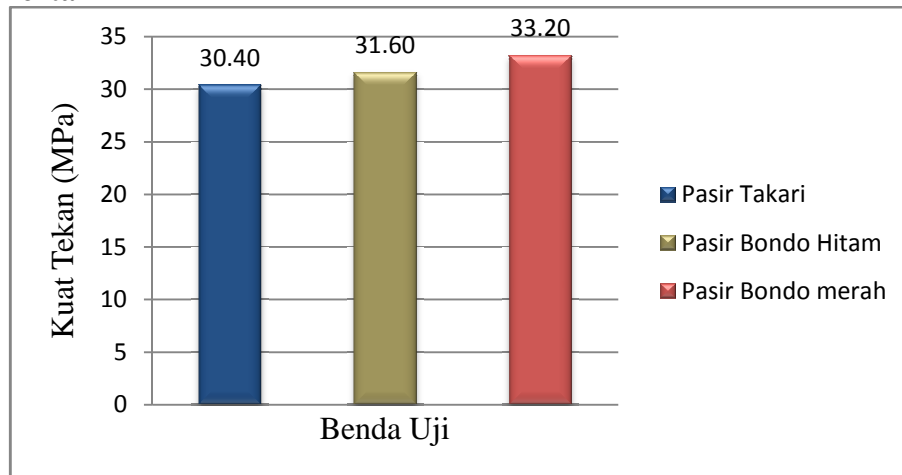
Berdasarkan hasil analisis saringan pada ketiga jenis pasir, terlihat bahwa, hasil kuat tekan beton dengan menggunakan agregat halus pasir Bondo merah dan pasir Bondo hitam lebih besar dari hasil kuat tekan beton yang menggunakan pasir Takari, dipengaruhi oleh sifat agregat yakni bentuk agregat. Pasir Bondo merah dan pasir Bondo hitam memiliki ukuran yang bervariasi sehingga menghasilkan volume pori yang kecil (kemampatannya tinggi). Selain gradasi agregat, faktor lain yang menyebabkan kuat tekan beton yang dihasilkan oleh beton yang menggunakan pasir Bondo lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir Takari adalah kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan akan mempengaruhi ikatan antara agregat dengan mortar. Agregat dengan permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan antara agregat dan mortar semen yang lebih kuat dari pada agregat yang halus (Tjokrodimulyo, K.1996). Tabel 3 di bawah ini adalah persentase perbandingan kenaikan kuat tekan beton.

Tabel 5. Persentase Perbandingan Kenaikan Kuat Tekan Beton

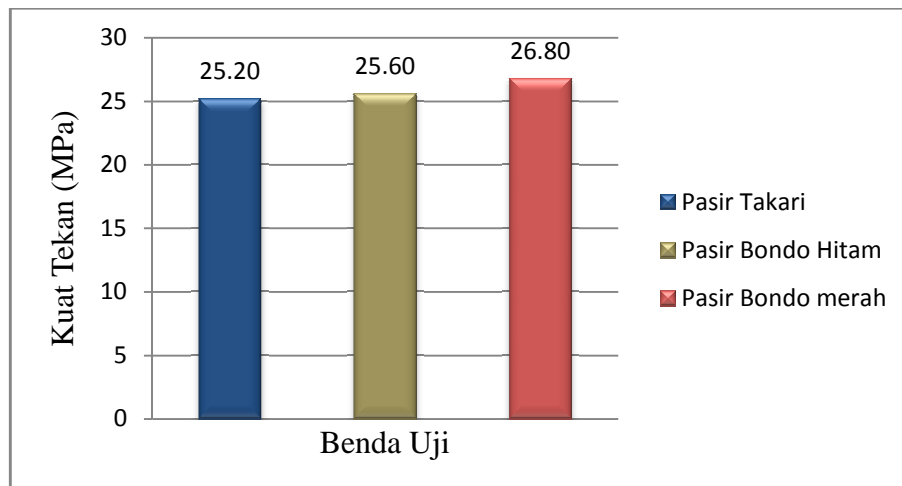
Mutu Rencana (MPa)	Kuat Tekan		
	Psr. Takari	Psr. Bondo hitam	Psr. Bondo merah
17,5	19,19	20,16	20,89
22,5	23,61	24,40	24,91
30	30,86	31,54	31,82

Mutu Rencana (MPa)	Pasir Bondo merah terhadap Takari (%)	Pasir Bondo hitam terhadap Takari (%)
17,5	8,85	5,01
22,5	5,52	3,36
30	3,12	2,20

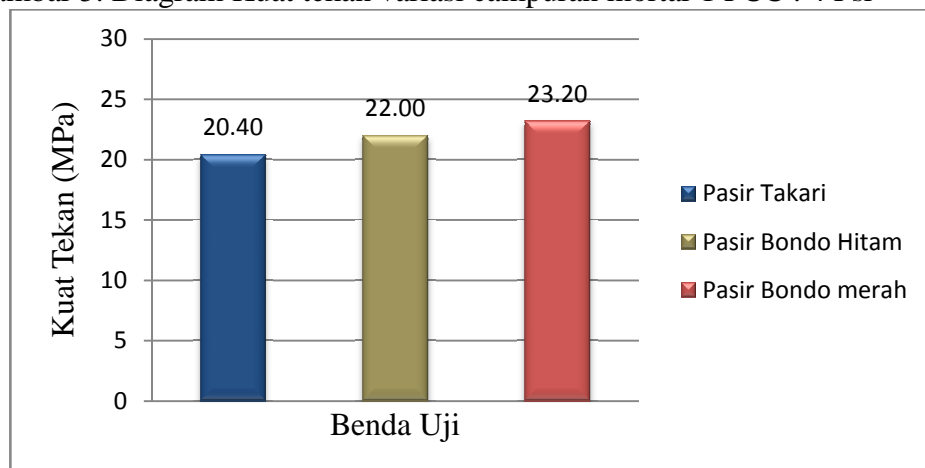
Kuat Tekan Mortar



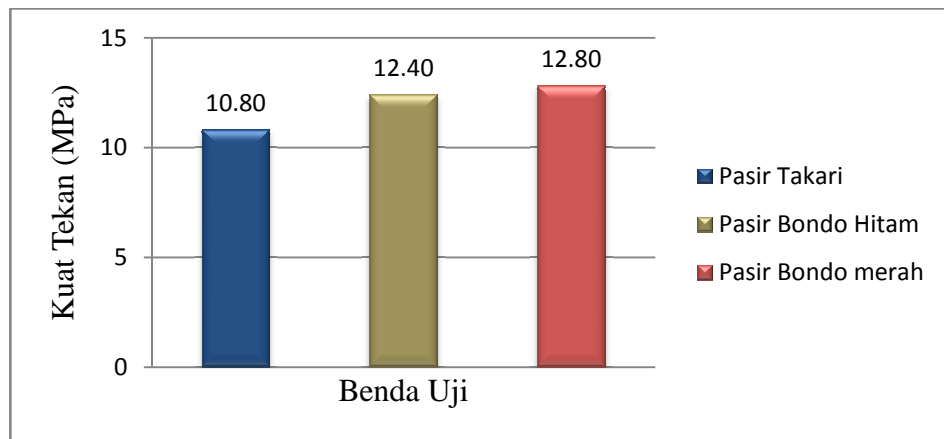
Gambar 4. Diagram Kuat tekan variasi campuran mortar 1 PCC : 2 Psr



Gambar 5. Diagram Kuat tekan variasi campuran mortar 1 PCC : 4 Psr



Gambar 6. Diagram Kuat tekan variasi campuran mortar 1 PCC : 6 Psr



Gambar 7. Diagram Kuat tekan variasi campuran mortar 1 PCC : 8 Psr

Gambar 4, 5, 6, dan 7, menunjukkan kuat tekan mortar rata-rata yang dihasilkan oleh pasir Bondo hitam dan Bondo merah lebih besar untuk semua variasi campuran mortar dibandingkan dengan kuat tekan mortar yang dihasilkan oleh pasir Takari. Kuat tekan mortar yang dihasilkan pasir Bondo menunjukkan, kuat tekan mortar yang dihasilkan oleh pasir Bondo merah lebih tinggi untuk semua variasi campuran dibandingkan dengan kuat mortar yang dihasilkan oleh pasir Bondo hitam.

Tjokrodimuljo, 2007 menyatakan bahwa, kuat tekan mortar bervariasi tergantung pada bahan penyusunnya. Pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah memiliki ukuran bervariasi yang dapat dilihat pada pengujian analisa saringan, dimana, pasir Bondo hitam dan Bondo merah masuk pada zona 2 yaitu pasir agak kasar.

Permukaan agregat berpengaruh terhadap daya rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen (Tjokrodimuljo 2007). Permukaan agregat yang kasar menyebabkan daya ikat antara agregat dengan semen semakin kuat. Kuat tekan mortar yang menggunakan pasir Bondo hitam dan pasir Bondo merah memperoleh hasil kuat tekan yang lebih tinggi dari pasir Takari, dipengaruhi oleh ukuran agregat yang bervariasi dan kekasaran permukaan agregat. Pasir yang memiliki ukuran bervariasi, dapat menghasilkan volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit (kemampatannya tinggi). Untuk kekasaran permukaan agregat, kekasaran permukaan akan mempengaruhi ikatan antara agregat dengan mortar. Agregat dengan permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan antara agregat dan mortar semen yang lebih kuat dari pada agregat yang halus. Tabel 4 di bawah ini adalah persentase perbandingan kenaikan kuat tekan mortar

Tabel 6. Persentase Perbandingan Kenaikan Kuat Tekan Mortar

Variasi Campuran	Kuat Tekan		
	Psr. Takari	Psr. Bondo hitam	Psr. Bondo merah
1 : 2	30,40	31,60	33,20
1 : 4	25,20	25,60	26,80
1 : 6	20,40	22,00	23,20
1 : 8	10,80	12,40	12,80

Mutu Rencana (MPa)	Pasir Bondo merah terhadap Takari (%)	Pasir Bondo hitam terhadap Takari (%)
1 : 2	9,21	3,95
1 : 4	6,35	1,59
1 : 6	13,73	7,84
1 : 8	18,52	14,81

KESIMPULAN

1. Kuat tekan beton dengan kuat tekan rencana 17,5 MPa, 22,5 MPa, dan 30 MPa secara berturut-turut adalah:
 - a. Beton yang menggunakan Pasir Takari memperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 19,19 MPa, 23,61 MPa, dan 30,86 MPa.
 - b. Beton yang menggunakan pasir Bondo hitam menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 20,16 MPa, 24,40 MPa, dan 31,54 MPa.
 - c. Beton yang menggunakan pasir Bondo merah menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 20,89 MPa, 24,91 MPa, dan 31,82 MPa.
 - d. Beton yang menggunakan pasir Bondo hitam dan Bondo merah menghasilkan kuat tekan lebih besar dari beton yang menggunakan pasir Takari untuk semua mutu rencana beton yaitu 3,52% dan 5,83%.
2. Kuat tekan mortar dengan variasi campuran 1 Pc : 2 Psr, 1Pc : 4 Psr, 1 Pc : 6 Psr, 1 Pc : 8 Psr, secara berturut-turut adalah:
 - a. Mortar yang menggunakan pasir takari sebesar 30,40 MPa, 25,20 MPa, 20,40 MPa, dan 10,80 MPa.
 - b. Mortar yang menggunakan agregat halus pasir Bondo hitam secara berturut-turut memperoleh hasil sebesar 31,60 MPa, 25,60 MPa, 22,00 MPa, dan 12,40 MPa.
 - c. Mortar yang menggunakan pasir Bondo merah memperoleh hasil kuat tekan rata-rata sebesar 33,20 MPa, 26,80 MPa, 23,20 MPa, dan 12,80 MPa.
 - d. Mortar yang menggunakan pasir Bondo hitam dan Bondo merah menghasilkan kuat tekan lebih besar dari mortar yang menggunakan pasir Takari untuk semua mutu rencana mortar yaitu 4,61% dan 11,95%.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang kuat tekan yang dihasilkan oleh pasir Bondo merah dan pasir Bondo hitam dengan menggunakan hasil *mix design* sendiri.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang kandungan senyawa yang terdapat pada pasir Bondo merah dan pasir Bondo hitam.
3. Penulis menyarankan sebaiknya untuk penelitian lebih lanjut menggunakan agregat kasar yang berasal dari Kab. Manggarai Timur, sehingga beton yang diuji sesuai dengan yang dipakai oleh masyarakat daerah setempat.
4. Penulis menyarankan, sebelum pasir Bondo merah dan pasir Bondo hitam digunakan untuk membuat beton dan mortar, pasir harus dicuci terlebih dahulu dengan tujuan untuk mengurangi kadar lumpur yang terkandung di dalam pasir.

Daftar Pustaka

- Adam A, Nur. 2014. *Pengaruh Penambahan Natrium Klorida (NaCl) Pada Waktu Ikut dengan Kuat Tekan Mortar dan Pasta*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Hasanudin, Makasar.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 -Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN, Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03–2847-2002-Tata Cara Perhitungan Struktur Beton. Untuk Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03–6825-2002-Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. BSN, Jakarta.
- Nugraha, Paul & Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Andi, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. KMTS FT UGM, Yogyakarta.