

Substitusi Pasir Besi Dengan Bestmitell Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Porositas Beton

Rifki Maulana Pratama¹, Lilis Zulaicha², Retnowati Setioningsih³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITNY.

korespondensi: lilis.zulaicha@itny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar kuat tekan dan porositas beton dengan variasi 0%, 5%, 15%, 25% pasir besi sebagai substitusi agregat halus dan variasi 0%, 0,3% bestmitell sebagai bahan tambah campuran beton, selain itu penelitian ini bertujuan untuk membandingkan beton dengan atau tanpa bahan tambah bestmitell. Pengujian dilakukan pada umur 41 hari, dengan benda uji berbentuk silinder ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, dengan jumlah benda uji 48 buah. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton normal (BN) adalah 26,233 MPa. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pasir besi tanpa bestmitell terbesar pada (BP15) dengan kuat tekan sebesar 26,270 MPa. Hasil pengujian beton pasir besi dan bestmitell tertinggi pada (BP2503) dengan kuat tekan sebesar 31,780 MPa, Hasil pengujian porositas disetiap benda uji mengalami kenaikan dari beton normal (BN) dengan porositas sebesar 1,39%. Pada penelitian ini porositas berpengaruh sangat kecil terhadap kuat tekan beton dengan koefisien $R^2=0,0015$ dan $R^2=0,1956$

Kata kunci: Beton, Pasir Besi, Bestmitell, Kuat Tekan, Porositas

ABSTRACT

This research was conducted to determine the compressive strength and porosity of concrete with variations of 0%, 5%, 15%, 25% iron sand as a substitute for fine aggregate and variations of 0%, 0.3% bestmitell as an additive to concrete mixtures. This research is also intended to compare concrete with or without Bestmitell added materials. The test was carried out at the age of 41 days, with a cylindrical specimen with a height of 30 cm and a diameter of 15 cm, with a total of 48 specimens. The results of testing the average compressive strength of normal concrete (BN) were 26.233 MPa. The results of testing the average compressive strength of iron sand concrete without bestmitell are at (BP15) with a compressive strength of 26.270 MPa. The test results for iron sand concrete and bestmitell were highest at (BP2503) with a compressive strength of 31.780 MPa. The results of the porosity test in each test object increased from normal concrete (BN) with a porosity of 1.39%. In this study, the effect of porosity is very small; to the compressive strength of concrete with a coefficient of $R^2 = 0.0015$ and $R^2 = 0.1956$.

Keyword : Concrete, Iron Sands, Bestmitell, Compression strength, Porosity.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk masa padat (SNI - 03 - 2834 - 2000). Kelebihan beton: material penyusun mudah didapat, mudah dalam pengerjaan, kekuatan dapat disesuaikan.

Pembangunan untuk memenuhi tuntutan masyarakat dalam memberikan kenyamanan berpengaruh terhadap perkembangan teknologi beton, sehingga berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton dan menciptakan alternatif material penyusun beton.

Pasir besi merupakan salah satu sumber daya alam dengan mineral pembentuknya yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ dan P₂O₅. mineral yang terdapat pada pasir besi beberapa diantaranya sebagai bahan dasar untuk membuat semen.

Terdapatnya deposit pasir besi di Pantai Bugel Kulon Progo, butiran pasir besi lebih kecil dibanding pasir sungai, sehingga diharapkan beton menjadi lebih padat dan porositas menjadi semakin kecil, serta penambahan *bestmitell* berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diambil suatu rumusan masalah, adapun rumusan masalah penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana proporsi bahan penyusun beton dengan menggunakan pasir besi dan *bestmitell*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan pasir besi dan *bestmitell* terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari?

3. Bagaimana pengaruh penggunaan pasir besi dan *bestmitell* terhadap porositas beton pada umur 28 hari?

1.3. Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka setelah penelitian diharapkan data mencapai suatu hasil dari tujuan penelitian. Adapun tujuan utama dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui variasi optimum penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus.
2. Membandingkan nilai kuat tekan dan porositas beton dengan atau tanpa bahan tambah *bestmitell*.
3. Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan pemakaian pasir besi dan bahan tambah *bestmitell*.
4. Mengetahui nilai porositas beton dengan pemakaian pasir besi dan bahan tambah *bestmitell*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat pemakaian pasir besi serta penambahan *bestmitell*.
2. Memberikan alternatif solusi pemanfaatan sumber daya alam pasir besi, khususnya di Kabupaten Kulonprogo.
3. Memberikan informasi mengenai suatu alternatif baru mengenai teknologi konstruksi beton.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Mutu beton yang digunakan $f'c$ 25 MPa.
2. Metode perencanaan campuran adukan beton dengan standar SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
3. Semen yang digunakan tipe 1 merk Gresik.
4. Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Progo.
5. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran maksimum 20 mm berasal dari Clereng, Kulon Progo.
6. Pasir besi berasal dari Pantai Bugel, Kulon Progo.
7. Presentase pasir besi sebesar 0%, 5%, 15%, 25% dari total berat agregat halus yang digunakan untuk adukan beton per $1m^3$.
8. Bahan tambah yang digunakan yaitu bahan tambah *bestmitell*.
9. Presentase *bestmitell* sebesar 0%, 0,3% dari total berat semen yang digunakan untuk adukan beton per $1m^3$.
10. Benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
11. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental, yaitu penelitian dilakukan dengan cara pengujian di Laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa beton berbentuk silinder di Laboratorium Bahan Struktur Teknik Sipil ITNY Yogyakarta. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan pasir besi sebagai substitusi agregat halus dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 25% dari berat agregat halus, serta penambahan bahan tambah *bestmitell* dengan kadar 0% dan 0,3% dari berat semen.

3. HASIL DAN ANALISIS

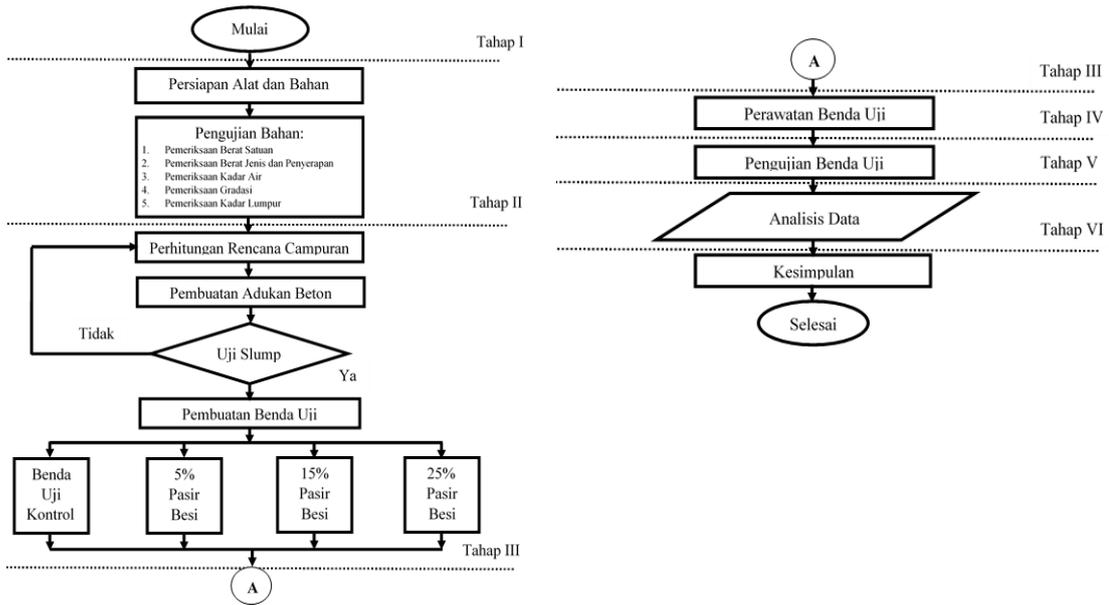
3.1. Karakteristik Material/ Agregat

Hasil dari pemeriksaan karakteristik agregat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada

Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Material

No	Pengujian Agregat	Agregat Halus	Pasir Besi	Agregat Kasar	Satuan
1	Modulus Halus Butir (MHB)	2,626	1,547	6,64	-
2	Berat jenis	2,667	3,571	2,67	-
3	Penyerapan air	1,01	1,01	2	%
4	Kadar air	2,57	2,04	-	%
5	Kadar lumpur	2,79	0,5	-	%
6	Berat kondisi gembur	1,339	1,795	1,262	gram/cm ³
7	Berat kondisi padat	1,589	1,959	1,374	gram/cm ³

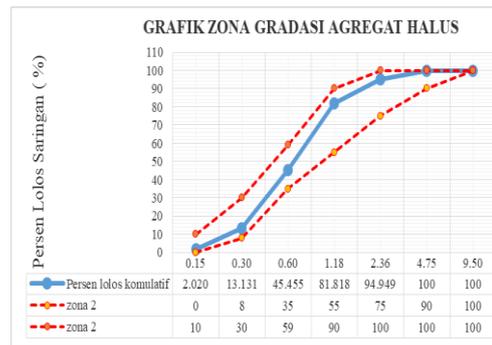


Gambar 1. Flowchart

1) Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 2. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Persentase Berat Tertinggal (%)	Kumulatif Berat Tertinggal (%)	Lolos (%)
1	9.5	0	0.000	0.000	100
2	4.75	0	0.000	0.000	100
3	2.36	25	5.051	5.051	94.949
4	1.18	65	13.131	18.182	81.818
5	0.6	180	36.364	54.545	45.455
6	0.3	160	32.323	86.869	13.131
7	0.15	55	11.111	97.980	2.020
8	0.075	10	2.020	xxx	xxx
JUMLAH		495	100	262.626	
MODULUS HALUS BUTIR (MHB)				2.626	



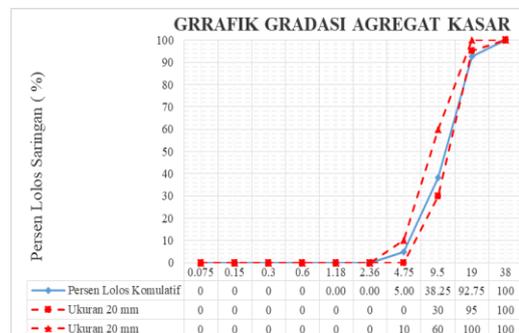
Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan spesifikasi dari Tabel dan Grafik diatas, maka hasil pemeriksaan analisis agregat halus (Pasir Progo) masuk dalam daerah Gradasi II atau pasir agak kasar.

2) Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 3. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

No.	Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Persen Tertinggal (%)	Persen tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Ukuran 20 mm	
						BAWAH	ATAS
1	38	0	0	0	100	100	100
2	19	145	7.25	7.25	92.75	95	100
3	9.5	1090	54.50	61.75	38.25	30	60
4	4.75	665	33.25	95	5	0	10
5	2.36	100	5	100	0	0	0
6	1.18	0	0	100	0	0	0
7	0.6	0	0	100	0	0	0
8	0.3	0	0	100	0	0	0
9	0.15	0	0	100	0	0	0
10	0.075	0	0	xxx	xxx		
Jumlah		2000	100	664			
Modulus halus butir (mhb)				6.64			



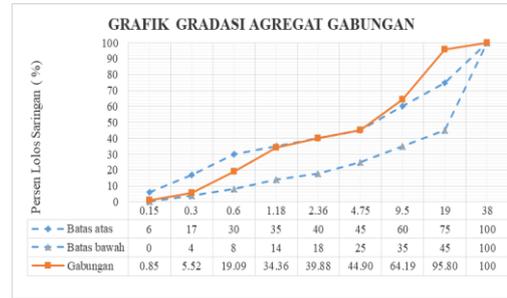
Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Kasar

Berdasarkan dari Tabel dan Grafik diatas, hasil pemeriksaan analisis agregat kasar (Clereng) masuk dalam daerah Gradasi standar agregat dengan butiran maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000

3) Pemeriksaan Agregat Gabungan

Tabel 4 Pemeriksaan Gradasi Agregat Gabungan

No	Lubang ayakan (mm)	Agregat Halus		Agregat Kasar		Gabungan	Spesifikasi	
		Lolos 100%	Lolos 42 %	Lolos 100%	Lolos 58 %		bawah	atas
1	38	100	42	100	58	100	100	100
2	19	100	42	93	53,80	95,80	45	75
3	9.5	100	42	38	22,19	64,19	35	60
4	4.75	100	42	5	2,90	44,90	25	45
5	2.36	95	39,879	0	0	39,88	18	40
6	1.18	82	34,364	0	0	34,36	14	35
7	0.6	45	19,091	0	0	19,09	8	30
8	0.3	13	5,515	0	0	5,52	4	17
9	0.15	2	0,848	0	0	0,85	0	6



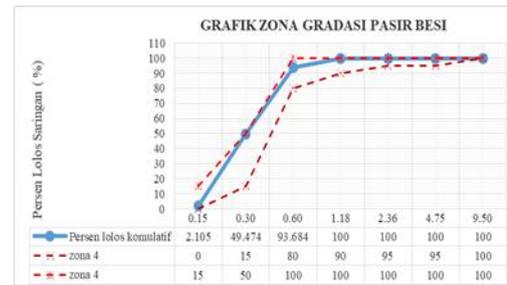
Gambar 4. Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Dari Tabel dan Grafik tersebut diperoleh bahwa distribusi ukuran butir antara pasir dengan split apabila dicampurkan menjadi satu dalam campuran beton kurang maksimal karena ukuran tidak seluruhnya berada dibatas atas dan bawah gradasi agregat gabungan.

4) Pemeriksaan Pasir Besi

Tabel 5. Pemeriksaan Gradasi Pasir Besi

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (mm)	Persentase Berat Tertinggal (%)	Kumulatif Berat Tertinggal (%)	Lolos (%)	Zona 4	
						Bawah	Atas
1	9.5	0	0	0	100	100	100
2	4.75	0	0	0	100	90	100
3	2.36	0	0	0	100	75	100
4	1.18	0	0	0	100	55	90
5	0.6	30	6.316	6.316	93.684	35	59
6	0.3	210	44.211	50.526	49.474	8	30
7	0.15	225	47.368	97.895	2.105	0	10
8	0.075	10	2.105	xxx	xxx		
Jumlah		475	100	154.737			
Modulus Halus Butir (MHB)				1.547			



Gambar 5. Grafik Gradasi Pasir Besi

Berdasarkan spesifikasi dari Tabel dan Grafik diatas, maka hasil pemeriksaan analisis Pasir Besi (Pantai Bugel) masuk dalam daerah Gradasi IV atau pasir sangat halus.

3.1 Perencanaan *Mix Design*

Perhitungan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan rencana Campuran Beton Normal”. Hasil perhitungan campuran beton dapat dilihat pada Tabel komposisi campuran berikut.

Tabel 6. Komposisi Campuran

No	Kode Benda Uji	Agregat Halus		Pasir Besi		Semen	Bestmitell		Air	Kerikil
		%	gram	%	gram		%	gram		
1	BN	100	4867	0	0	2437	0	0	1304	6721
2	BN03	100	4867	0	0	2437	0.3	7,311	1304	6721
3	BP5	95	4623,65	5	243,35	2437	0	0	1304	6721
4	BP503	95	4623,65	5	243,35	2437	0.3	7,311	1304	6721
5	BP15	85	4136,95	15	730,05	2437	0	0	1304	6721
6	BP1503	85	4136,95	15	730,05	2437	0.3	7,311	1304	6721
7	BP25	75	3650,25	25	1216,75	2437	0	0	1304	6721
8	BP203	75	3650,25	25	1216,75	2437	0.3	7,311	1304	6721

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Rumus menghitung kuat tekan beton menurut SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder yaitu:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

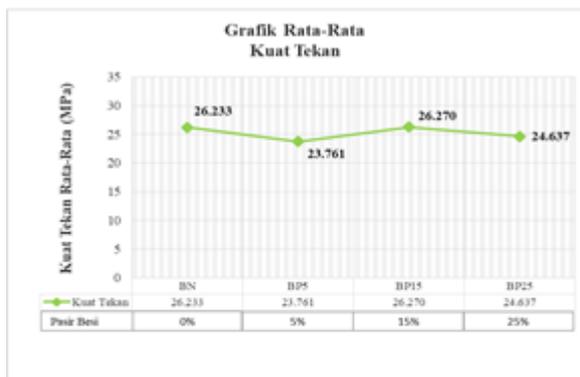
Keterangan:

- f_c = Kuat tekan beton
- P = Beban maksimum
- A = Luas penampang benda uji

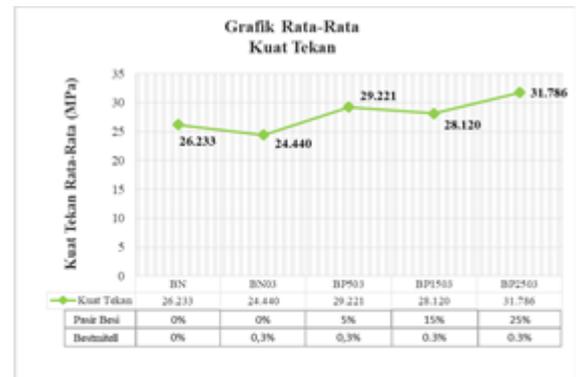
Hasil pengujian yang dilakukan terhadap benda uji diperoleh kuat tekan rata-rata beton pada setiap benda uji berdasarkan komposisi penambahan pasir besi:

Tabel 7. Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji

Kode Benda Uji	Variasi Pasir	Variasi Bestmitell	Kuat Tekan F'c 41 Hari	Kuat Tekan F'c 28 Hari
	(%)	(%)	(Mpa)	(Mpa)
BN	0	0	26.233	25.175
BN03	0	0,3	24.440	23.455
BP5	5	0	23.761	22.803
BP503	5	0,3	29.221	28.043
BP15	15	0	26.270	25.211
BP1503	15	0,3	28.120	26.986
BP25	25	0	24.637	23.644
BP2503	25	0,3	31.786	30.505



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Substitusi Pasi Besi Tanpa Bestmitell



Gambar 7. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Substitusi Pasi Besi Dengan Bestmitell

3.4 Hasil Pengujian Porositas Beton

Rumus menghitung Porositas beton menurut ASTM C642-90 yaitu:

$$\text{Porositas} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

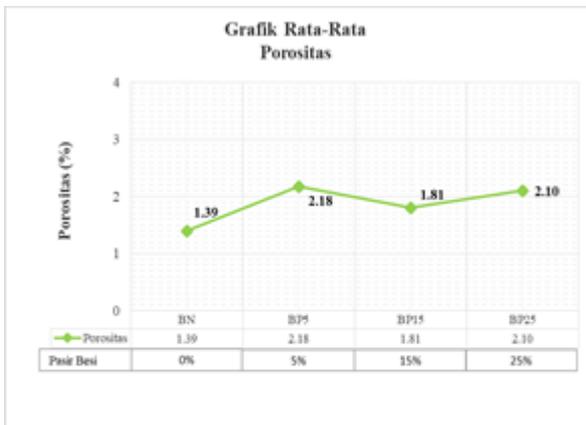
Keterangan:

- A = Berat benda uji dalam air (gram)
- B = Berat benda uji dalam kondisi SSD (gram)
- C = Berat benda uji dalam kondisi kering (gram)

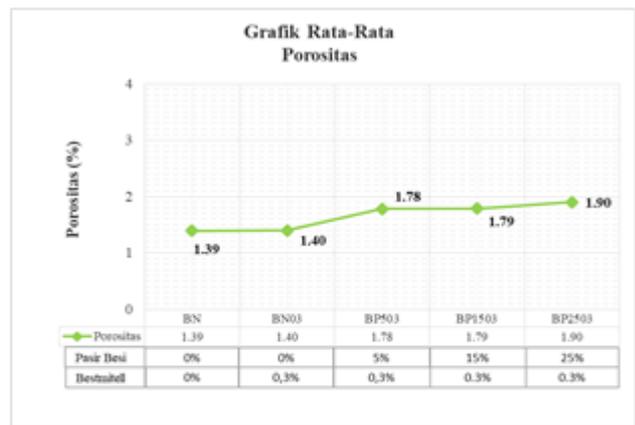
Berikut adalah hasil perhitungan nilai porositas rata-rata beton pada setiap benda uji berdasarkan komposisi penambahan pasir besi:

Tabel 8. Nilai Porositas dan Prosentase Perubahan Porositas

Porositas Beton Normal (%)	Kode Benda Uji	Variasi Pasir Besi (%)	Variasi Bestmitell (%)	Nilai Porositas (%)	Perubahan (%)
1.39	BN03	0	0,3	1.40	0.01
	BP5	5	0	2.18	0.78
	BP503	5	0,3	1.78	0.39
	BP15	15	0	1.81	0.41
	BP1503	15	0,3	1.79	0.39
	BP25	25	0	2.10	0.71
	BP2503	25	0,3	1.90	0.51



Gambar 8. Grafik Rata-Rata Porositas Substitusi Pasi Besi Tanpa Bestmitell

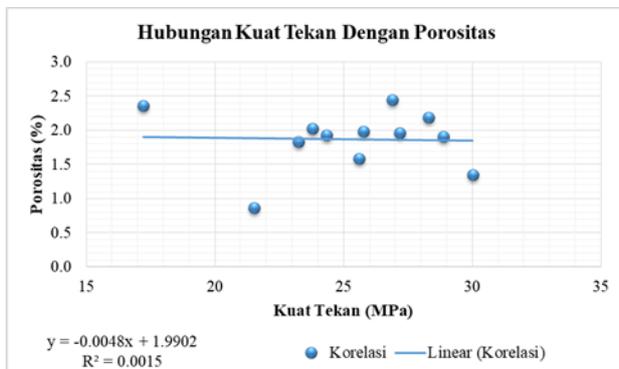


Gambar 9. Grafik Rata-Rata Porositas Substitusi Pasi Besi Dengan Bestmitell

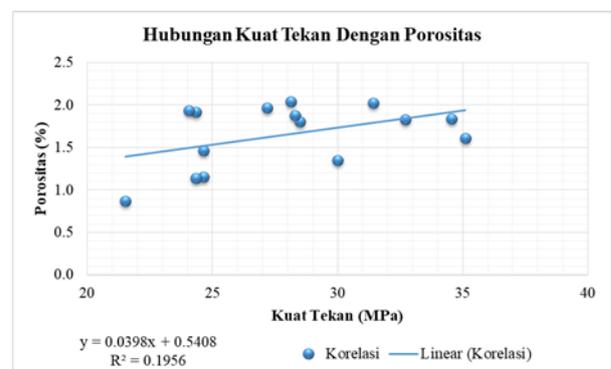
3.5 Hubungan Kuat Tekan Dan Porositas

Hubungan kuat tekan dengan porositas yaitu semakin besar porositas pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya (Suriati,2013).

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap benda uji diperoleh porositas dan kuat tekan rata-rata beton pada setiap benda uji berdasarkan komposisi penambahan pasir besi dapat dilihat pada **Tabel 9**:



Gambar 10. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Substitusi Pasi Besi Tanpa Bestmitell



Gambar 11. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Substitusi Pasi Besi dengan Bestmitell

Tabel 9. Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Beton

No	Kode Benda Uji	Variasi Pasir Besi (%)	Variasi Bestmitell (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Porositas (%)
1	BN	0	0	27.176	1.97
2	BN	0	0	30.007	1.35
3	BN	0	0	21.515	0.87
4	BN03	0	0.3	24.628	1.15
5	BN03	0	0.3	24.345	1.14
6	BN03	0	0.3	24.345	1.92
7	BP5	5	0	17.214	2.36
8	BP5	5	0	28.309	2.19
9	BP5	5	0	25.761	1.98
10	BP503	5	0.3	28.497	1.80
11	BP503	5	0.3	24.062	1.93
12	BP503	5	0.3	35.103	1.61
13	BP15	15	0	25.589	1.58
14	BP15	15	0	24.345	1.92
15	BP15	15	0	28.875	1.91
16	BP1503	15	0.3	24.628	1.46
17	BP1503	15	0.3	31.423	2.03
18	BP1503	15	0.3	28.309	1.87
19	BP25	25	0	26.893	2.44
20	BP25	25	0	23.239	1.83
21	BP25	25	0	23.779	2.02
22	BP2503	25	0.3	34.536	1.83
23	BP2503	25	0.3	32.706	1.83
24	BP2503	25	0.3	28.116	2.04

4. KESIMPULAN

Dari kegiatan penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap beton dengan substitusi pasir besi dan bahan tambah bestmitell, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus tanpa bahan tambah bestmitell kurang dapat meningkatkan kuat tekan beton, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian kuat tekan beton berturut-turut pada benda uji (BP5), (BP15), dan (BP25) yaitu 23,761 MPa, 26,270 MPa, dan 24,637 MPa yang rata-rata memiliki nilai dibawah beton normal (BN) dengan kuat tekan sebesar 26,233 MPa.
2. Penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus dengan bahan tambah bestmitell dalam adukan beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian kuat tekan beton berturut-turut pada benda uji (BP503), (BP1503) dan (BP2503) yaitu 29,221 MPa ; 28,120 MPa dan 31,786 MPa yang mengalami kenaikan dari beton normal (BN) dengan kuat tekan sebesar 26,233 MPa. Semakin banyak variasi pasir besi dan bahan tambah bestmitell yang digunakan maka kuat tekan beton juga semakin meningkat, hal ini dikarenakan pasir besi memiliki gradasi yang sangat halus berfungsi sebagai filler dan bestmitell bersifat memepercepat pengerasan beton.
3. Kuat tekan beton paling besar didapatkan pada benda uji (BP2503) variasi pasir besi 25% dengan bahan tambah bestmitell 0,3% diperoleh kuat tekan sebesar 31,786 MPa.
4. Hasil pengujian nilai porositas beton mengalami kenaikan dari beton normal (BN) sebesar 1,39%, hal ini dikarenakan bestmitell memiliki sifat *water reducer* serta kurangnya kontrol pada saat pemadatan sehingga memungkinkan timbul keropos atau daya ikat antar agregat kurang maksimal.
5. Beton dengan substitusi pasir besi memiliki berat jenis yang relatif lebih besar dibandingkan beton normal (BN) dengan berat jenis rata-rata sebesar 2393,17 Kg/m³.
6. Hubungan kuat tekan dan porositas beton variasi substitusi pasir besi dengan bahan tambah bestmitell diperoleh hasil determinasi R² sebesar 0,0015 atau sama dengan 0,15% dan R² sebesar

0,1956 atau sama dengan 19,56% mendekati angka 0 (nol) yang artinya pada penelitian ini porositas beton berpengaruh sangat kecil terhadap kuat tekan beton.

7. Korelasi kuat tekan dengan porositas seharusnya saling berkaitan karena kuat tekan beton dipengaruhi oleh kepadatan beton, semakin padat beton maka rongga/ pori-pori yang berada didalam beton semakin sedikit sehingga porositas beton semakin kecil.

SARAN

Pada penelitian yang telah dilakukan masih ada beberapa kendala selama proses pembuatan benda uji, baik dari segi material, waktu maupun biaya. Berkaitan dengan hal tersebut dapat dikemukakan saran-saran untuk melengkapi penelitian sebagai berikut:

1. Pada saat pemilihan bahan sebaiknya memilih bahan yang sesuai dengan syarat fisik maupun mekanik bahan campuran beton agar didapatkan kuat tekan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Perlu diperhatikan pada saat pencampuran material, dipastikan material tercampur secara merata.
3. Perlu diperhatikan pada saat proses pemadatan agar meminimalisir terjadinya keropos pada beton yang dapat mempengaruhi kuat tekan dan porositas beton.
4. Pada penelitian selanjutnya bahan/material yang akan digunakan dapat diambil dari tempat yang lebih variatif dan beragam.
5. Pada penelitian selanjutnya pengurangan air juga perlu dipertimbangkan agar pemadatan dapat lebih maksimal.
6. Pada penelitian selanjutnya perlu dicoba variasi pasir besi yang lebih besar dari 25% dengan variasi bahan tambah bestmitell 0,3%.
7. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama sehingga dapat diperoleh hubungan antara kuat tekan dan porositas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM C642-90 (1990). *Standard Test Method For Density Absorption and Voids in Hardened Concrete*. <https://id.scribd.com/document/238790342/Asm-c-642-90-Calidad-Del-Concreto>. Diakses tanggal 24 April 2021.
- [2] Suriati. 2013. Korelasi Antara Porositas Terhadap Kuat Tekan Beton. [http://suriatiabdmuin.blogspot.com/2013/06/korelasi-antara-porositas-terhadapkuat.html?m=1#:~:text=Porositas%20beton%20adalah%20tingkatan%20yang,benda%20\(volume%20total%20beton\)](http://suriatiabdmuin.blogspot.com/2013/06/korelasi-antara-porositas-terhadapkuat.html?m=1#:~:text=Porositas%20beton%20adalah%20tingkatan%20yang,benda%20(volume%20total%20beton)). Diakses tanggal 18 Februari 2021.
- [3] SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional, Puslitbang Teknologi Pemukiman, Jakarta 2000.
- [4] SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, Jakarta 2011.