

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan penelitian yang dilakukan sebelum pelaksanaan pembuatan benda uji. Penelitian pendahuluan sendiri dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan, yaitu agregat kasar alam (NCA), agregat kasar daur ulang (RCA), semen, air, *fly ash*, *superplasticizer*, dan *silica fume*.

Penelitian yang dilakukan pada agregat kasar meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan juga pengujian berat isi agregat kasar. Pengujian yang dilakukan pada *superplasticizer* dan *silica fume* berupa pengujian berat isi sementara untuk kandungan kimia yang terdapat pada masing masing mengikuti kandungan yang telah dilampirkan dari masing masing merk produk. Pengujian *fly ash* dilakukan penelitian berupa kandungan dari *fly ash* yang digunakan yang dilaksanakan di laboratorium Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang sementara untuk pengujian berat isi dilaksanakan di laboratorium struktur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Untuk Semen hanya dilakukan pengujian berat isi dan tanpa pengujian kandungan dalam semen karena telah menggunakan semen PPC Gresik yang telah mencantumkan kandungan dalam semen. Air yang digunakan pada penelitian berasal dari PDAM Kota Malang dan tidak dilakukan penelitian khusus.

4.1.1 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA)

Pada penelitian Berat isi dilakukan dua metode pengujian yaitu dengan cara *sholveled* (tanpa tumbukan) dan *rodded* (ditumbuk) dan kemudian mengambil nilai rata rata antara kedua metode tersebut. Penelitian berat isi dilakukan pada suatu wadah yang digunakan untuk mengukur massa air dan massa agregat yang kemudian dibandingkan diantara kedua massa tersebut untuk memperoleh nilai berat isi.

Tabel 4.1

Data-Data Pelengkap Uji Berat Isi Agregat

No	Data - data tambahan	Satuan	nilai
1	Berat Kotak takar	Gr	1635
2	Berat Kotak takar + air	Gr	4790
3	Berat air (2-1)	Gr	3155
4	ρ air	gr/cm ³	1
5	volume air (3/4)	cm ³	3155

Tabel 4.2
Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Ukuran agregat : 1cm - 2cm		<i>RODDED</i>			<i>SHOVELED</i>		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran + benda uji	gr	6100	6150	6050	5950	5900	5850
berat benda uji	gr	4465	4515	4415	4315	4265	4215
Berat isi	gr/cm ³	1,415	1,431	1,399	1,368	1,352	1,336
Berat isi	gr/cm ³	1,415			1,352		
Berat isi rata-rata	gr/cm ³	1,384					

Tabel 4.3
Berat Isi Agregat Alami (NCA)

Ukuran agregat : 1cm - 2cm		<i>RODDED</i>			<i>SHOVELED</i>		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran + benda uji	gr	6700	6600	6600	6400	6300	6300
berat benda uji	gr	5065	4965	4965	4765	4665	4665
Berat isi	gr/cm ³	1,605	1,574	1,574	1,510	1,479	1,479
Berat isi	gr/cm ³	1,584			1,489		
Berat isi rata-rata	gr/cm ³	1,537					

Berdasarkan hasil yang dipeoleh pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 nilai berat isi rata rata NCA sebesar 1,537 gr/cm³ sedangkan berat isi rata-rata RCA sebesar 1,384 gr/cm³. hasil menunjukkan nilai berat isi agregat NCA lebih besar dari agregat RCA. Hal ini menunjukkan kepadatan butiran NCA lebih padat dibandingkan RCA. Hasil yang diperoleh sesuai dengan kondisi fisik NCA yang merupakan batuan pecah alam sedangkan RCA merupakan hasil daur ulang beton. Karena RCA merupakan hasil daur ulang beton maka RCA masih mengandung mortar, sehingga nilai massa RCA menjadi lebih ringan

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Agregat kasar daur ulang diperoleh dari limbah beton yang telah didaur ulang. Agregat kasar daur ulang atau disebut RCA pada penelitian ini telah ditentukan memiliki memiliki ukuran 1 sampai 2 cm. Pada pengujian ini akan dicari tiga macam nilai berat jenis yaitu berat jenis curah, berat jenis kering, berat jenis permukaan dan berat jenis semu yang kemudian akan diperoleh nilai dari penyerapan.

Tabel 4.4
Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi RCA

Nomor Contoh			1	2	3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5340	5240	5260
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	5160	5080	5080
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3188	3101	3140
Berat jenis curah					
<i>Bulk specific gravity</i>		Bk/(Bj-Ba)	2.398	2.375	2.396
Berat jenis kering permukaan jenuh					
<i>Bulk specific gravity saturated surface drying</i>		Bj/(Bj-Ba)	2.481	2.450	2.481
Berat jenis semu					
<i>Apparent specific gravity</i>		Bk/(Bk-Ba)	2.617	2.567	2.619
Penyerapan (%)					
<i>Absorption</i>		(Bj-Bk)/Bkx100%	3.488	3.150	3.543

Dalam Tabel 4.4 nilai rata-rata yang diperoleh untuk berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, dan berat jenis semu adalah 2,390; 2,471; dan 2,601. Nilai berat jenis yang akan digunakan untuk penelitian adalah berat jenis kering permukaan jenuh senilai 2,471. Hal ini karena pada proses pengecoran agregat yang akan digunakan mengalami kondisi permukaan jenuh. Hasil berat jenis yang diperoleh telah sesuai dengan ketentuan berat jenis RCA yang memiliki syarat nilai berat jenis lebih besar dari 2,4. Untuk hasil penyerapan nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 3,394%, yang berarti sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu nilai penyerapan harus dibawah 4%. Maka hal ini sesuai standar yang ditentukan dan dapat digunakan.

4.1.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami (NCA)

Agregat kasar alami adalah agregat kasar yang berasal dari pecahan batu kali yang dipecah dengan ukuran tertentu. ukuran agregat NCA yang ditentukan untuk penelitian ini yaitu 1 – 2 cm. Pada pengujian ini akan dicari tiga macam nilai berat jenis yaitu berat jenis curah, berat jenis kering, berat jenis permukaan dan berat jenis semu yang kemudian akan diperoleh nilai dari penyerapan.

Tabel 4.5
Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi NCA

Nomor Contoh			1	2	3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5160	5140	5200
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	5080	5060	5120
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3220	3202	3240
Berat jenis curah <i>Bulk specific gravity</i>		Bk/(Bj-Ba)	2.619	2.611	2.612
Berat jenis kering permukaan jenuh <i>Bulk specific gravity saturated surface drying</i>		Bj/(Bj-Ba)	2.660	2.652	2.653
Berat jenis semu <i>Apparent specific gravity</i>		Bk/(Bk-Ba)	2.731	2.723	2.723
Penyerapan (%) <i>Absorption</i>		(Bj-Bk)/Bkx100%	1.575	1.581	1.563

Dalam Tabel 4.5 nilai rata-rata yang diperoleh untuk berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, dan berat jenis semu adalah 2,614; 2,655; dan 2,726. Nilai berat jenis yang akan digunakan untuk penelitian adalah berat jenis kering permukaan jenuh senilai 2,655. Hal ini karena pada proses pengecoran agregat yang akan digunakan mengalami kondisi permukaan jenuh. Hasil berat jenis yang diperoleh telah sesuai dengan ketentuan berat jenis NCA yang memiliki syarat nilai berat jenis 2,4 sampai dengan 2,9. Untuk hasil penyerapan nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 1,573%, yang berarti sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu nilai penyerapan $\leq 1,63\%$.

4.1.4 Uji kandungan *Fly Ash*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis *fly ash* yang akan digunakan pada campuran beton porus pada penelitian kali ini. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Universitas Negeri Malang dengan menggunakan metode XRF atau *X-Ray Fluorescence*. Metode XRF merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kandungan senyawa silika, alumina, fero oksida serta kalsium oksida yang ditunjukkan pada table 4.6

Tabel 4.6
Hasil Pengujian *Fly ash* dengan Metode XRF (*X-Ray Fluorescence*)

Senyawa	Kandungan (%)	Metode
Al	11	XRF
Si	23,8	
K	2,04	
Ca	19,6	
Ti	2,32	
V	0,11	
Cr	0,097	
Mn	0,36	
Fe	36,7	

Ni	0,049
Cu	0,097
Zn	0,03
Sr	0,47
Mo	2,5
Ba	0,43
Eu	0,3
Re	0,38

Berdasarkan tabel 4.6 hasil pengujian yaitu 36,7 % Fe (Besi); 23,8 % Si (Silika); 19,6 % Ca (Kalsium) dan 11% Al (Aluminium). Hasil pengujian menunjukkan bahwa *fly ash* termasuk jenis tipe C. Kandungan kalsium dioksida (CaO) tersebut lebih besar dari 10% dan memiliki kemampuan mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan hasil reaksi semen dan air. Hasil ini sesuai dengan ASTM C618.

4.1.5 Uji Berat isi *Fly Ash*

Pengujian ini dilakukan dengan cara perbandingan volume untuk mencari nilai berat isi *fly ash*. Berikut hasil pengujian berat isi *fly ash*.

Tabel 4.7
Uji Berat Isi *Fly Ash*

FLY ASH		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	8050	8060	8065	7760	7750	7730
berat benda uji (6-1)	gr	6415	6425	6430	6125	6115	6095
Berat isi	gr/cm ³	2,033	2,036	2,038	1,941	1,938	1,932
Berat isi rata2	gr/cm ³	2,036			1,937		
Berat isi	gr/cm ³				1,987		
	kg/Cm ³				0,001987		

Pada tabel 4.7 menunjukkan nilai berat isi *fly ash* sebesar 1,97 gr/cm³

4.1.6 Uji Berat isi *Silica Fume*

Pengujian ini dilakukan dengan cara perbandingan volume untuk mencari nilai berat isi *silica fume*. Berikut hasil pengujian berat isi *silica fume*.

Tabel 4.8
Uji Berat Isi *Silica Fume*

Silica Fume		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	5841	5854	5815	5539	5525	5527
berat benda uji (6-1)	gr	4206	4219	4180	3904	3890	3892
Berat isi	gr/cm ³	1,333	1,337	1,325	1,237	1,233	1,234
Berat isi rata2	gr/cm ³	1,332			1,235		
Berat isi	gr/cm ³				1,283		
	kg/Cm ³				0,001283		

Pada tabel 4.8 menunjukkan nilai berat isi *silica fume* sebesar 1,283 gr/cm³

4.1.7 Uji Berat isi Semen

Pengujian Pengujian ini dilakukan dengan cara perbandingan volume untuk mencari nilai berat isi semen. Berikut hasil pengujian berat isi semen.

Tabel 4.9

Uji Berat Isi Semen

Semen		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	5915	5930	5920	5640	5648	5641
berat benda uji (6-1)	gr	4280	4295	4285	4005	4013	4006
Berat isi	gr/cm ³	1,357	1,361	1,358	1,269	1,272	1,270
Berat isi rata2	gr/cm ³	1,359			1,270		
Berat isi	gr/cm ³	1,315					
	kg/Cm ³	0,001315					

Pada tabel 4.9 menunjukkan nilai berat isi semen sebesar 1,315 gr/cm³

4.2 Kebutuhan Material (*Mix Design*)

Mix design merupakan kebutuhan material yang diperlukan untuk mencapai campuran benda uji yang diinginkan. Penelitian kali ini menggunakan campuran material berupa agregat kasar RCA, agregat kasar NCA, semen, air, *fly ash*, *silica fume*, dan *superplasticizer*.sebelum melakukan perhitungan diperlukan pengujian pendahuluan terhadap material material agar memperoleh berat isi dan berat jenis yang mempengaruhi dari perhitungan *mix design*.

Penelitian berjumlah 27 *mix design* dengan masing masing komposisi agar diketahui nilai dari kuat tekan benda uji dan nilai permeabilitas. Untuk penelitian ini masing masing perobaan berjumlah 3 benda uji baik untuk uji kuat tekan maupun peremabilitas.

Tabel 4.10 *Mix Design*

No	RCA	Kode Mix Design	NCA (kg)	RCA (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Fly Ash (kg)	Silica Fume (kg)	SP (kg)
						(kg)	25%	7%	1.5%
1	0%	R0 P0F0S0W0	11.591	0.000	5.940	0.566	0.000	0.000	0.000
2		R0 P1F0S0W1	11.591	0.000	5.940	0.377	0.000	0.000	0.030
3		R0 P1F0S0W2	11.591	0.000	5.940	0.471	0.000	0.000	0.030
4		R0 P1F1S0W1	11.591	0.000	4.455	0.283	1.084	0.000	0.022
5		R0 P1F1S0W2	11.591	0.000	4.455	0.354	1.084	0.000	0.022
6		R0 P1F0S1W1	11.591	0.000	5.524	0.351	0.000	0.086	0.028
7		R0 P1F0S1W2	11.591	0.000	5.524	0.438	0.000	0.086	0.028
8		R0 P1F1S1W1	11.591	0.000	4.039	0.256	1.084	0.086	0.020
9		R0 P1F1S1W2	11.591	0.000	4.039	0.321	1.084	0.086	0.020
10	50%	R1 P0F0S0W0	5.796	5.218	5.940	0.566	0.000	0.000	0.000
11		R1 P1F0S0W1	5.796	5.218	5.940	0.377	0.000	0.000	0.030

12		R1	P1F0S0W2	5.796	5.218	5.940	0.471	0.000	0.000	0.030
13		R1	P1F1S0W1	5.796	5.218	4.455	0.283	1.084	0.000	0.022
14		R1	P1F1S0W2	5.796	5.218	4.455	0.354	1.084	0.000	0.022
15		R1	P1F0S1W1	5.796	5.218	5.940	0.377	0.000	0.086	0.030
16		R1	P1F0S1W2	5.796	5.218	5.940	0.471	0.000	0.086	0.030
17		R1	P1F1S1W1	5.796	5.218	4.039	0.256	1.084	0.086	0.020
18		R1	P1F1S1W2	5.796	5.218	4.039	0.321	1.084	0.086	0.020
19	100%	R2	P0F0S0W0	0.000	10.436	5.940	0.566	0.000	0.000	0.000
20		R2	P1F0S0W1	0.000	10.436	5.940	0.377	0.000	0.000	0.030
21		R2	P1F0S0W2	0.000	10.436	5.940	0.471	0.000	0.000	0.030
22		R2	P1F1S0W1	0.000	10.436	4.455	0.283	1.084	0.000	0.022
23		R2	P1F1S0W2	0.000	10.436	4.455	0.354	1.084	0.000	0.022
24		R2	P1F0S1W1	0.000	10.436	5.524	0.351	0.000	0.086	0.028
25		R2	P1F0S1W2	0.000	10.436	5.524	0.438	0.000	0.086	0.028
26		R2	P1F1S1W1	0.000	10.436	4.039	0.256	1.084	0.086	0.020
27		R2	P1F1S1W2	0.000	10.436	4.039	0.321	1.084	0.086	0.020

4.3 Keleccakan (*Workability*)

Uji slump dilakukan pada saat kondisi beton segar. Nilai slump dilakukan untuk mengetahui tingkat keleccakan untuk kemudahan pengerjaan beton. Pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil uji slump dengan variasi bahan campuran *silica fume* 7%, *fly ash* 10% dan 25% dengan menggunakan agregat NCA dan RCA ukuran 1-2 cm.

Tabel 4.11
Uji Slump Beton Segar

No	Benda Uji	Nilai Slump
		Diameter (mm)
1	R0 POFOS0W0	350
2	R0 P1FOS0W1	340
3	R0 P1FOS0W2	370
4	R0 P1F1S0W1	320
5	R0 P1F1S0W2	330
6	R0 P1F0S1W1	340
7	R0 P1F0S1W2	310
8	R0 P1F1S1W1	350
9	R0 P1F1S1W2	340
10	R1 POFOS0W0	350
11	R1 P1FOS0W1	390
12	R1 P1FOS0W2	350
13	R1 P1F1S0W1	350
14	R1 P1F1S0W2	410
15	R1 P1F0S1W1	395
16	R1 P1F0S1W2	370
17	R1 P1F1S1W1	330
18	R1 P1F1S1W2	300
19	R2 POFOS0W0	340
20	R2 P1FOS0W1	310
21	R2 P1FOS0W2	340
22	R2 P1F1S0W1	400
23	R2 P1F1S0W2	300
24	R2 P1F0S1W1	350
25	R2 P1F0S1W2	300
26	R2 P1F1S1W1	380
27	R2 P1F1S1W2	280

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diperoleh nilai slump flow dari setiap pembuatan campuran beton pada setiap sampel. Nilai slump flow paling kecil pada pengujian ini adalah terbesar adalah 410 mm dan yang terendah adalah 280 mm. Semakin besar nilai slump, maka semakin mudah pengerjaannya, dan semakin kecil nilai slump, maka kemudahan

pekerjaan (*workability*) semakin rendah. Hal ini juga akan berpengaruh pada kuat tekan beton yang dihasilkan.

4.4 Berat Volume dan Angka Pori Beton Segar

Berat volume beton segar merupakan perbandingan antara massa beton dengan volume alat uji. Nilai berat beton didapatkan dari berat alat uji yang berisi beton segar, M_c dikurangi berat alat uji, M_m . Pada pengujian ini terdapat 2 metode untuk pengujian beton segar yaitu yang pertama, beton dibagi menjadi dua lapisan. Untuk masing-masing lapisan dipadatkan sebanyak 20 kali menggunakan *proctor hammer standart* untuk beton *porous* tanpa penambahan *superplasticizer* dan untuk beton *porous* yang ditambahkan *superplasticizer* beton segar dituangkan ke alat uji hingga terisi penuh tanpa dilakukan pemadatan. Data yang diperoleh diolah menggunakan persamaan 3.7. Pada tabel 4.13 menunjukkan hasil pengujian berat volume beton *porous*.

Angka Pori atau *Void Ratio* merupakan prosentase keseluruhan rongga dibandingkan volume benda. Nilai *void ratio* ditentukan oleh density di lapangan, density teoritis, dan total volume material campuran. *Void ratio* diperoleh dari perbandingan antara selisih berat volume teori dan berat volume actual, dimana didapatkan nilai dari rongga benda uji kemudian dibagi dengan volume aktual. Volume tiap material penyusun beton porous diketahui dari mix design yang dibuat berdasarkan perbandingan volume.

Tabel 4.12

Dimensi Alat untuk Uji Berat Volume dan Angka Pori Beton Segar

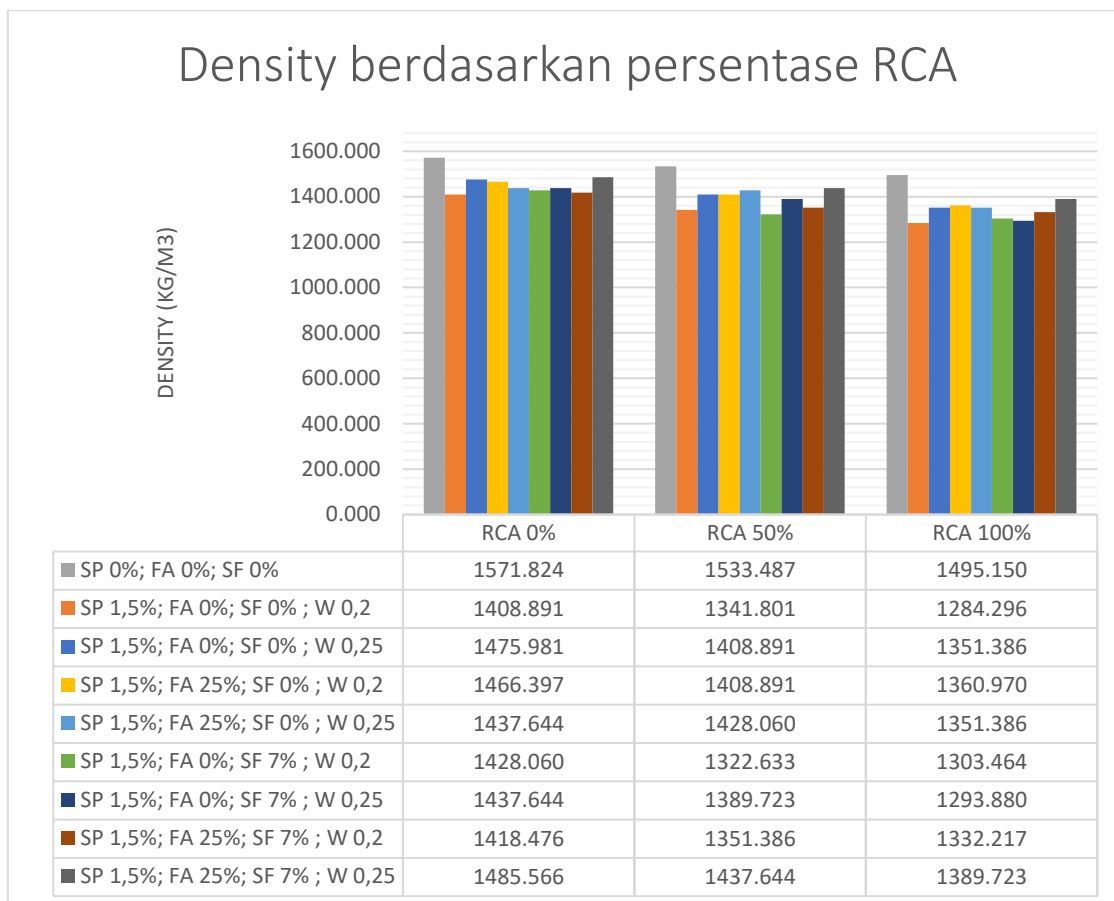
No	Data Alat Ukur	Dimensi
1	Diameter (d)	18.5 cm
2	Tinggi (h)	19.4 cm
3	Volume (V_m)	5216.867 cm ³
4	Massa (M_m)	5.7 kg

Tabel 4.13

Berat Volume Beton Segar

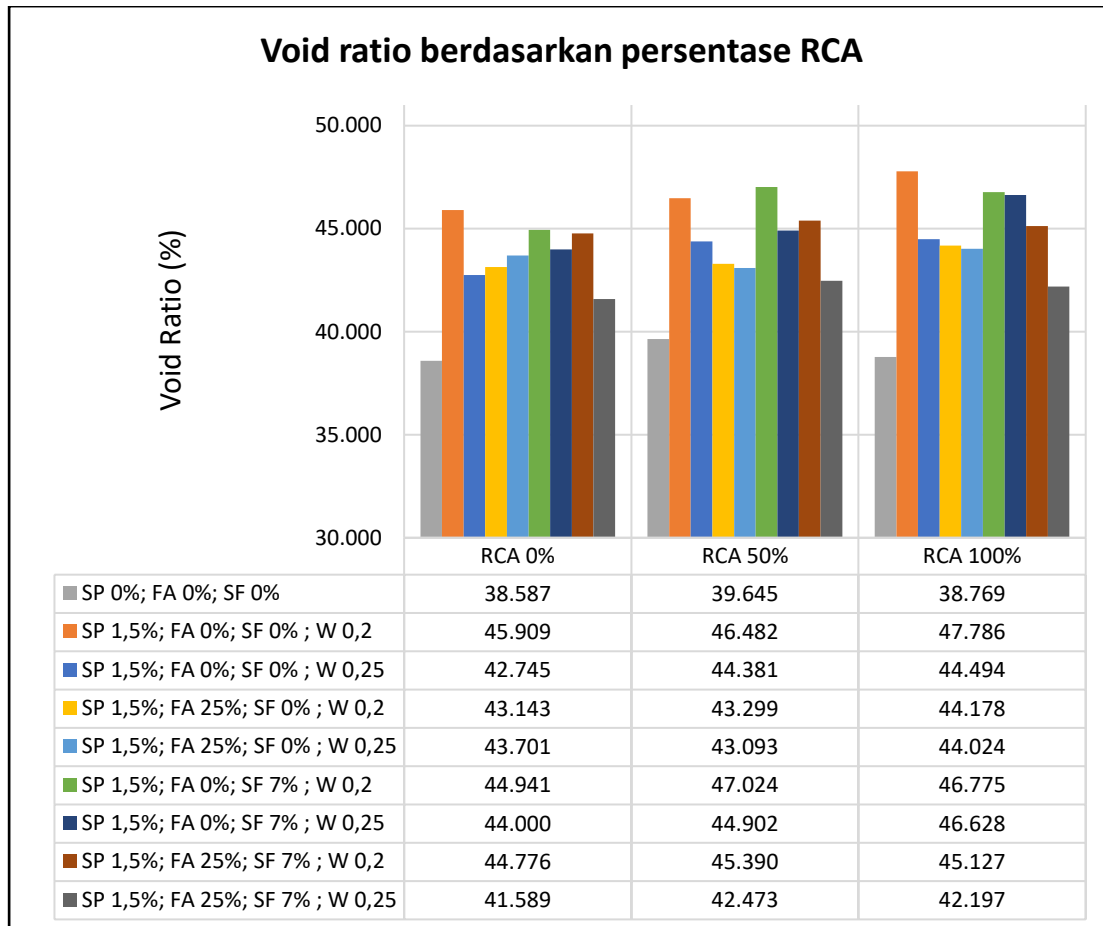
NO	KODE MIX DESIGN	Alat ukur + benda uji	Massa total penyusun beton M_s	Density	Theoretical Density	Void Ratio
		M_c (kg)	(kg)	(D) kg/m ³	(T) kg/m ³	(U)%
1	R0 POF0S0	13.9	8.099	1571.824	2559.440	38.587
2	R0 P1F0S0W1	13.05	8.011	1408.891	2604.663	45.909
3	R0 P1F0S0W2	13.4	8.063	1475.981	2577.898	42.745
4	R0 P1F1S0W1	13.35	8.186	1466.397	2579.117	43.143

5	R0	P1F1S0W2	13.2	8.238	1437.644	2553.581	43.701
6	R0	P1F0S1W1	13.15	8.008	1428.060	2593.692	44.941
7	R0	P1F0S1W2	13.2	8.061	1437.644	2567.212	44.000
8	R0	P1F1S1W1	13.1	8.184	1418.476	2568.582	44.776
9	R0	P1F1S1W2	13.45	8.236	1485.566	2543.312	41.589
10	R1	P0F0S0	13.7	7.674	1533.487	2540.781	39.645
11	R1	P1F0S0W1	12.7	7.743	1341.801	2507.200	46.482
12	R1	P1F0S0W2	13.05	7.691	1408.891	2533.097	44.381
13	R1	P1F1S0W1	13.05	7.918	1408.891	2484.767	43.299
14	R1	P1F1S0W2	13.15	7.866	1428.060	2509.478	43.093
15	R1	P1F0S1W1	12.6	7.741	1322.633	2496.656	47.024
16	R1	P1F0S1W2	12.95	7.689	1389.723	2522.269	44.902
17	R1	P1F1S1W1	12.75	7.916	1351.386	2474.632	45.390
18	R1	P1F1S1W2	13.2	7.864	1437.644	2499.080	42.473
19	R2	P0F0S0	13.5	7.407	1495.150	2441.823	38.769
20	R2	P1F0S0W1	12.4	7.371	1284.296	2459.653	47.786
21	R2	P1F0S0W2	12.75	7.423	1351.386	2434.679	44.494
22	R2	P1F1S0W1	12.8	7.547	1360.970	2438.069	44.178
23	R2	P1F1S0W2	12.75	7.599	1351.386	2414.233	44.024
24	R2	P1F0S1W1	12.5	7.369	1303.464	2448.980	46.775
25	R2	P1F0S1W2	12.45	7.421	1293.880	2424.286	46.628
26	R2	P1F1S1W1	12.65	7.544	1332.217	2427.819	45.127
27	R2	P1F1S1W2	12.95	7.596	1389.723	2404.244	42.197



Gambar 4.1 Density berdasarkan persentase RCA

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat diperoleh nilai berat volume beton segar untuk mengetahui kepadatan beton segar aktual. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa beton *porous* tanpa campuran *superplasticizer* mempunyai berat volume yang lebih tinggi dari beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer*. Berat volume beton porous yang tidak menggunakan *superplasticizer* masing masing untuk RCA 0% yaitu 1571,824 kg/cm³, RCA 50% yaitu 1533,487 kg/cm³, RCA 100% yaitu 1495,150 kg/cm³. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat ditarik kesimpulan semakin tinggi prosentase RCA akan menurunkan berat volume dari beton *porous*.



Gambar 4.2 Void Ratio berdasarkan persentase RCA

Berdasarkan Tabel 4.13 nilai *void ratio* terkecil adalah 38,587% pada beton *porous* normal tanpa tambahan *superplasticizer* variasi 0% RCA. Nilai *void ratio* terbesar diperoleh 47,786 % pada beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer* dengan variasi 100% RCA. *Void ratio* yang memiliki nilai yang lebih tinggi pada beton *porous* dengan campuran *superplasticizer* dibandingkan dengan beton *porous* tanpa campuran *superplasticizer*, dipengaruhi adanya perbedaan pada metode saat pengujian *density* dan *void ratio*. Pada beton *porous* tanpa campuran *superplasticizer* pengukuran *density* dilakukan proses pemadatan menggunakan *standart proctor hammer*, sedangkan untuk beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer* pada saat pengujian *density* tidak dilakukan proses pemadatan menggunakan *standart proctor hammer*.

Berdasarkan ACI 522R-10 *Report on pervious concrete*, Beton *porous* memiliki *void ratio* antara 15% sampai 35%, pada penelitian ini keseluruhan hasil pengujian *void ratio* memiliki nilai *void ratio* diatas 35% hal ini dikarenakan agregat yang dipakai untuk penelitian adalah ukuran 1-2 cm sehingga memiliki nilai rongga yang tinggi.

4.5 Permeabilitas Beton

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui angka permeabilitas pada beton porous dengan menggunakan metode *falling head* karena beton *porous* merupakan beton yang dimungkinkan untuk dilewati oleh air.

Pada proses pengujian awalnya beton *porous* dipasang pada bagian kanan alat uji dengan diameter 112 mm, langkah selanjutnya dalam percobaan ini yaitu mengukur permukaan beton yang telah dipasang agar sejajar dengan permukaan air pada pipa di sebelah kiri kemudian diberi penanda pada pipa sebelah kiri untuk mengetahui tinggi permukaan beton, kemudian langkah setelahnya yaitu memasang pipa di atas beton *porous* kemudian diberi penanda yang sejajar dengan penanda pipa pada bagian kiri benda uji. Setelah memasang pipa pada bagian kanan benda uji dilakukan pengisian air hingga mencapai penanda pada pipa bagian kiri alat uji yang diisi melalui pipa kanan. Ketika air sudah sampai pada penanda, lalu kunci kran pada bagian bawah alat uji dan kemudian kembali mengisi air pada pipa bagian kanan alat uji. Pengisian air dilakukan hingga air mencapai tinggi minimal 300 mm di atas permukaan beton *porous*. Langkah selanjutnya yaitu membuka kran bagian bawah alat uji untuk diukur selisih waktu yang terjadi saat selisih air pada pipa bagian kanan 300 mm untuk mendapatkan nilai permeabilitas. Mengukur permukaan air pipa kiri terhadap penanda pada pipa kanan hal ini dilakukan untuk memulai pengukuran tinggi air dari atas beton, yang telah tertutup oleh pipa. Kemudian mengukur tinggi air awal, dan tinggi air akhir. Selisih tinggi air awal dan akhir dibuat batasan sejauh 300 mm. Kemudian isi air sampai pada tinggi yang ditentukan, kemudian membuka kran bawah bersamaan dengan mengukur waktu penurunan air sejauh 300 mm menggunakan *stopwatch*.



Gambar 4.3 Alat uji *falling head* beton *porous*

Pada gambar 4.3 menunjukkan alat uji *falling head* yang digunakan untuk pengujian permeabilitas



Gambar 4.4 Mengukur tinggi permukaan beton *porous* pada pipa kanan alat uji

Pada gambar 4.4 pengukuran tinggi permukaan beton *porous*, pengukuran tinggi permukaan dilakukan agar dapat mengetahui tinggi awal air di atas permukaan beton *porous*.



Gambar 4.5 Mengukur tinggi awal air dari permukaan beton

Pada gambar 4.5 menunjukkan proses pengukuran tinggi air awal diatas permukaan beton *porous*.

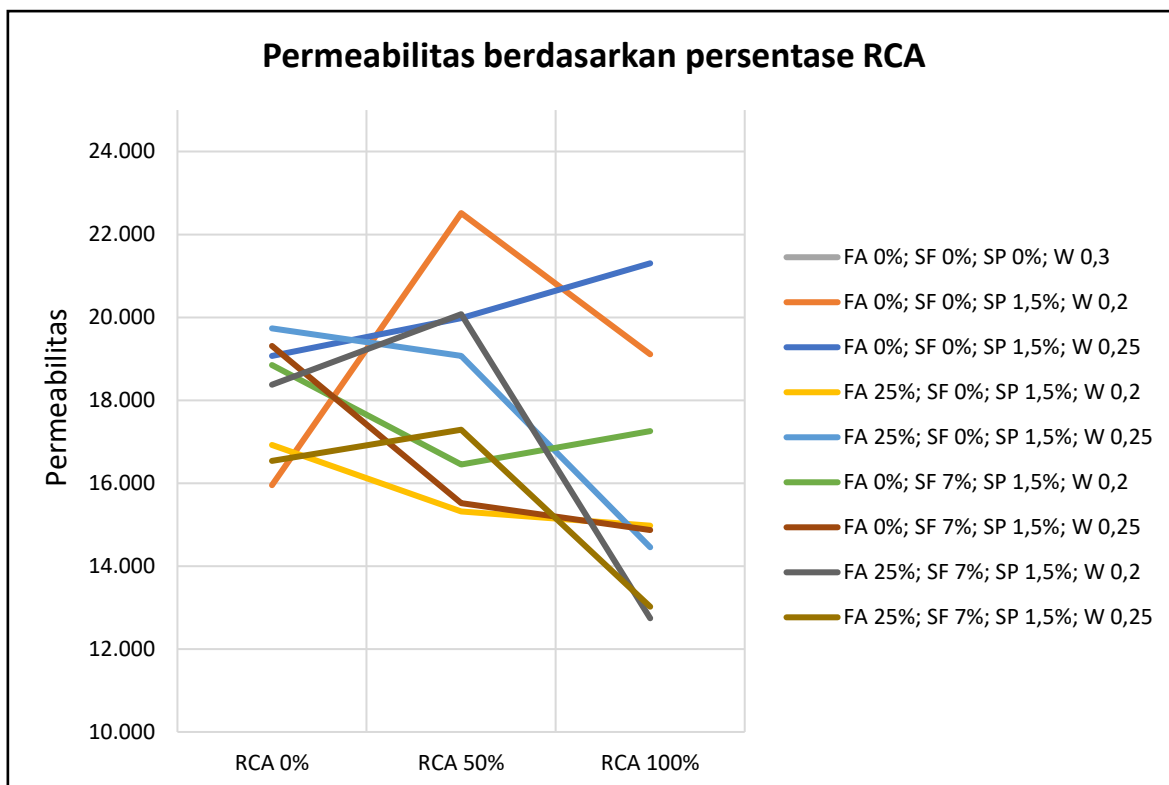
Data yang diperlukan dari pengujian ini yaitu diameter setiap sampel, tinggi sampel, tinggi air awal, tinggi air akhir, dan waktu penurunan. Sehingga dapat diperoleh nilai permeabilitas yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Permeabilitas Beton

No	Kode Mix Desain	No. Sample	L	d1	A1	A2	l	t	h1	h2	log (h2/h1)	k	k
					Mm	mm			Mm	Mm		mm/det	mm/det
1	R0P0F0S0W0	1	200	107	107	112	200	5.28	490	190	-0.411	14.880	13.902
		2	200	107	107	112	200	5.95	505	205	-0.392	12.566	
		3	200	107	107	112	200	5.25	505	205	-0.392	14.259	
2	R0P1F0S0W1	1	192	107	107	112	192	4.03	502	202	-0.395	17.980	15.952
		2	178	107	107	112	178	4.37	501	201	-0.397	15.447	
		3	176	107	107	112	176	4.37	519	219	-0.375	14.429	
3	R0P1F0S0W2	1	200	107	107	112	200	3.50	505	205	-0.392	21.375	19.070
		2	200	107	107	112	200	4.13	505	205	-0.392	18.100	
		3	200	107	107	112	200	4.10	514	214	-0.381	17.735	
4	R0P1F1S0W1	1	185	107	107	112	185	3.80	511	211	-0.384	17.867	16.922
		2	175	107	107	112	175	4.27	500	200	-0.398	15.593	
		3	180	107	107	112	180	4.03	494	194	-0.406	17.307	
5	R0P1F1S0W2	1	176	107	107	112	176	3.53	499	199	-0.399	18.999	19.734
		2	185	107	107	112	185	3.20	505	205	-0.392	21.625	
		3	182	107	107	112	182	3.70	502	202	-0.395	18.579	
6	R0P1F0S1W1	1	200	107	107	112	200	3.97	502	202	-0.395	19.044	18.850
		2	200	107	107	112	200	3.70	505	205	-0.392	20.219	
		3	200	107	107	112	200	4.30	507	207	-0.389	17.287	
7	R0P1F0S1W2	1	190	107	107	112	190	4.68	497	197	-0.402	15.577	19.310
		2	200	107	107	112	200	3.43	500	200	-0.398	22.146	
		3	200	107	107	112	200	3.80	497	197	-0.402	20.208	
8	R0P1F1S1W1	1	200	107	107	112	200	5.13	503	203	-0.394	14.668	18.373
		2	200	107	107	112	200	3.53	506	206	-0.390	21.105	
		3	200	107	107	112	200	3.94	499	199	-0.399	19.345	
9	R0P1F1S1W2	1	190	107	107	112	190	4.79	500	200	-0.398	15.070	16.537
		2	200	107	107	112	200	4.10	509	209	-0.387	18.030	
		3	180	107	107	112	180	4.21	495	195	-0.405	16.512	

		2	200	107	107	112	200	6.73	505	205	-0.392	11.111	
		3	200	107	107	112	200	6.40	500	200	-0.398	11.880	
11	R1P1F0S0W1	1	200	107	107	112	200	3.37	511	211	-0.384	21.801	22.515
		2	200	107	107	112	200	3.03	507	207	-0.389	24.506	
		3	200	107	107	112	200	3.50	507	207	-0.389	21.238	
12	R1P1F0S0W2	1	200	107	107	112	200	4.07	504	204	-0.393	18.456	19.981
		2	200	107	107	112	200	3.50	502	202	-0.395	21.583	
		3	185	107	107	112	185	3.53	500	200	-0.398	19.905	
13	R1P1F1S0W1	1	177	107	107	112	177	4.20	501	201	-0.397	15.969	15.317
		2	186	107	107	112	186	4.37	494	194	-0.406	16.519	
		3	180	107	107	112	180	5.07	501	201	-0.397	13.462	
14	R1P1F1S0W2	1	186	107	107	112	186	4.10	504	204	-0.393	17.024	19.072
		2	184	107	107	112	184	3.50	502	202	-0.395	19.856	
		3	189	107	107	112	189	3.53	500	200	-0.398	20.336	
15	R1P1F0S1W1	1	200	107	107	112	200	4.33	496	196	-0.403	17.780	16.451
		2	200	107	107	112	200	4.90	495	195	-0.405	15.776	
		3	200	107	107	112	200	4.77	503	203	-0.394	15.796	
16	R1P1F0S1W2	1	200	107	107	112	200	4.59	505	205	-0.392	16.299	15.521
		2	185	107	107	112	185	6.27	504	204	-0.393	11.067	
		3	200	107	107	112	200	4.00	497	197	-0.402	19.197	
17	R1P1F1S1W1	1	200	107	107	112	200	3.67	508	208	-0.388	20.208	20.076
		2	200	107	107	112	200	3.77	495	195	-0.405	20.523	
		3	200	107	107	112	200	3.90	500	200	-0.398	19.496	
18	R1P1F1S1W2	1	200	107	107	112	200	3.97	512	212	-0.383	18.446	17.290
		2	200	107	107	112	200	4.67	498	198	-0.401	16.401	
		3	200	107	107	112	200	4.47	500	200	-0.398	17.023	
19	R2P0F0S0W0	1	200	107	107	112	200	6.63	510	210	-0.385	11.100	10.619
		2	200	107	107	112	200	6.67	509	209	-0.387	11.079	
		3	200	107	107	112	200	7.63	509	209	-0.387	9.676	
20	R2P1F0S0W1	1	200	107	107	112	200	3.33	508	208	-0.388	22.229	19.112

		2	200	107	107	112	200	4.60	508	208	-0.388	16.108	
		3	200	107	107	112	200	3.90	508	208	-0.388	18.999	
21	R2P1F0S0W2	1	200	107	107	112	200	3.34	503	203	-0.394	22.544	21.304
		2	200	107	107	112	200	3.69	500	200	-0.398	20.587	
		3	200	107	107	112	200	3.72	495	195	-0.405	20.780	
22	R2P1F1S0W1	1	200	107	107	112	200	5.17	508	208	-0.388	14.341	14.976
		2	200	107	107	112	200	5.37	503	203	-0.394	14.030	
		3	200	107	107	112	200	4.53	504	204	-0.393	16.556	
23	R2P1F1S0W2	1	200	107	107	112	200	6.17	501	201	-0.397	12.290	14.455
		2	188	107	107	112	188	3.93	495	195	-0.405	18.474	
		3	186	107	107	112	186	5.43	510	210	-0.385	12.603	
24	R2P1F0S1W1	1	200	107	107	112	200	4.33	504	204	-0.393	17.320	17.260
		2	200	107	107	112	200	4.07	513	213	-0.382	17.936	
		3	200	107	107	112	200	4.33	519	219	-0.375	16.523	
25	R2P1F0S1W2	1	200	107	107	112	200	4.83	505	205	-0.392	15.478	14.870
		2	200	107	107	112	200	5.57	505	205	-0.392	13.439	
		3	200	107	107	112	200	4.63	514	214	-0.381	15.693	
26	R2P1F1S1W1	1	200	107	107	112	200	6.63	509	209	-0.387	11.135	12.742
		2	200	107	107	112	200	5.33	503	203	-0.394	14.118	
		3	200	107	107	112	200	5.77	505	205	-0.392	12.973	
27	R2P1F1S1W2	1	200	107	107	112	200	6.13	507	207	-0.389	12.120	13.021
		2	200	107	107	112	200	5.80	499	199	-0.399	13.153	
		3	200	107	107	112	200	5.70	490	190	-0.411	13.792	



Gambar 4.6 Grafik hubungan permeabilitas dan komposisi RCA

Nilai permeabilitas beton pada Tabel 4.15 merupakan permeabilitas setiap sampel beton pada setiap variasi RCA. Setiap variasi RCA ada 3 sampel beton yang diuji. Untuk memilih hasil uji permeabilitas, bisa diambil kedua-duanya apabila angka berdekatan, dan apabila angka saling berjauhan antara dua sampel, maka diambil data yang mungkin berdasarkan angka *void ratio* yang mungkin. Semakin besar *void ratio*, maka semakin besar pula permeabilitas, dan sebaliknya.

Nilai permeabilitas pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa beton yang paling *permeable* merupakan beton dengan kandungan SP 1,5% FA 0% SF 0% FAS 0,2, dan kadar RCA sebesar 50% yaitu rata-rata sebesar 22,515 mm/detik, sedangkan pada beton yang paling tidak *permeable* pada beton dengan kandungan SP 1,5% FA 0% SF 0% FAS 0,2, dan kadar RCA 100% yaitu rata-rata sebesar 10,619 mm/detik (dapat dilihat pada Gambar 4.10). Hal ini terjadi karena pada beton dengan kandungan SP 1,5% FA 0% SF 0% FAS 0,2, dan kadar RCA 100%, memiliki angka persentase pori yang besar sehingga air cepat melewati beton. Sedangkan pada permeabilitas yang kecil disebabkan karena angka persentase pori pada variasi ini relatif kecil daripada yang lain (dapat dilihat pada Gambar 4.4).

Pada saat melaksanakan percobaan ini, ada beberapa faktor pengaruh *human error* yang dilakukan oleh penguji, diantaranya adalah kebocoran, variasi tinggi yang tidak sama dalam satu sampel, dan bentuk sampel yang agak lonjong dikarenakan melebarnya pipa ke satu sisi.

Tinggi yang bervariasi disebabkan oleh perataan beton yang dilakukan sebelum pengujian, karena pada proses hidrasi, beton segar mengendap di dasar beton, sehingga menutupi pori-pori beton.

4.6 Kuat Tekan Beton *Porous*

Pengujian kuat tekan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh angka pori dan permeabilitas terhadap kuat tekan *beton porous*. Hasil pengujian ini diharapkan mendapatkan kuat tekan yang tinggi untuk mendapatkan variasi RCA yang optimal. Beton diuji pada umur 28 hari. Setiap variasi *mix design* dibuat tiga benda uji dengan ukuran yang sama. Hasil pengujian kuat tekan beton porous dapat dilihat pada Tabel 4.15.

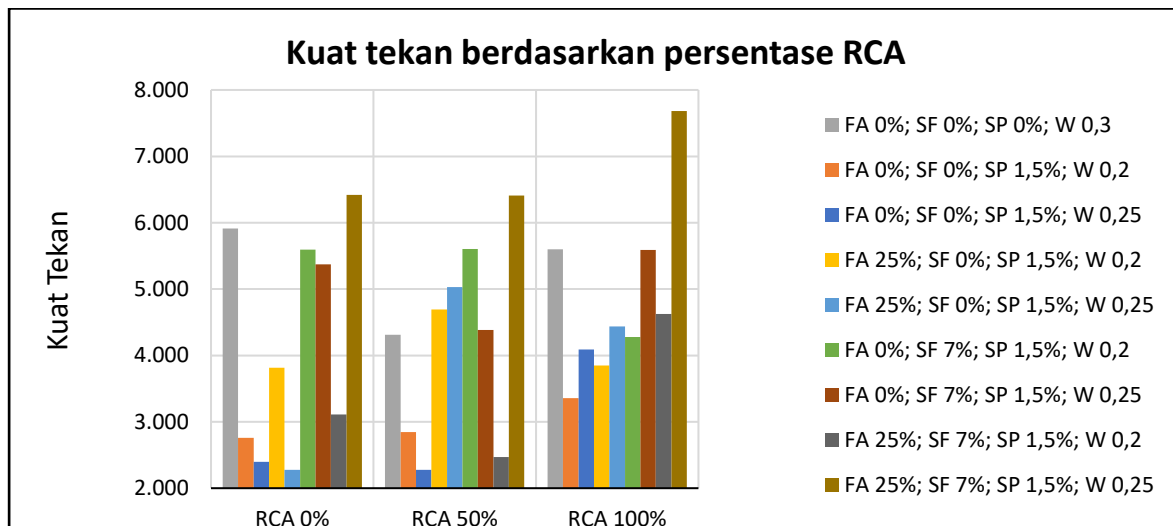
Tabel 4.15
Uji Kuat Tekan Beton Porous

No	Benda Uji	No. Sample	Beban (kN)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	R0P0F0S0W0	1	74	11,033	20,4	95,6	7,740	5,912
		2	59	11	20,3	95,03	6,208	
		3	36	11	20,4	95,03	3,788	
2	R0P1F0S0W1	1	25	11	20,2	95,03	2,631	2,757
		2	22	11	20,4	95,03	2,315	
		3	32	11,067	20,0	96,19	3,327	
3	R0P1F0S0W2	1	19	11	20,7	95,03	1,999	2,396
		2	13	10,867	20,1	92,75	1,402	
		3	36	11	20,2	95,03	3,788	
4	R0P1F1S0W1	1	40	11,033	20,0	95,6	4,184	3,815
		2	32	11	20,5	95,03	3,367	
		3	37	11	19,7	95,03	3,893	
5	R0P1F1S0W2	1	39	11,033	19,9	95,6	4,079	2,276
		2	24	11	20,0	95,03	2,525	
		3	26	11,033	20,0	95,6	2,720	
6	R0P1F0S1W1	1	79	11,167	20,7	97,94	8,066	5,593
		2	35	11,033	20,1	95,6	3,661	
		3	48	11	20,2	95,03	5,051	
7	R0P1F0S1W2	1	51	11	20,2	95,03	5,367	5,372
		2	42	11	19,9	95,03	4,420	
		3	62	11,167	19,8	97,94	6,330	
8	R0P1F1S1W1	1	39	11,033	20,0	95,6	4,079	3,109
		2	24	11,033	20,0	95,6	2,510	
		3	26	11	20,3	95,03	2,736	
9	R0P1F1S1W2	1	79	11	20,2	95,03	8,313	6,419
		2	58	11	20,4	95,03	6,103	
		3	46	11	20,5	95,03	4,840	

10	R1P0F0S0W0	1	38	10,867	20,3	92,75	4,097	4,312
		2	46	11	20,2	95,03	4,840	
		3	38	11	20,4	95,03	3,999	
11	R1P1F0S0W1	1	39	11,033	20,5	95,6	4,079	2,845
		2	14	10,867	20,4	92,75	1,509	
		3	28	11	20,1	95,03	2,946	
12	R1P1F0S0W2	1	21	11,033	20,3	95,6	2,197	2,276
		2	23	11	20,4	95,03	2,420	
		3	21	11	20,0	95,03	2,210	
13	R1P1F1S0W1	1	39	11,167	20,4	97,94	3,982	4,695
		2	57	11	20,1	95,03	5,998	
		3	39	11	20,3	95,03	4,104	
14	R1P1F1S0W2	1	46	11,03	20,4	95,55	4,814	5,030
		2	37	11	20,3	95,03	3,893	
		3	61	11,03	20,4	95,55	6,384	
15	R1P1F0S1W1	1	51	11,03	20,2	95,55	5,337	5,602
		2	57	11	20,4	95,03	5,998	
		3	52	11	20,2	95,03	5,472	
16	R1P1F0S1W2	1	26	11	20,1	95,03	2,736	4,384
		2	47	11	20,3	95,03	4,946	
		3	52	11	20,0	95,03	5,472	
17	R1P1F1S1W1	1	17	11,167	20,4	97,94	1,736	2,471
		2	25	11,033	20,2	95,6	2,615	
		3	30	11,167	20,1	97,94	3,063	
18	R1P1F1S1W2	1	79	11	20,3	95,03	8,313	6,409
		2	58	11	20,0	95,03	6,103	
		3	46	11,033	20,4	95,6	4,812	
19	R2P0F0S0W0	1	62	11	20,1	95,03	6,524	5,600
		2	57	11,033	20,3	95,6	5,962	
		3	41	11	20,4	95,03	4,314	
20	R2P1F0S0W1	1	36	11,167	20,3	97,94	3,676	3,358
		2	31	11,033	20,4	95,6	3,243	
		3	30	11	20,4	95,03	3,157	
21	R2P1F0S0W2	1	37	11	20,3	95,03	3,893	4,088
		2	41	11,167	20,4	97,94	4,186	
		3	40	11,033	20,2	95,6	4,184	
22	R2P1F1S0W1	1	29	11	20,4	95,03	3,052	3,847
		2	45	11,167	20,0	97,94	4,595	
		3	37	11	20,7	95,03	3,893	
23	R2P1F1S0W2	1	52	11,167	20,1	97,94	5,309	4,436
		2	31	11	20,4	95,03	3,262	
		3	45	11	20,2	95,03	4,735	
24	R2P1F0S1W1	1	36	11	20,2	95,03	3,788	4,279
		2	39	11	20,0	95,03	4,104	
		3	47	11	19,9	95,03	4,946	
25	R2P1F0S1W2	1	61	11,033	20,2	95,6	6,380	5,588
		2	55	11,033	19,9	95,6	5,753	

		3	44	11	19,8	95,03	4,630	
26	R2P1F1S1W1	1	36	11,03	20,0	95,55	3,768	4,623
		2	53	11	20,0	95,03	5,577	
		3	43	11	20,3	95,03	4,525	
27	R2P1F1S1W2	1	84	11	20,2	95,03	8,839	7,682
		2	57	11	20,4	95,03	5,998	
		3	78	11	20,5	95,03	8,208	

Hasil kuat tekan pada Tabel 4.15 merupakan hasil dari tiga buah sampel pada setiap variasi *mix design*, maka perlu mencari kuat tekan rata-rata pada setiap variasi. Perlu diperhatikan untuk mencari nilai kuat tekan rata-rata pada setiap *mix design*, tidak harus dari semua benda uji, melainkan minimal hasil dari dua benda uji per *mix design*. Dari data yang diperoleh, kemungkinan ada data yang jauh berbeda dari data lainnya atau disebut sebagai *outlier*.



Gambar 4.7 Grafik uji kuat tekan terhadap komposisi RCA

Pada Gambar 4.7 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design*. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan campuran RCA 100%, FA 25%, SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,25 memiliki rata – rata nilai kuat tekan yang paling tinggi yaitu sebesar 7,682 MPa sedangkan rata – rata nilai kuat tekan terendah pada variasi *mix design* RCA 50%, FA 0%, SF 0%, SP 1,5%, dan FAS 0,25 yaitu sebesar 2,276 Mpa.

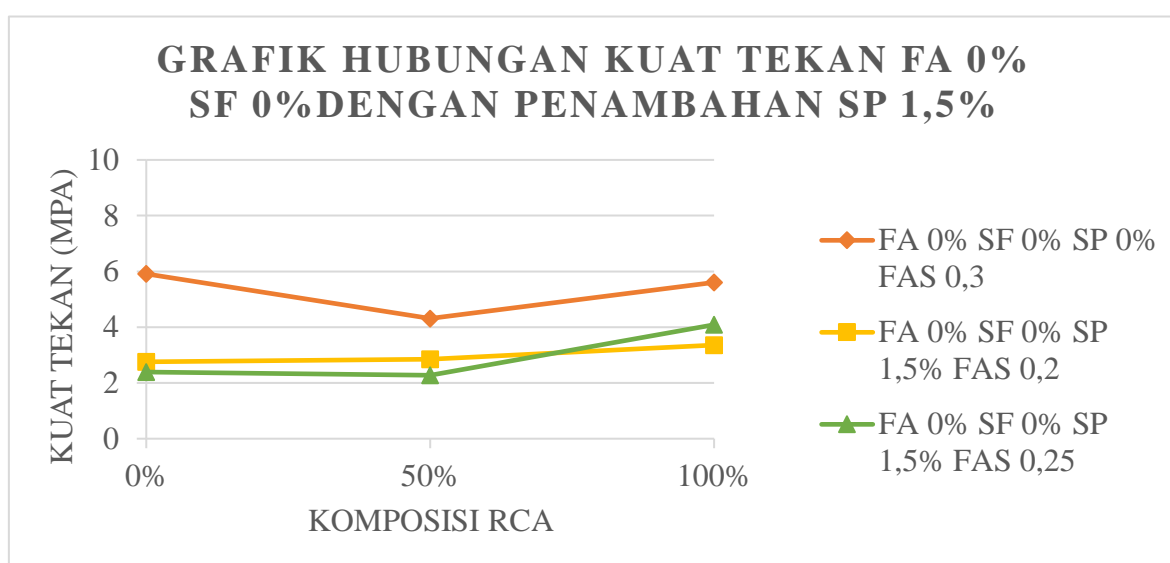
4.6.1 Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan Variasi Persentase RCA, FA 0%, SF 0% dengan Penambahan SP 1,5%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA, FA 0%, SF 0%, dan SP 1,5% dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.16

Kuat Tekan Rata-rata Beton *Porous* FA 0% SF 0%

Kode Mix	Kuat Tekan Rata Rata	Ket Campuran
R0P0F0S0W0	5,912	SP 0%; FAS 0,3
R1P0F0S0W0	4,312	
R2P0F0S0W0	5,600	
R0P1F0S0W1	2,757	SP 1,5%; FAS 0,2
R1P1F0S0W1	2,845	
R2P1F0S0W1	3,358	
R0P1F0S0W2	2,396	SP 1,5%; FAS 0,25
R1P1F0S0W2	2,276	
R2P1F0S0W2	4,088	



Gambar 4.8 Hubungan Kuat Tekan FA 0% SF 0% dengan Penambahan SP 1,5%

Pada Tabel 4.16 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 0% ,SF 0%, dan SP 0% yang dibandingkan dengan variasi FA 0%, SF 0%, dan SP 1,5% dengan kadar RCA 0%, 50% dan 100%. Nilai kuat tekan tertinggi sebesar 5,912 MPa pada komposisi FA 0% ,SF 0%, SP 0%, dan FAS 0,3 dengan kadar RCA 100% dan nilai kuat tekan terendah sebesar 2,276 MPa pada komposisi FA 0% ,SF 0%, SP 1,5%, dan FAS 0,25 dengan kadar RCA 50%..

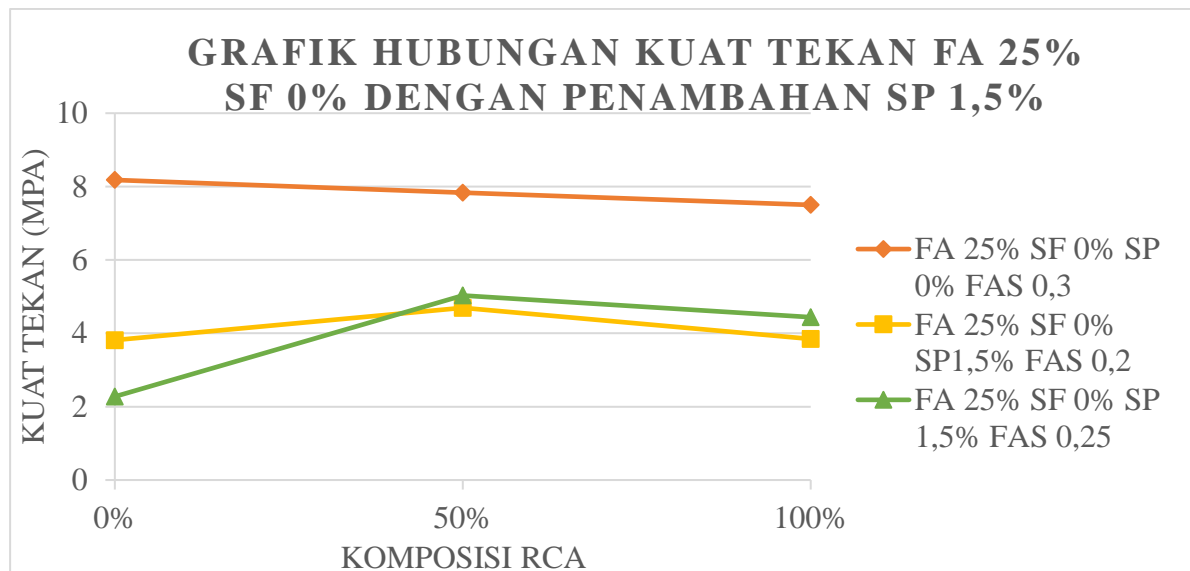
Pada Gambar 4.8 Nilai menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *superplasticizer* memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi *mix design* tanpa kandungan *superplasticizer*. Nilai kuat tekan yang lebih rendah pada *mix design* yang mengandung *superplasticizer* terjadi karena tidak adanya ikatan antar agregat karena pasta menjadi lebih cair dan menumpuk pada bagian bawah benda uji.

4.6.2 Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan Variasi Persentase RCA, FA 25%, SF 0% dengan Penambahan SP 1,5%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA, FA 25%, SF 0%, dan SP 1,5% dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.9.

Tabel 4.17
Kuat Tekan Rata-rata Beton *Porous* FA 25% SF 0%

Kode Mix	Kuat Tekan Rata Rata	Ket Campuran
R0F2S0	8,180	SP 0%; FAS 0,3
R1F2S0	7,835	
R2F2S0	7,499	
R0P1F1S0W1	3,815	SP 1,5%; FAS 0,2
R1P1F1S0W1	4,695	
R2P1F1S0W1	3,847	
R0P1F1S0W2	2,276	SP 1,5%; FAS 0,25
R1P1F1S0W2	5,030	
R2P1F1S0W2	4,436	



Gambar 4.9 Hubungan Kuat Tekan FA 25% SF 0% dengan Penambahan SP 1,5%

Pada Tabel 4.17 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 25% ,SF 0%, dan SP 0% yang dibandingkan dengan variasi FA 0%, SF 0%, dan SP 1,5% dengan kadar RCA 0%, 50% dan 100%. Nilai kuat tekan

tertinggi sebesar 8,198 MPa pada komposisi FA 0% ,SF 0%, SP 0%, dan FAS 0,3 dengan kadar RCA 0% dan nilai kuat tekan terendah sebesar 2,276 MPa pada komposisi FA 25% ,SF 0%, SP 1,5%, dan FAS 0,25 dengan kadar RCA 50%.

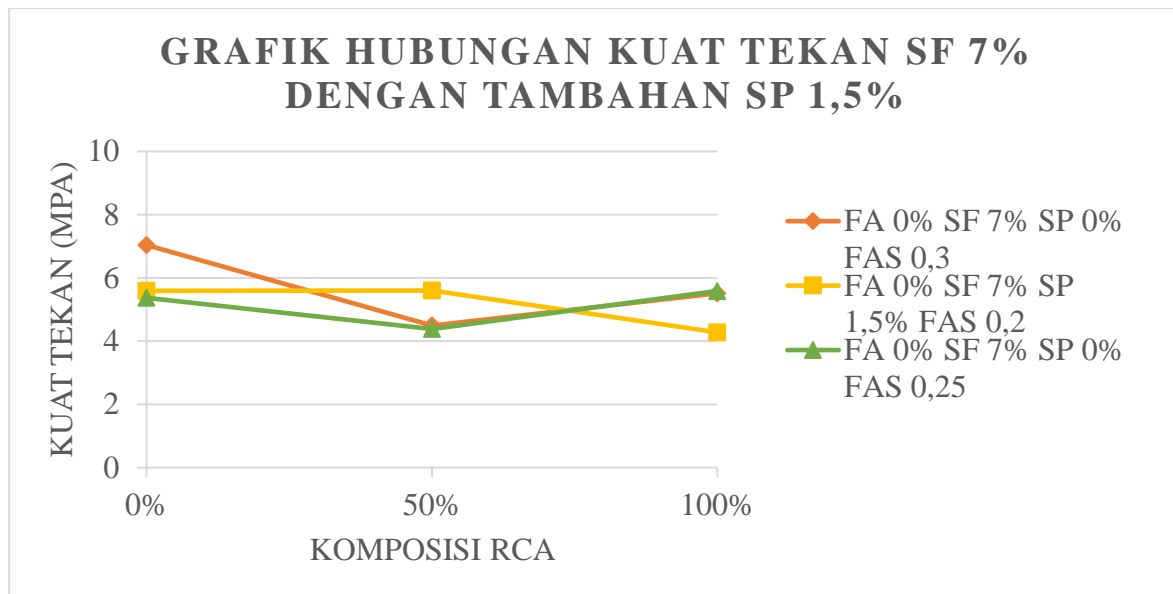
Pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *superplasticizer* memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi mix design tanpa kandungan *superplasticizer*. Nilai kuat tekan yang lebih rendah pada *mix design* yang mengandung *superplasticizer* terjadi karena tidak adanya ikatan antar agregat karena pasta menjadi lebih cair dan menumpuk pada bagian bawah permukaan benda uji.

4.6.3 Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan Variasi Persentase RCA, FA 0%, SF 7% dengan Penambahan SP 1,5%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA, FA 0%, SF 7%, dan SP 1,5% dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.18
Kuat Tekan Rata-rata Beton *Porous* FA 0% SF 7%

Kode Mix	Kuat Tekan Rata Rata	Ket Campuran
R0F0S1	7,041	SP 0%; FAS 0,3
R1F0S1	4,496	
R2F0S1	5,517	
R0P1F0S1W1	5,593	SP 1,5%; FAS 0,2
R1P1F0S1W1	5,602	
R2P1F0S1W1	4,279	
R0P1F0S1W2	5,372	SP 1,5%; FAS 0,25
R1P1F0S1W2	4,384	
R2P1F0S1W2	5,588	



Gambar 4.10 Hubungan Kuat Tekan FA 0% SF 7% dengan Penambahan SP 1,5%

Pada Tabel 4.18 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 0% ,SF 7%, dan SP 0% yang dibandingkan dengan variasi FA 0%, SF 7%, dan SP 1,5% dengan kadar RCA 0%, 50% dan 100%. Nilai kuat tekan tertinggi sebesar 7,041 MPa pada komposisi FA 0% ,SF 0%, SP 0%, dan FAS 0,3 dengan kadar RCA 0% dan nilai kuat tekan terendah sebesar 4,279 MPa pada komposisi FA 0% ,SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,2 dengan kadar RCA 100%.

Pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa pada saat campuran RCA 0% beton porous tanpa penambahan *superplasticizer* memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton *porous* dengan penambahan *superplasticizer*, sedangkan pada saat campuran RCA 50% nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada beton *porous* dengan campuran FA 0% SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,2, dan pada saat campuran RCA 100% nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada beton *porous* dengan campuran FA 0% SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,25. Adapun hasil kuat tekan beton *porous* dengan penambahan *superplasticizer* terdapat nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton *porous* tanpa penambahan *superplasticizer* terjadi karena pasta menjadi lebih cair dan menumpuk pada bawah permukaan beton *porous* sehingga tidak terjadi ikatan antar agregat.

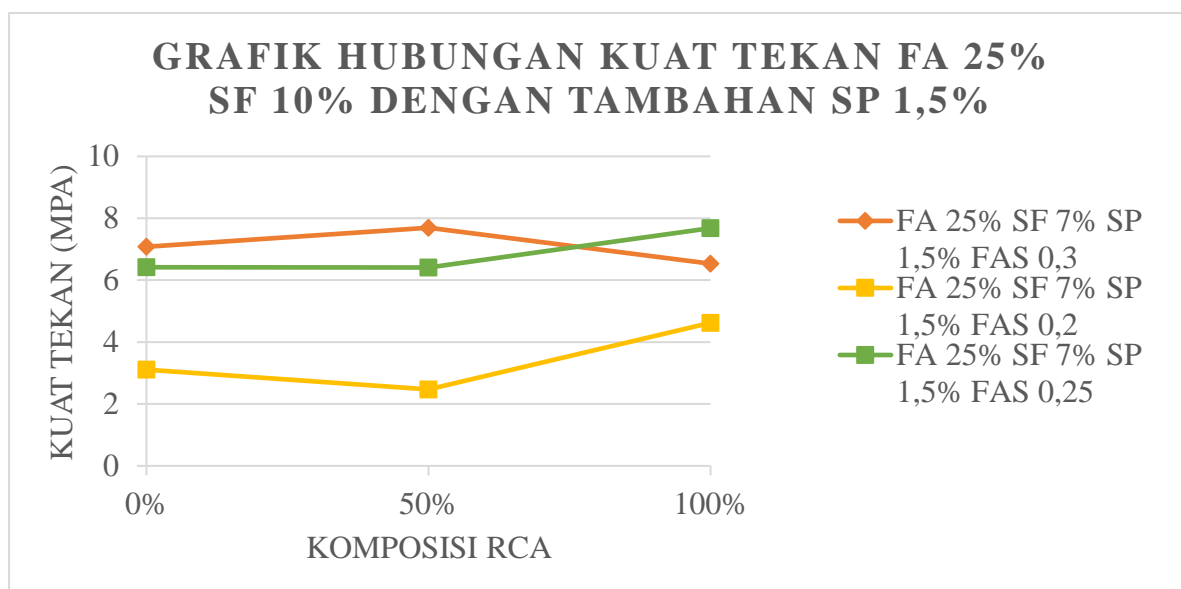
4.6.4 Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan Variasi Persentase RCA, FA 25%, SF 7% dengan Penambahan SP 1,5%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi

persentase RCA, FA 0%, SF 7%, dan SP 1,5% dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.19
Kuat Tekan Rata-rata Beton *Porous* FA 25% SF 7%

Kode Mix	Kuat Tekan Rata Rata	Ket Campuran
R0F2S1	7,075	SP 0%; FAS 0,3
R1F2S1	7,694	
R2F2S1	6,533	
R0P1F1S1W1	3,109	SP 1,5%; FAS 0,2
R1P1F1S1W1	2,471	
R2P1F1S1W1	4,623	
R0P1F1S1W2	6,419	SP 1,5%; FAS 0,25
R1P1F1S1W2	6,409	
R2P1F1S1W2	7,682	



Gambar 4.11 Hubungan Kuat Tekan FA 25% SF 7% dengan Penambahan SP 1,5%

Pada Tabel 4.19 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 25% ,SF 7%, dan SP 0% yang dibandingkan dengan variasi FA 25%, SF 7%, dan SP 1,5% dengan kadar RCA 0%, 50% dan 100%. nilai kuat tekan tertinggi sebesar 7,694 MPa pada komposisi FA 25% ,SF 7%, SP 0%, dan FAS 0,3 dengan kadar RCA 50% dan nilai kuat tekan terendah sebesar 2,471 MPa pada komposisi FA 25% ,SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,2 dengan kadar RCA 50%.

Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *superplasticizer* pada umumnya memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi

mix design tanpa kandungan *superplasticizer*, kecuali pada saat campuran RCA 100% nilai kuat tekan beton porous tanpa penambahan *superplasticizer* lebih rendah dibandingkan beton porous dengan campuran FA 25% ,SF 7%, SP 1,5%, dan FAS 0,25. Adapun hasil kuat tekan beton *porous* dengan penambahan *superplasticizer* terdapat nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton *porous* tanpa penambahan *superplasticizer* terjadi karena pasta menjadi lebih cair dan menumpuk pada bawah permukaan beton *porous* sehingga tidak terjadi ikatan antar agregat.

Pada saat pengujian kuat tekan penguji mengalami kendala yaitu pada saat melakukan *capping* permukaan sampel beton yang tidak rata, *capping* yang terpasang pada permukaan beton hanya terkena bagian agregat pada sisi-sisi tertentu saja. Hal ini menyebabkan gaya tekan yang diterima tidak bisa merata secara maksimal ke seluruh luasan permukaan beton.



Gambar 4.12 Beton *porous* setelah diuji kuat tekan

Keretakan yang terjadi pada beton *porous* pada saat pengujian memiliki dua jenis tipe keretakan. Keretakan pertama terjadi pada pasta yang merupakan pengikat antar agregat. Keretakan jenis kedua yaitu keretakan yang terjadi pada agregat beton *porous*.

Pada gambar 4.12 merupakan gambar beton setelah pengujian, sekilas pada gambar menunjukkan keretakan terjadi pada pasta beton *porous* sehingga terlihat antar agregat menjadi terlepas satu sama lain dan juga terdapat retakan pada agregat beton yang menunjukkan adanya keretakan pada agregat.

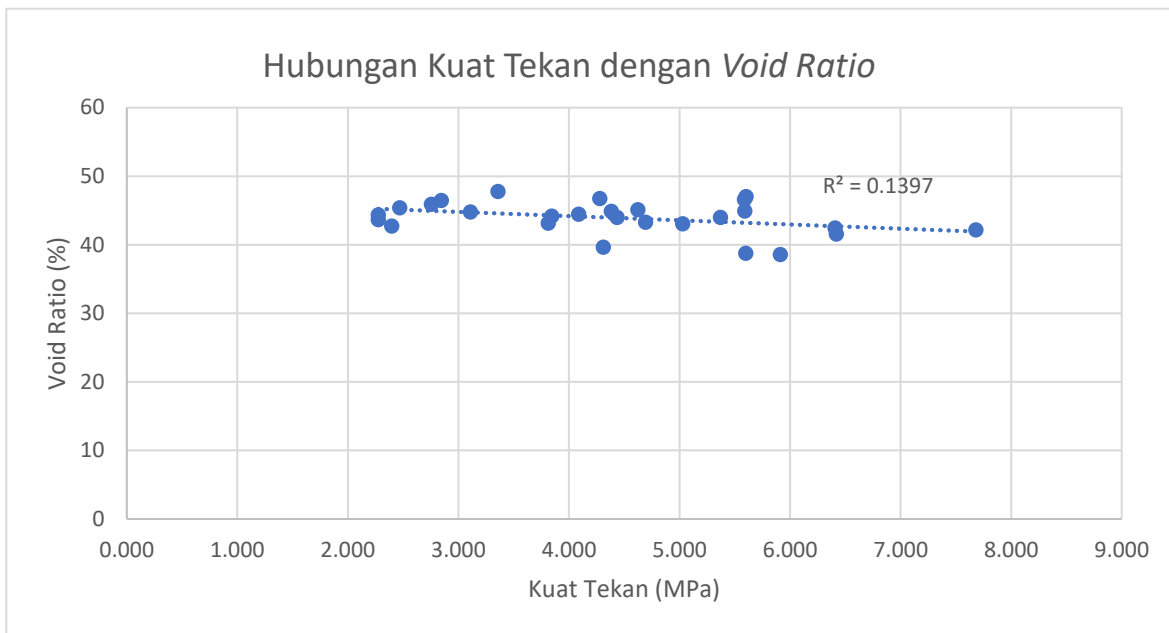
4.7 Hubungan *Void Ratio*, dan Permeabilitas terhadap Kuat Tekan

Hubungan data *void ratio* dan permeabilitas terhadap kuat tekan merupakan tujuan dari penelitian ini dibuat untuk mendapatkan kadar RCA dan ukuran agregat yang akan dipakai untuk mencapai hasil yang optimum. Hasil pengujian kuat tekan, angka pori, berat volume, dan permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.20.

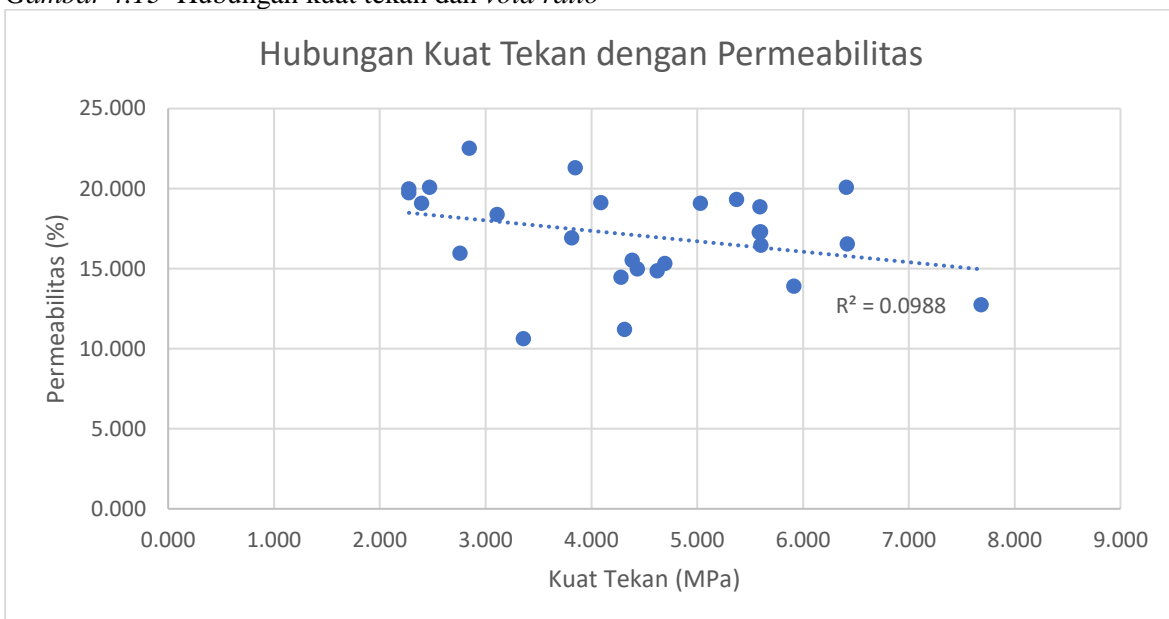
Tabel 4.20

Data Kuat Tekan, *Void Ratio*, Berat Volume, dan Permeabilitas Beton *Porous*

No	Kode Mix	Kuat Tekan Rata Rata	Void Ratio	Permeabilitas
1	R0P0F0S0W0	5,912	33,308	13,902
2	R0P1F0S0W1	2,757	41,204	15,952
3	R0P1F0S0W2	2,396	37,799	19,070
4	R0P1F1S0W1	3,815	38,313	16,922
5	R0P1F1S0W2	2,276	38,950	19,734
6	R0P1F0S1W1	5,593	40,150	18,850
7	R0P1F0S1W2	5,372	39,161	19,310
8	R0P1F1S1W1	3,109	43,321	18,373
9	R0P1F1S1W2	6,419	36,659	16,537
10	R1P0F0S0W0	4,312	38,473	11,193
11	R1P1F0S0W1	2,845	45,466	22,515
12	R1P1F0S0W2	2,276	43,306	19,981
13	R1P1F1S0W1	4,695	42,255	15,317
14	R1P1F1S0W2	5,030	42,028	19,072
15	R1P1F0S1W1	5,602	46,022	16,451
16	R1P1F0S1W2	4,384	43,842	15,521
17	R1P1F1S1W1	2,471	44,389	20,076
18	R1P1F1S1W2	6,409	41,401	20,076
19	R2P0F0S0W0	5,600	41,468	17,290
20	R2P1F0S0W1	3,358	50,083	10,619
21	R2P1F0S0W2	4,088	46,941	19,112
22	R2P1F1S0W1	3,847	46,600	21,304
23	R2P1F1S0W2	4,436	46,456	14,976
24	R2P1F0S1W1	4,279	49,126	14,455
25	R2P1F0S1W2	5,588	48,990	17,260
26	R2P1F1S1W1	4,623	47,516	14,870
27	R2P1F1S1W2	7,682	44,717	12,742



Gambar 4.13 Hubungan kuat tekan dan *void ratio*



Gambar 4.14 Hubungan permeabilitas dan kuat tekan

Berdasarkan Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa semakin besar *void ratio*, maka semakin kecil nilai kuat tekan beton porous dan semakin besar permeabilitas nilai kuat tekan juga semakin turun.

Hubungan data *void ratio* dan permeabilitas terhadap kuat tekan merupakan tujuan dari penelitian ini dibuat untuk mendapatkan kadar RCA dan ukuran agregat yang akan dipakai untuk mencapai hasil yang optimum