

PENGARUH AIR LAUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR DAN PERAWATAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON YANG MENGGUNAKAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

Syamsul Bahri Ahmad¹⁾, Ramlan Sultan²⁾

^{1),2)} Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This study investigated the effect of sea water as mixing water and treatment toward compressive strength and porosity of concrete containing fly ash 20% as cement partial replacement. A number of concrete cylinder (BTT, BTL, BLT and BLL) measuring 10x20 cm were tested compressive strength and porosity at 28 and 90 days. The results showed an increase of concrete compressive strength followed by decrease concrete porosity along with the increase of concrete age. The increase percentage of BLT and BLL concrete compressive strength against BTT as references concrete at age 28 day were 6.1% and 22.6%, respectively. Then at the age of 90 days the increase percentage were 11.7% and 28.4% respectively. Furthermore, the porosity of concrete decreased with the increasing of concrete age. The decrease percentage of concrete porosity with specimen (BLL) and (BLT) to reference specimen (BTT) at 90 days age were 6.76% and 4.82%, respectively.

Keywords : *sea-water, fly ash, concrete compressive strength, concrete porosity.*

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan material gabungan atau komposit yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan admixture atau bahan tambah seperti fly ash, slag, silika fume jika dibutuhkan (Akinkurolere et al, 2007; Neville and Brook, 2008; Matthias, 2010).

Dalam kurang waktu tiga puluh tahun terakhir ini di jepang, sejumlah riset telah dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan air laut sebagai air pencampuran beton. Riset tersebut terbagi dalam beberapa aspek seperti aspek kekuatan, korosi dan durabilitas beton. Sebagian besar hasil penelitian menunjukkan bahwa air laut memberi dampak positif terhadap kinerja beton. Namun demikian, sejumlah negara yang memiliki standar beton belum merekomendasikan penggunaan air laut sebagai air campuran beton. Hal ini karena mereka masih menilai adanya potensi lebih dini korosi pada tulangan akibat adanya klorida pada senyawa air laut

Pemanfaatan limbah industri dalam produksi beton dewasa ini terus dikembangkan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi dampak negatif penggunaan semen dalam produksi beton. Beberapa limbah industri yang telah dimanfaatkan untuk produksi beton saat ini antara lain fly ash, silika fume dan blast slag. Sejumlah riset telah dilakukan oleh para peneliti untuk mengkaji dan menilai tingkat kinerja beton berbasis limbah industri tersebut.

Pemanfaatan air laut pada beton berbasis limbah industri dengan mengganti sebagian semen belum dilakukan khususnya pada konstruksi beton di Indonesia. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian yang berkelanjutan untuk memahami lebih dalam pengaruh air laut sebagai air campuran beton terhadap perilaku beton khususnya beton berbasis limbah industri. Salah hal yang menarik perhatian adalah potensi durabilitas dan kinerja beton yang dapat diketahui melalui kajian kuat tekan dan porositas beton. Dari uraian di atas yang menjadi permasalahan adalah bagaimana pengaruh air laut sebagai air campuran dan air perawatan terhadap kuat tekan dan porositas beton yang mengandung fly ash sebagai pengganti sebagian semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh air laut terhadap kuat tekan dan porositas beton yang mengandung fly ash 20% sebagai pengganti sebagian semen.

Sebanyak 68 paper sejak tahun 1974 hingga 2011 yang mengkaji potensi air laut untuk campuran beton diperoleh dari data base Japan Science and Technology Agency (JST) oleh Takahiro Nishida dkk. Kajian tersebut terbagi dalam beberapa aspek seperti aspek kekuatan, korosi dan atau daya tahan beton. Studi fundamental pemanfaatan air laut untuk campuran beton dengan kajian kuat tekan, karbonasi dan ASR (Adiwijaya, Kyusu University, 2015). Pengaruh air laut sebagai air campuran beton terhadap kuat tekan (Olutoge, F. Adeyemi dkk, Civil Engineering Department, University of Ibadan, Ibadan, Oyo State, Nigeria, 2014). Pengaruh air laut sebagai air campuran beton dengan kajian terhadap kekuatan mekanik beton (Falah M. Wegian, Department of Civil Engineering, College of Technological Studies (PAAET), Kuwait, 2010).

¹ Korespondensi: syamba_68@yahoo.co.id

Penelitian yang lain mengenai penggunaan air laut sebagai air pencampuran dalam beton yang menggunakan Blast-Furnace Slag Cement (BFS) sebagai bahan tambah mineral menghasilkan garam Friedel dan total volume pori menurun dan kekuatan meningkat dibandingkan air tawar (Furuya, D., Otsuki, N., Saito, T., Lee Yun. 2009). Kajian porositas, ukuran pori dan kuat tekan beton SCC (Self Compacting Concrete) dengan air laut sebagai air campuran beton menunjukkan peningkatan kuat tekan beton yang diikuti dengan penurunan porositas beton hingga umur beton 90 hari (Erniatia, M. Wihadi Tjaronge, dkk. EACEF.2015)

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan kajian eksperimental terhadap sejumlah benda uji berbentuk silinder beton ukuran 10cmx20cm dengan mutu $f'c$ 25 berbasis fly ash 20 % fly ash terhadap berat semen. Uji kuat tekan dan porositas beton dilakukan pada umur 28 dan 90 hari. Uji karakteristik agregat mengacu pada ASTM vol.04.02. Pembuatan benda uji silinder beton mengacu pada standar ASTM C192, perawatan benda uji mengacu standar ASTM C31-00, pengujian kuat tekan beton mengacu pada ASTM C39 – 04 dan pengujian porositas beton mengacu pada standar ASTM C642-97 Uji kuat tekan beton dan porositas dilakukan pada umur 28 hari dan 90 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Hasil pengujian karakteristik agregat mengacu pada standar ASTM dengan hasil yang diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik agregat batu pecah dan pasir

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air bt.pecah	2.2%	0,5% - 2%	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan bt.pecah	3.05 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD bt.pecah	2,64	1,6 – 3,2	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume bt.pecah	1,68 kg/lt	1,6–1,9 kg/lt	ASTM C29	Memenuhi
5.	Kadar Lumpur bt.pecah	0,78 %	0 – 1 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Keausan	18,48 %	15 – 50 %	ASTM	Memenuhi
7.	Kadar air pasir	14.3 %	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
8.	Penyerapan pasir	4.41 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
9.	Berat jenis SSD pasir	2,42	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
10.	Berat volume pasir	1,60 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
11.	Kadar lumpur pasir	2,26 %	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
12.	Modulus Kehalusan	2,67	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

3.2. Hasil perencanaan campuran beton

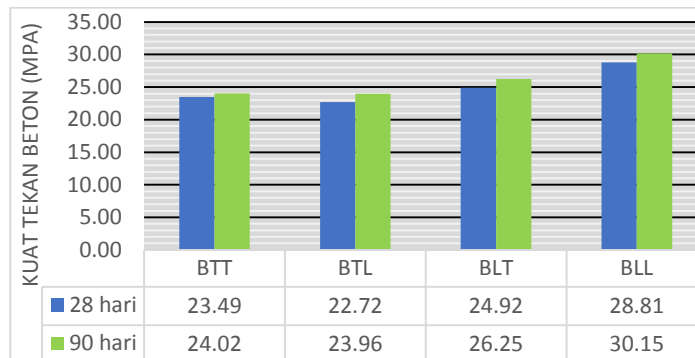
Hasil perencanaan campuran beton mengacu pada metode Departement of Environment (DoE) mutu $f'c$ 25 Mpa dalam 1 m^3 beton diperlihatkan pada tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Komposisi campuran dengan mutu $f'c$ 25 Mpa dalam 1 m^3 beton

<i>Kebutuhan bahan campuran beton per m^3 di lapangan (setelah dikoreksi) Silinder 0% Fly Ash</i>								
Bentuk Benda Uji	Volume (m^3)	Jumlah (Buah)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)	Berat total (kg)	
Silinder	1	1m ³	400.00	656.10	1099.09	155	2310	
Silinder	0.00188	4	3.01	4.94	8.28	1.17	17.41	
<i>Kebutuhan bahan campuran beton per m^3 di lapangan (setelah dikoreksi) Silinder 20% FA mengganti semen</i>								
Bentuk Benda Uji	Volume (m^3)	Jumlah (Buah)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg)	Berat total (kg)
Silinder	1	1m ³	320.0	656.1	1099.1	80.0	155	2310
Silinder	0.00188	4	2.41	4.94	8.28	0.60	1.17	17.41

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil perhitungan kuat tekan beton berdasarkan data uji kuat tekan beton pada umur 28 dan 90 hari diperlihatkan pada tabel 3, tabel 4, tabel 5, tabel 6, tabel 7, tabel 8, tabel 9 dan tabel 10. Selanjutnya dapat dibuat histogram nilai kuat tekan beton (BTT, BTL, BLT dan BLL) seperti pada gambar 3. Gambar 3 menunjukkan nilai kuat tekan beton BTT, BTL, BLT dan BLL mengalami peningkatan pada umur 90 hari. Persentase peningkatan kuat tekan beton BLT dan BLL terhadap beton BTT pada umur 28 hari adalah masing-masing sebesar 6.1 % dan 22.6 %. Kemudian pada umur 90 hari persentase peningkatan adalah masing-masing sebesar 11.7 % dan 28.4 %. Sebaliknya nilai kuat tekan beton BTL mengalami penurunan terhadap nilai kuat tekan beton BTT pada umur 28 hari dan terjadi peningkatan kuat tekan beton setelah berumur 90 hari dengan persentase sebesar 2 %.



Gambar 3. Histogram nilai kuat tekan beton umur 28 dan 90 hari

No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		f _c (N/mm ²) umur 28 hr	F _{cr} (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BTT.1	19-6-17	17-7-17	28	3.66	3.64	7850	195.4	195400	24.89	23.49
2	BTT.2	19-6-17	17-7-17	28	3.58		7850	173.4	173400	22.09	
3	BTT.3	19-6-17	17-7-17	28	3.79		7850	200.6	200600	25.55	
4	BTT.4	19-6-17	17-7-17	28	3.56		7850	170.2	170200	21.68	
5	BTT.5	19-6-17	17-7-17	28	3.61		7850	182.5	182500	23.25	

No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (cm ²)	Beban P		f _c (N/mm ²) umur 28 hr	F _{cr} (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BTL.1	19-6-17	17-7-17	28	3.84	3.86	7850	212.0	212000	27.01	22.72
2	BTL.2	19-6-17	17-7-17	28	3.92		7850	170.9	170900	21.77	
3	BTL.3	19-6-17	17-7-17	28	3.80		7850	166.4	166400	21.20	
4	BTL.4	19-6-17	17-7-17	28	3.90		7850	163.4	163400	20.82	
5	BTL.5	19-6-17	17-7-17	28	3.86		7850	178.9	178900	22.79	

No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		f _c (kg/cm ²) umur 28 hr	F _{cr} (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BLT.1	21-6-17	19-7-17	28	3.67	3.65	7850	176.4	176400	22.47	24.92
2	BLT.2	21-6-17	19-7-17	28	3.55		7850	219.5	219500	27.96	
3	BLT.3	21-6-17	19-7-17	28	3.71		7850	184.6	184600	23.52	
4	BLT.4	21-6-17	19-7-17	28	3.67		7850	201.5	201500	25.67	
5	BLT.5	21-6-17	19-7-17	28	3.65		7850	196.3	196300	25.01	

No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		f _c (N/mm ²) umur 28 hr	F _{cr} (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BLL.1	21-6-17	19-7-17	28	3.59	3.67	7850	222.0	222000	28.28	28.81
2	BLL.2	21-6-17	19-7-17	28	3.69		7850	232.6	232600	29.63	
3	BLL.3	21-6-17	19-7-17	28	3.56		7850	236.8	236800	30.17	
4	BLL.4	21-6-17	19-7-17	28	3.77		7850	215.7	215700	27.48	
5	BLL.5	21-6-17	19-7-17	28	3.73		7850	223.6	223600	28.48	

No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		f _c (N/mm ²) umur 28 hr	F _{cr} (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BTT.1	19-6-17	18-9-17	90	3.69	3.76	7850	185.8	185800	23.67	24.02
2	BTT.2	19-6-17	18-9-17	90	3.89		7850	191.4	191400	24.38	
3	BTT.3	19-6-17	18-9-17	90	3.58		7850	190.2	190200	24.23	
4	BTT.4	19-6-17	18-9-17	90	3.69		7850	186.5	186500	23.76	
5	BTT.5	19-6-17	18-9-17	90	3.95		7850	188.8	188800	24.05	

Tabel 8. Kuat tekan Beton BTL Umur 90 hari											
No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (cm ²)	Beban P		fc (N/mm ²) umur 28 hr	Fcr (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BTL.1	19-6-17	18-9-17	90	3.90	3.88	7850	181.4	181400	23.11	23.96
2	BTL.2	19-6-17	18-9-17	90	3.86		7850	193.1	193100	24.60	
3	BTL.3	19-6-17	18-9-17	90	3.85		7850	190.8	190800	24.31	
4	BTL.4	19-6-17	18-9-17	90	3.85		7850	191.7	191700	24.42	
5	BTL.5	19-6-17	18-9-17	90	3.92		7850	183.3	183300	23.35	
Tabel 9. Kuat tekan Beton BLT Umur 90 hari											
No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		fc (kg/cm ²) umur 28 hr	Fcr (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BLT.1	21-6-17	20-9-17	90	3.67	3.65	7850	189.4	189400	24.13	26.25
2	BLT.2	21-6-17	20-9-17	90	3.55		7850	217.5	217500	27.71	
3	BLT.3	21-6-17	20-9-17	90	3.71		7850	203.4	203400	25.91	
4	BLT.4	21-6-17	20-9-17	90	3.67		7850	203.7	203700	25.95	
5	BLT.5	21-6-17	20-9-17	90	3.65		7850	216.3	216300	27.55	
Tabel 10. Kuat tekan Beton BLL Umur 90 hari											
No.	Kode	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Berat rata-rata	Luas A (mm ²)	Beban P		fc (N/mm ²) umur 28 hr	Fcr (N/mm ²)
		Cor	Tes					(KN)	N		
1	BLL.1	21-6-17	20-9-17	90	3.63	3.69	7850	225.0	225000	28.66	30.15
2	BLL.2	21-6-17	20-9-17	90	3.59		7850	230.6	230600	29.38	
3	BLL.3	21-6-17	20-9-17	90	3.57		7850	228.7	228700	29.13	
4	BLL.4	21-6-17	20-9-17	90	3.93		7850	243.8	243800	31.06	
5	BLL.5	21-6-17	20-9-17	90	3.71		7850	255.2	255200	32.51	

5.3. Hasil pengujian Porositas Beton

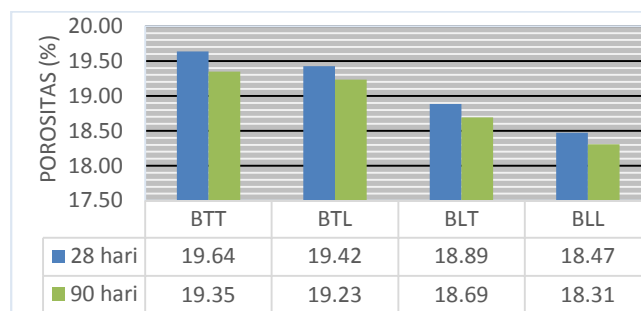
Nilai porositas beton pada umur 28 dan 90 hari diperlihatkan pada tabel 11 dan tabel 12. Berdasarkan tabel tersebut dibuat histogram nilai porositas beton pada umur 28 dan 90 hari seperti pada gambar 4.

Tabel 11. DATA HASIL PENGUJIAN POROSITAS BETON UMUR 28 HARI BERDASARKAN ASTM C642											
SAMPPEL	PEMBA CAAN				HASIL TEST						
	A	B	C	D	PENYERAPAN SETELAH DIRENDAM	PENYERAPAN SETELAH DIRENDAM DAN PENDIDIHAN	BERAT JENIS KERING	BERAT JENIS SETELAH DIRENDAM	BERAT JENIS DIRENDAM DAN PENDIDIHAN	BERAT JENIS SEMU	VOLUME RONGGA PERMEABEL
	Berat Benda Uji Kering	Berat Benda Uji SSD	Berat Benda Uji setelah direbus	Berat Benda Uji dalam air SSD	%	%	g ₁ (gr/cm ³)			g ₂ (gr/cm ³)	%
	gr	gr	gr	gr							
BTT.1	1198.90	1260.30	1316.18	715.09	4.87	8.91	1.99	2.10	2.19	2.48	19.51
BTT.2	1650.70	1773.06	1812.90	1001.61	6.90	8.95	2.03	2.19	2.23	2.54	19.99
BTT.3	1985.40	2024.60	2195.95	1145.00	1.94	9.59	1.89	1.93	2.09	2.36	20.03
BTT.4	1009.90	1052.60	1106.24	599.45	4.06	8.71	1.99	2.08	2.18	2.46	19.01
Rata-rata											19.64
BTL1	1685.80	1705.30	1862.18	956.54	1.14	9.47	1.86	1.88	2.06	2.31	19.48
BTL2	2028.70	2186.43	2220.70	1237.03	7.21	8.65	2.06	2.22	2.26	2.56	19.52
BTL3	1919.80	2046.67	2099.52	1167.33	6.20	8.56	2.06	2.20	2.25	2.55	19.28
Rata-rata											19.42
BLT.1	1096.04	1186.81	1197.60	677.44	7.65	8.48	2.11	2.28	2.30	2.62	19.52
BLT.2	1436.79	1547.05	1558.37	897.18	7.13	7.80	2.17	2.34	2.36	2.66	18.39
BLT.3	1188.32	1276.42	1284.95	743.15	6.90	7.52	2.19	2.36	2.37	2.67	17.83
BLT.4	1199.23	1302.83	1309.45	752.57	7.95	8.42	2.15	2.34	2.35	2.68	19.79
Rata-rata											18.89
BLL1	1335.33	1443.17	1451.37	827.38	7.47	8.00	2.14	2.31	2.33	2.63	18.60
BLL2	2317.66	2494.02	2513.78	1435.29	7.07	7.80	2.15	2.31	2.33	2.63	18.18
BLL3	1706.60	1839.64	1853.00	1055.22	7.23	7.90	2.14	2.31	2.32	2.62	18.35
BLL4	1561.35	1681.96	1697.07	973.20	7.17	8.00	2.16	2.32	2.34	2.65	18.75
Rata-rata											18.47

Tabel 12. DATA HASIL PENGUJIAN POROSITAS BETON UMUR 90 HARI BERDASARKAN ASTM C642

SAMPPEL	PEMBACAAN				HASIL TEST						
	A	B	C	D	PENYERAPAN	PENYERAPAN	BERAT	BERAT	BERAT	BERAT	VOLUME
	Berat Benda Uji Kering	Berat Benda Uji SSD	Berat Benda Uji setelah direbus	Berat Benda Uji dalam air SSD	SETELAH DIRENDAM	SETELAH DIRENDAM DAN PENDIDIHAN	JENIS KERING ρ_1	JENIS SETELAH DIRENDAM	JENIS DIRENDAM DAN PENDIDIHAN	JENIS SEMU ρ_2	RONGGA PERMEABEL
	gr	gr	gr	gr	%	%	(gr/cm ³)			(gr/cm ³)	%
BTT.1	1554.67	1678.55	1697.07	973.20	7.38	8.39	2.15	2.32	2.34	2.67	19.67
BTT.2	1510.55	1628.68	1637.07	973.20	7.25	7.73	2.28	2.45	2.47	2.81	19.06
BTT.3	1291.60	1409.27	1409.55	800.15	8.35	8.37	2.12	2.31	2.31	2.63	19.36
BTT.4	1262.30	1371.83	1376.65	784.43	7.98	8.31	2.13	2.32	2.32	2.64	19.31
Rata-rata											19.35
BTL.1	1430.25	1554.18	1560.30	888.03	7.97	8.33	2.13	2.31	2.32	2.64	19.34
BTL.2	1237.17	1344.25	1348.93	765.60	7.97	8.29	2.12	2.30	2.31	2.62	19.16
BTL.3	1818.10	1917.22	1921.65	1384.43	5.17	5.39	3.38	3.57	3.58	4.19	19.28
BTL.4	1037.77	1127.18	1132.10	639.53	7.93	8.33	2.11	2.29	2.30	2.61	19.15
Rata-rata											19.23
BLT.1	1326.57	1437.72	1443.09	825.53	7.73	8.07	2.15	2.33	2.34	2.65	18.87
BLT.2	1308.20	1417.39	1423.13	804.68	7.70	8.08	2.12	2.29	2.30	2.60	18.58
BLT.3	1365.20	1482.73	1487.23	829.53	7.93	8.21	2.08	2.25	2.26	2.55	18.55
BLT.4	1291.50	1397.77	1405.63	797.21	7.60	8.12	2.12	2.30	2.31	2.61	18.76
Rata-rata											18.69
BLL.1	988.80	1071.92	1076.10	601.61	7.75	8.11	2.08	2.26	2.27	2.55	18.40
BLL.2	1255.90	1361.83	1364.10	774.30	7.78	7.93	2.13	2.31	2.31	2.61	18.35
BLL.3	1179.08	1274.43	1279.63	727.21	7.48	7.86	2.13	2.31	2.32	2.61	18.20
BLL.4	1146.92	1241.31	1246.94	700.10	7.60	8.02	2.10	2.27	2.28	2.57	18.29
Rata-rata											18.31

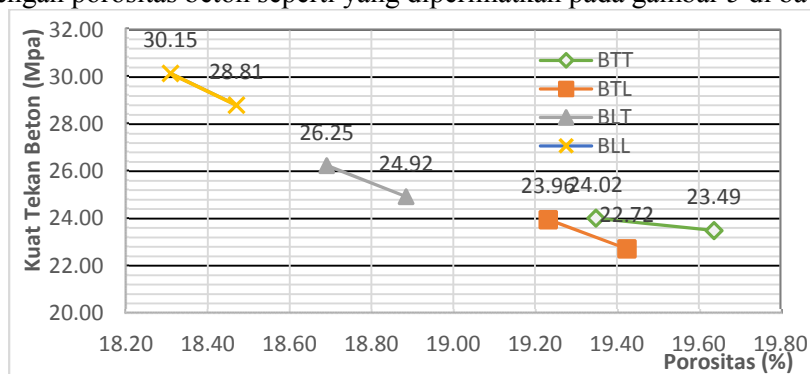
Gambar 4 menunjukkan porositas beton mengalami penurunan seiring dengan pertambahan umur beton. Persentase penurunan porositas beton dengan benda uji (BLL) dan (BTL) terhadap benda uji referensi (BTT) pada umur 90 hari masing-masing sebesar 6.76 % dan 4.82 %.



Gambar 4. Histogram porositas beton umur 28 dan 90 hari

3.4. Hubungan kuat tekan dengan porositas beton

Selanjutnya hasil yang diperoleh dari pengujian kuat tekan dan porositas beton dapat grafik hubungan antara kuat tekan dengan porositas beton seperti yang diperlihatkan pada gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Grafik hubungan kuat tekan dengan porositas beton

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan beton yang diikuti dengan penurunan nilai porositas beton seiring dengan pertambahan umur beton. Peningkatan kuat tekan beton BTT pada umur 90 hari dan penurunan porositas beton memberi indikasi adanya pengaruh fly ash sebagai reaksi tahap II bahan fozzolanik terhadap senyawa CH yang membentuk gel baru CSH. Kemudian kuat tekan beton BLL yang mengalami peningkatan pada umur 90 hari dan penurunan porositas terhadap beton BTT memberi indikasi pengaruh air laut dan fly ash.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton (BLT dan BLL) mengalami peningkatan kuat tekan terhadap kuat tekan beton (BTT) pada umur 28 dan 90 hari.
2. Porositas beton mengalami penurunan seiring dengan pertambahan umur beton.
3. Air laut dan fly ash berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan dan memperkecil porositas beton.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, Kyusu University, 2015 : *A fundamental Study on Seawater-Mixed Concrete Related to Strength, Carbonation And Alkali Silica Reaction.*
- ASTM C 33-97 : *Standard Test Method for Concrete Agregates* , Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.
- ASTM C 39 / C39M-04a : *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.
- ASTM C 127-01 : *Standard test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Course Aggregate*, Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.
- ASTM C 128-01 : *Standard test Method for Density, Relative Density(Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*, Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.
- ASTM C192/C192M-02 : *Standart Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in The Laboratory*, Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.
- Erniati, M. Wihadi Tjaronge, dkk, 2015 : *Porosity, pore size and compressive strength of self compacting concrete using sea water.* The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5)
- Furuya, D., Otsuki, N., Saito, T., Lee Yun, 2009 : *A Study On The Effects Of Seawater as Mixing Water on The Hydration Characteristics of Blast-Furnace Slag Cement*, 34th Conference on Our World In Concrete & Structure: 16 - 18 August 2009, Singapore.
- Khatri RP, Hirchausen D dan Sirivivatnanon CSIRO, 1998 : *Penggunaan beton fly Ash dengan spesifikasi CSIRO*, Laporan BREO45.
- Matthias D, 2010 : *"Properties of Concrete"*, Retrieved November 11, 2010, from <http://en.wikipedia.org/wiki/concrete>.