

**PENGARUH CAMPURAN AGREGAT HALUS ALAMI BERUPA
PASIR LAUT DAN PASIR *POZZOLAN* TERHADAP
KUAT TARIK BETON MUTU TINGGI**
(Menggunakan FAS 0,3, Semen PCC, Kuat Tarik Lentur)

Keumala Citra Sarina Zein¹, Wahyu Andriansyah²,

¹Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh

²Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh

Email: keumala.citra@unmuha.ac.id

ABSTRAK

Pasir laut menjadi pilihan yang banyak digunakan oleh masyarakat pesisir dan kepulauan, karena sulitnya sumber atau penambangan pasir sungai, maka pasir laut menjadi suatu alternatif sebagai sumber material yang cukup dekat, sehingga dapat diperoleh dengan mudah. Meskipun pemakaian pasir laut memiliki beberapa kekurangan seperti menyebabkan korosi pada tulangan. *Pozzolan* merupakan material yang masih terlalu kurang penggunaannya, namun kandungan yang dimiliki *pozzolan* mampu menjadi bahan pengikat sebagai pengganti semen, walaupun tidak sekuat semen. Berdasarkan hal tersebut timbul suatu gagasan untuk mengganti dua material pembentuk beton yang masih sedikit penggunaannya sebagai bahan alam melimpah yang dijadikan material pembentuk beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gradasi campuran antara pasir laut dan pasir *pozzolan*, serta mengetahui pengaruh kuat tarik lentur beton mutu tinggi pada campuran pasir laut dan *pozzolan*, (sebanyak 25%, 50% dan 75%). Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan 0,3, pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji untuk kuat tarik lentur adalah balok berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton menggunakan campuran CPZ 25% CPL 75% mempunyai kuat tarik lentur yang lebih tinggi dari campuran lainnya yaitu sebesar 3,55 MPa, hanya mengalami penurunan sebesar 0,65 MPa dari beton (0%) campuran. Dari hasil menunjukkan bahwa agregat yang digunakan sudah memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton yang baik namun material tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa tulangan.

Kata Kunci : Pasir laut, Pasir *Pozzolan*, Beton mutu tinggi, Kuat tarik lentur.

I. PENDAHULUAN

Secara umum diketahui bahwa komponen penyusun utama pada beton adalah agregat. Pemakaian agregat alam merupakan komponen pengisi dalam beton yang harus diperhatikan ketersediaannya, tidak semua daerah di Indonesia memiliki potensi ketersediaan agregat alam yang sama. Seperti daerah kepulauan di Indonesia sebagai negara yang mempunyai lebih dari 17000 pulau dan pantai sepanjang 99.000 km, banyak daerah yang kurang memiliki potensi agregat normal (pasir sungai) yang lazim digunakan pada pekerjaan beton. Penggunaan agregat berupa pasir laut merupakan salah satu material alternatif yang sering digunakan oleh masyarakat pesisir dan kepulauan.

Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan mensubstitusi proporsi agregat halus dalam campuran beton dengan material yang mendukung dari segi karakteristik dan ekonomi, salah satunya seperti pasir *pozzolan*. dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, penggunaan pasir *pozzolan* juga dapat meningkatkan kekuatan tarik langsung dan modulus elastisitas beton. Pasir *pozzolan* merupakan hasil sedimentasi gunung berapi. Sumber daya pasir *pozzolan* di Indonesia khususnya Aceh sangat melimpah karena adanya gunung berapi. Pasir *pozzolan* adalah bahan alternatif campuran beton yang memiliki berat jenis lebih kecil dari agregat yaitu 1,21 g/ml, dilihat dari bentuk dan ukurannya yang menyerupai pasir maka

pasir pozzolan diharapkan dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus pada beton sehingga bisa di dapat struktur yang lebih ringan dan dapat mendukung bahan gempu pada konstruksi.

II. PENDAHULUAN

2.1 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang berorientasi pada kekuatan tinggi (*High-Strength Concrete*) yang mempertimbangkan keawetan (*durability*) beton serta kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Menurut SNI Pd-T-04-2004-C beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang disyaratkan f'_c 40 MPa-80 MPa, dengan benda uji standar silinder diameter 150 mm x tinggi 300 mm. Sedangkan yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 beton mutu tinggi (*high strenght concrete*) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

2.2 Agregat

Menurut SK SNI T-15-1991-03 (1991), agregat adalah material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan. (McCormac 2004), menyebutkan pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton, karena kekuatan beton sebenarnya yang dipakai perencana bangunan untuk suatu pekerjaan tertentu sangat tergantung pada seberapa beban dan kualitas agregat yang tersedia.

Pemeriksaan sifat fisis agregat umumnya dapat dilakukan berdasarkan metode BSI (1989), ASTM C-33 (2018), PBI (1971), dan SNI 03-1750 (1990). Pemeriksaan sifat-sifat fisis tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah agregat yang digunakan untuk campuran beton sudah memenuhi syarat untuk dapat membentuk beton yang baik. Pemeriksaan sifat fisis beton umumnya meliputi pemeriksaan berat jenis (*spesific gravity*), penyerapan (*absorbtion*), berat volume (*bulk density*), serta susunan butiran (*sieve analysis*).

2.2.1 Susunan butiran agregat (*sieve analysis*)

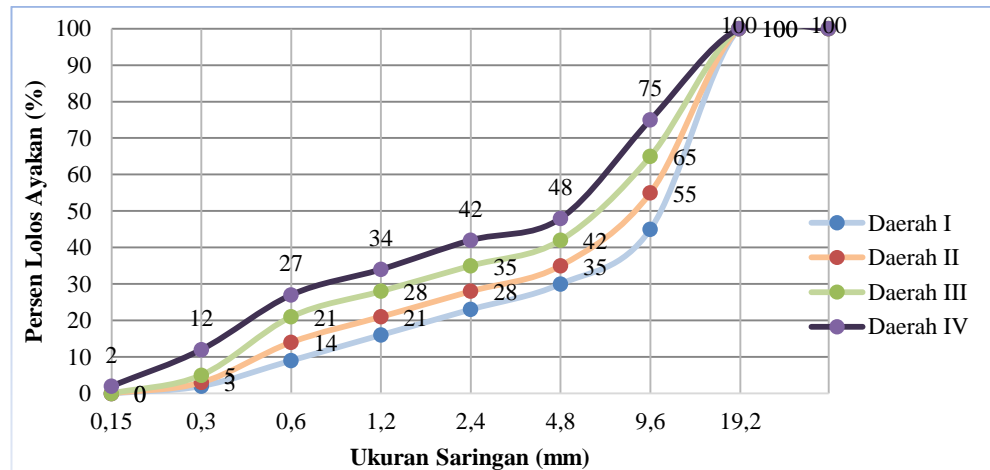
Gradasi gabungan antara agregat halus dan agregat kasar yang harus dipenuhi berdasarkan SNI dan ASTM yang dapat dijadikan acuan dalam pemeriksaan dan perencanaan desain *mix* seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.1. Batas gradasi gabungan ukuran butir maksimum 40 mm

Ukuran Saringan (Ayakan)		% Lolos Saringan / Ayakan			
		Ukuran Butir Maks 40 mm			
SNI	ASTM	1	2	3	4
38 (mm)	1,5 (in)	-	-	-	-
19 (mm)	0,75 (in)	100	100	100	100
9,6 (mm)	0,375 (in)	45	55	65	75
4,8 (mm)	no. 4	30	35	42	48
2,4 (mm)	no. 8	23	28	35	42
1,2 (mm)	no. 16	19	21	28	34
0,6 (mm)	no. 30	9	14	21	27
0,3 (mm)	no. 50	2	3	5	12
0,15 (mm)	no. 100	0	0	2	4

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

Menganalisis susunan butiran agregat yang digunakan, maka dapat diketahui gradasi agregat yang dapat digunakan sebagai material pembentuk beton yang baik, yaitu dengan mengetahui letak kurva gradasi agregat tersebut berada di daerah yang disyaratkan sesuai dengan dengan pembagian daerah susunan butiran.



Gambar 2.1 : Grafik susunan butiran agregat campuran diameter maksimum 20 mm
Sumber : SNI 03-2834-2000

Angka-angka dalam lingkaran yang tercantum dalam Gambar 2.1, mempunyai arti sebagai berikut:

- (1) = Daerah tidak baik, diperlukan terlalu banyak semen dan air.
- (2) = Daerah baik, tetapi diperlukan lebih banyak semen dan air dibandingkan dengan (3).
- (3) = Daerah baik sekali.
- = Daerah tidak baik untuk susunan diskontinu.

2.3 Pasir Laut

Kandi (2012), menyatakan pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya sangat halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang tidak bagus karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan.

Pasir laut umumnya memiliki karakteristik butiran yang halus dan bulat, gradasi (susunan besar butiran) yang seragam serta mengandung garam klorida dan sulfat yaitu keadaan yang sangat tidak menguntungkan bagi beton, pada umumnya disarankan untuk tidak digunakan dalam pembuatan beton. Butiran yang halus dan bulat serta gradasi yang seragam, dapat mengurangi daya lekat (interlocking) antar butiran dan dapat berpengaruh terhadap kekuatan (strength) dan ketahanan (durability) beton.

2.4 Pasir Pozzolan Alami

Menurut ASTM C-618 (2019), *pozzolan* merupakan bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina. Bahan-bahan *pozzolan* ini tidak mempunyai sifat seperti semen,

dalam bentuknya yang halus dan bila ada air maka senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dibebaskan dari hasil proses pengikat semen pada suhu kamar.

SNI 15-0302 (2004), menjelaskan bahwa semen portland *pozzolan* merupakan suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dan *Pozzolan* halus, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk *Pozzolan*, dimana kadar *Pozzolan* 6% sampai dengan 40% massa semen portland *Pozzolan*. Orchard (1979) menjelaskan bahwa manfaat teknis dari beton yang dibuat semen portland *pozzolan* memiliki ketahanan (*durability*) yang tinggi terhadap air laut, larutan-larutan sulfat, dan air yang mempunyai kadar asam yang tinggi.

2.4 Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian lentur polos (tanpa tulangan). Berdasarkan Wang dan Salmon (1993), menyebutkan bahwa pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C-78. Balok diletakkan di atas dua tumpuan dan diberi dua beban terpusat yang sama besarnya. Beban yang diambil untuk menentukan kuat tarik lentur balok adalah beban maksimum yang dapat dipikul balok hingga balok runtuh (Antoni dan Paul 2007). Kuat lentur beton (*modulus of rupture*) dihitung dengan persamaan (2.10) jika keruntuhan terjadi di bagian tengah bentang.

$$R = \frac{P.L}{bd^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

Persamaan (2.11) digunakan jika keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang.

$$R = \frac{3 P.a}{bd^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

R = modulus of rupture

P = beban maksimum yang terjadi

L = panjang bentang

b = lebar spesimen

d = tinggi spesimen

a = jarak rata-rata dan garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen

III. Metode Penelitian

3.1 Pembuatan dan Variasi Benda Uji

Untuk jumlah pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji

Benda Uji	Jenis Uji	Umur Uji	Jumlah Benda Uji dengan Pesentase Campuran				Total Benda Uji
			Agregat Normal	Campuran 50% PL 50% AP	Campuran 75% PL 25% AP	Campuran 25% PL 75% AP	
Slinder 15 cm X 30 cm	Uji Kuat Tarik Belah (MPa)	28 hari	5	5	5	5	20

Balok 15 cm X 15 cm X 60 cm	Uji Kuat Tarik Lentur (MPa)	28 hari	5	5	5	5	20
--------------------------------------	--------------------------------------	---------	---	---	---	---	----

Jumlah Keseluruhan Benda Uji	40
-------------------------------------	-----------

3.2 Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Metode perencanaan beton mutu tinggi menggunakan metode SNI 7656:2012. Faktor air semen untuk perencanaan campuran beton ini adalah 0,30. Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m³ beton didasarkan dengan FAS yang digunakan. Jumlah agregat yang digunakan berkisar antara 60-70% dari berat volume beton. Persentase *Superplasticizer* yang digunakan adalah 1% dari berat semen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

4.1.1 Hasil pemeriksaan susunan butiran agregat (*sieve analysis*)

Nilai *fineness modulus* agregat dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai *Fineness Modulus* Agregat

No.	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus</i> (FM)	Batas Ijin ASTM C-33
		Hasil Lab	
1	Split Ø 19,1 mm	6,43	5,5-8,0 2,3-3,1
2	Pasir Kasar	3,78	
3	Pasir Halus	2,45	
4	Pasir Laut	2,05	
5	Pasir <i>Pozzolan</i>	2,08	

Berdasarkan hasil dari nilai *fineness modulus* agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa agregat yang dipakai sudah memenuhi syarat-syarat yang disarankan oleh ASTM C-33 dan sesuai dengan ketentuan SNI 03-2834-2000.

4.2 Hasil Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan campuran beton (*mix design*) dengan menggunakan metode SNI 7656 : 2012. Hasil perhitungan campuran beton untuk 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perencanaan Campuran Beton 1 m³ Adukan Beron dengan FAS 0,3

Material	Berat Material	Satuan
Air	204,80	Kg
Semen	682,67	Kg
Kerikil (CA)	944,11	Kg

Pasir Kasar (CS)	212,26	Kg
Pasir Pozzolan	150,88	Kg
Pasir Laut	150,88	Kg
NN (1% dari berat semen)	4,863	Kg
Total Material	2345,58	Kg

4.3 Hasil Pengujian *Slump Test*

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Slump* Berdasarkan Penggunaan Kondisi Air yang Berbeda.

No	Benda Uji	Tinggi <i>Slump</i> (cm)	
		Penelitian	Teori
1	BMT 0%	8,2	> 2,0
2	BPz 75% : BPL 25%	8,3	
3	BPz 50% : BPL 50%	9,0	
4	BPz 25% : BPL 75%	9,0	

Dari hasil tabel 4.3 dapat dilihat pada pengecoran beton normal, berat air kurang 0,5 Kg dari jumlah air dengan penambahan volume 20%. Pada pengecoran beton campuran pasir *pozzolan* 75% dengan pasir laut 25%, berat air ditambah 1,5 Kg dari jumlah air dengan penambahan volume 10%. Pada pengecoran beton campuran pasir *pozzolan* 50% dengan pasir laut 50%, dan pasir *pozzolan* 25% dengan pasir laut 75% berat air ditambah 1,5 Kg dari jumlah air.

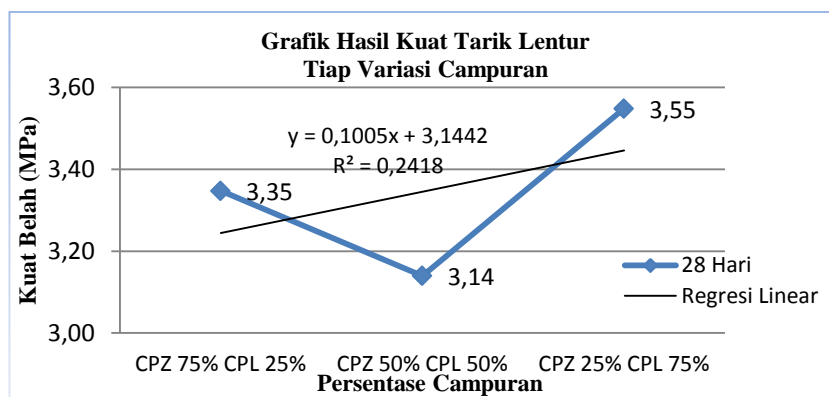
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur

Pengujian kuat tarik lentur beton mutu tinggi dilakukan sesuai dengan persamaan rumus (2.1 dan 2.2). Pengujian kuat tarik lentur beton pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 28 hari. Rekapitulasi kuat tarik lentur rata-rata beton mutu tinggi dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Rata-rata Untuk Tiap Variasi Campuran

Pengujian	Umur (Hari)	Sampel	Kuat Tarik Lentur Rata-rata Untuk Tiap Variasi Campuran (MPa)			
			BMT 0%	CPZ 75% CPL 25%	CPZ 50% CPL 50%	CPZ 25% CPL 75%
Kuat tarik lentur	28	1	3.46	3.35	3.55	3.75
		2	4.36	2.84	2.84	3.59
		3	4.46	3.38	3.11	3.40
		4	3.40	3.09	3.20	3.74
		5	3.46	4.07	3.00	3.26
Kuat tarik lentur rata-rata			3.83	3.35	3.14	3.55

Dari hasil tabel 8 dapat dilihat bahwa, terjadi penurunan kuat tarik lentur pada beton campuran terhadap BMT 0%, penurunan paling tinggi terjadi dengan campuran campuran CPZ 50% : CPL 50%, dibandingkan dengan campuran lainnya. Persentase perbandingan kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Garfik Perbandingan Kuat Tarik Lentur

Berdasarkan hasil Gambar 4.2 grafik regresi tersebut diperoleh nilai $Y = 0,1005x + 3,1442$, $R^2 = 0,2418$. Dari persamaan garis regresi diperoleh kuat tarik lentur dengan campuran (CPZ 75% CPL 25%) 3,35 MPa, pada campuran (CPZ 50% CPL 50%) menurun 0,21 MPa dan campuran (CPZ 25% CPL 75%) mengalami kenaikan 0,2 MPa.

4.6 Hubungan Kuat Tarik Lentur Dengan Kuat Tekan

Tabel 4.8 Hubungan Kuat Tarik Lentur Terhadap Kuat Tekan

Umur	Persentase Substitusi Untuk Tiap Variasi Campuran	Kuat Tekan Rata-rata	Kuat Tarik Lentur Rata-rata	ft Menggunakan Koefisien			$K = \frac{f_r}{\sqrt{f'_c}}$
				Dipohusodo $0,5\sqrt{f'_c}$	Nilson $0,67\sqrt{f'_c}$	Winter $1,0\sqrt{f'_c}$	
Hari	MPa	Mpa	MPa	MPa	MPa	MPa	
28	BMT 0%	49.65	3.83	3.52	4.72	7.05	0.54
	CPZ 75% CPL 25%	39.05	3.35	3.12	4.19	6.25	0.54
	CPZ 50% CPL 50%	39.38	3.14	3.14	4.20	6.28	0.50
	CPZ 25% CPL 75%	48.27	3.55	3.47	4.65	6.95	0.51

Berdasarkan data pada tabel 10 hubungan kuat tekan dengan kuat tarik lentur dapat dilihat dari koefisien tarik lentur yaitu $0,50 - 0,54 \sqrt{f'_c}$ dimana nilai koefisien kuat tarik lenturnya sesuai dengan ketentuan Dipohusodo yaitu $0,5\sqrt{f'_c}$, dan diperoleh nilai koefisien dibawah nilai ketentuan yang diberikan Nilson dan Winter yaitu, $0,67\sqrt{f'_c} - 1,0\sqrt{f'_c}$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari campuran agregat halus pasir laut dan pasir pozzolan pada beton mutu tinggi, mengalami penurunan tarik lentur terhadap beton mutu tinggi 0%. Nilai kuat tarik lentur yang tertinggi diperoleh dari campuran substitusi pasir pozzolan 25% dan pasir laut 75% sebesar 3,55 MPa dengan selisih 7,29% dari beton mutu tinggi 0% campuran.

Pada perbandingan antara kuat tarik lentur dengan kuat tekan, nilai kuat tarik lentur sebagian besar berada diatas interval 9% s.d. 15%. Nilai pendekatan tersebut memberikan

interval yang lebih besar dari batasan yang diberikan oleh Dipohusodo. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh substitusi agregat halus pasir laut dan pasir pozzolan.

VI. DAFTAR KEPUSTAKAAN

ASTM C 618. 2019. *Standard Specification for Coal fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. Annual Books of ASTM Standard. Pennsylvania: American Society for Testing and Material.

British Standard Institution, 1972. *Code of Practice for The Structural Use of Concrete*, BS CP 110-1, England: BSI

Ferguson, M. L., 1986, *Dasar-dasar Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

Husin, A. dkk, 2008, *Pemanfaatan Pasir Pantai Sepempang dan Batu Pecah Asal Ranai Sebagai Bahan Pembuatan Beton Normal*, Forum Teknik Sipil No. XVII/1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kandi, Y. S., dkk. 2012. “*Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur “Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton”*”. Jurnal Teknik Sipil Nusa Cendana, 1(4), pp 74-86.

Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Orchard, A.M., 1979. *Concrete Technology Properties Of Material*. London: Applied Science Publishers Limited.

SNI Pd-T-04-2004-C, 2004. *Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.

SNI 03-6468-2000, 2000. *Tata Cara Perencanaan Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.

SNI 15-0302-2004, 2004. *Semen Portland Pozzolan*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.