

## Analisis Kuat Tekan dan Fleksibel Beton Serat Polyamide/Nylon dengan Campuran Serbuk Kaca Menggunakan Curing Air Laut

### *Compressive Strength and Flexible Strength Analysis of Polyamide/Nylon Fiber Concrete Mixed with Glass Powder Using Seawater Curing*

**Melki Ridwan Manurung<sup>1</sup>, Lolom Evalita Hutabarat<sup>1,2</sup>, Setiyadi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta

<sup>2</sup>Email Korespondensi: [lolom.hutabarat@uki.ac.id](mailto:lolom.hutabarat@uki.ac.id)

#### **Abstract**

*In tropical countries surrounded by water, coastal development initiatives are unavoidable. Because chloride compounds (Cl) in seawater are corrosive to concrete and interact directly with seawater, using concrete in coastal locations requires careful consideration—adding pozzolan-like glass powder to concrete results in minimal water absorption. Nylon fiber, on the other hand, is abrasion-resistant and can boost the flexural strength of concrete. In line with SNI 7656-2012, this study used fresh and sea water to maintain test specimens 15 cm wide, 15 cm long, and 60 cm high with a design  $f'_c$  strength of 25 MPa at 14 and 28 days. The compressive strength increased by 27.9 MPa, and the flexural strength increased by 29.2 MPa after 14 days and 28 days of drying in clean water with 1% fiber variation, respectively. In seawater, the compressive strength at 14 days is 26.5 MPa, the flexural strength at 28 days is 28.8 MPa, and the flexural strength at 28 days is 2,773 MPa and 3,312 MPa. Concrete cured with sea water is lower than concrete treated with fresh water. On the other hand, adding polyamide/nylon to concrete containing glass powder can reduce compressive strength loss by up to 4%.*

**Keywords:** *Curing, Polyamide/nylon, Seawater*

#### **Abstrak**

Proyek pembangunan pesisir tidak bisa dihindari di negara tropis yang dikelilingi perairan. Penggunaan beton di wilayah pesisir memerlukan pertimbangan yang cermat karena senyawa klorida (Cl) dalam air laut bersifat korosif terhadap beton yang interaksi langsung dengan air laut. Penambahan bubuk kaca dengan karakteristik pozzolan pada beton menghasilkan penyerapan air yang rendah. Di sisi lain, serat nilon tahan terhadap abrasi dan dapat meningkatkan nilai kuat lentur beton. Penelitian ini menggunakan air tawar dan air laut untuk pemeliharaan benda uji ukuran lebar 15 cm, panjang 15 cm, dan tinggi 60 cm, dengan kuat rencana  $f'_c$  sebesar 25 MPa pada umur 14 hari dan 28 hari, sesuai dengan SNI 7656-2012. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan meningkat sebesar 27,9 MPa dan kuat lentur meningkat sebesar 29,2 MPa setelah pengeringan air bersih masing-masing selama 14 hari dan 28 hari dengan variasi serat 1%. Kuat tekan umur 14 hari sebesar 26,5 MPa, kuat lentur umur 28 hari sebesar 28,8 MPa, dan kuat lentur umur 28 hari masing-masing sebesar 2,773 MPa dan 3,312 MPa di air laut. Beton yang diawetkan dengan air laut cenderung menurunkan kualitas beton dibandingkan dengan air tawar. Namun, penambahan poliamida/nilon pada beton dengan bubuk kaca dapat mengurangi kehilangan kuat tekan hingga 4%.

**Kata kunci:** *Air laut, Perawatan, Polyamide/nylon*



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

Artikel diterima: 01-12-2023. Selesai Review: 20-12-2023. Publish: 26-12-2023

## PENDAHULUAN

Material beton menjadi pilihan utama dalam konstruksi di daerah pesisir dibandingkan baja yang mempunyai sifat korosif. Sifat beton yang tahan terhadap korosi serta mudah dalam pengerjaan sangat menguntungkan dalam pembangunan di daerah pesisir (Mindrasari, Sambowo, and Basuki 2014). Pemilihan campuran material penyusun beton tentunya perlu diperhatikan terutama untuk beton didaerah pesisir yang kontak langsung dengan air laut. Air laut memiliki senyawa klorida (Cl) yang agresif terhadap bahan lain termasuk beton. Kandungan sulfur dan klorida pada air laut dapat menurunkan kekuatan pada beton. Selain itu pengerasan pada beton akan lebih lama akibat air laut yang masuk saat pengecoran di pesisir pantai dapat mempengaruhi kadar air dalam campuran beton. Penambahan zat yang bersifat pozzolan seperti Fly Ash, Silica Fume, ataupun Slag dapat membantu meningkatkan kuat tekan beton sebagai kelompok bahan additive (ASTM C494-81 2004). Reaksi pozzolan yang terjadi akan menyebabkan penurunan permeabilitas beton. Selain itu juga dapat membatasi pergerakan ion klorida yang merupakan penyebab korosi pada tulangan baja. Perlindungan korosi pada tulangan baja pada beton dapat dibatasi dengan meningkatnya resistivitas beton yang timbul dari reaksi pozzolan.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian yang pernah dilakukan maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis beton dengan serat polyamida/nylon dan serbuk kaca dengan menggunakan curing air laut dan curing air tawar sebagai pembanding untuk mendapatkan hasil kuat tekan dan kuat lentur yang paling optimal bagi konstruksi di wilayah pesisir. Penelitian pada benda uji beton dengan 20% substitusi bubuk kaca terhadap berat pasir didapatkan sebesar 30,78 MPa pada umur 28 hari dengan perendaman pada air biasa. Namun ketika beton direndam larutan sulfat, kuat tekan maksimum pada 28 hari dengan 20% substitusi bubuk kaca mengalami sedikit penurunan tetapi dapat mencapai mencapai 28,56 MPa. (P and Tanzil 2013). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari tertinggi terjadi pada campuran serbuk kaca 10% yaitu sebesar 24,87 MPa atau meningkat sebesar 21,02% dari kuat tekan beton normal sedangkan kuat tarik belah beton tertinggi sebesar 3,11 MPa dengan penambahan 10% serbuk kaca dan 1,5 % tandan buah kosong kelapa sawit. Hasil ini memperlihatkan adanya peningkatan sebesar 31,78% % dari tarik belah beton normal (Siregar et al. 2021).

Sebaliknya penelitian yang dilakukan oleh Laksono dengan menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian pasir sebanyak 40%, 50%, dan 60% membuat kuat tekan dan kuat lentur beton justru menurun dari 27,34 MPa menjadi 26,21 MPa, kemudian 25,93 MPa. Sedangkan untuk kuat lentur menurun dari 4,93 MPa, kemudian 3,91 MPa, diikuti 3,60 MPa. Karena itu prosentasi serbuk kaca yang terlalu besar (lebih dari 20%) juga sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton menjadi turun (Laksono, Sariman, and Setiawan 2023). Hasil ini diperkuat dengan penelitian lainnya yang menunjukkan beton normal dengan substitusi serbuk kaca 50% memperlihatkan rasio penurunan sebesar 0,81 pada umur 14 hari dan rasio peningkatan sebesar 1,03 pada umur 28 hari. Tetapi kuat lentur beton dengan substitusi serbuk kaca 50% lebih besar dibandingkan dengan beton normal. Demikian juga modulus elastisitas beton dengan substitusi serbuk kaca 50% lebih tinggi dari pada beton normal (Ade Lisantono et al, 2019)

Dari hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penambahan serat nylon, nilai tertinggi di dapat pada presentase penambahan serat nylon 1% (Gunawan, Wibowo, and Munandar 2015). Modulus elastisitas beton ringan gas dengan penambahan kadar serat nylon sampai dengan 1% dari berat volume beton pada umur 28 hari akan mengalami peningkatan antara 12,01% sampai dengan 63,18% (Gunawan and Munandar 2015). Hasil penelitian lainnya memperlihatkan bahwa penambahan serat nylon sebesar 1% memberikan kuat tarik rata-rata 1,874 MPa atau meningkat menjadi 5,104%. Penambahan serat nylon sebesar 2% semakin meningkatkan kuat tarik belah beton menjadi sebesar 2,247 MPa, yang artinya meningkat sebesar 26,024% (Arianto R et al., 2017).

Jika menggunakan tipe semen yang berbeda, hasil kuat tekan campuran beton dengan Semen Tiga Roda yang direndam dalam air laut sebesar 28,00 MPa lebih rendah jika dibandingkan hasil yang didapat dengan perendaman air tawar yaitu sebesar 29,50 MPa. Sementara jika menggunakan semen Gresik memberikan hasil 26,7 MPa pada perendaman air laut dan 23,70 MPa pada perendaman air tawar. Artinya hasil yang didapatkan jauh dibawah dibandingkan dengan Semen Tiga Roda. Sedangkan jika menggunakan semen Holcim justru memperlihatkan bahwa hasil kuat

tekan justru bisa mencapai 29,7 MPa dengan perencaman air laut dan dengan air tawar justru lebih rendah yaitu sebesar 23,85 MPa. Hal ini membuktikan bahwa menggunakan perendaman air laut dapat memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan menggunakan air tawar jika menggunakan jenis tertentu (Prayuda and Pujianto 2018). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar untuk masa perawatan 7 hari. Akan tetapi untuk masa perawatan 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton justru akan mengalami penurunan dibandingkan dengan perawatan air tawar. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut dapat memiliki kekuatan awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan perawatan air tawar (Hunggurami, Utomo, and Wadu 2014).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

### Material Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa material yang digunakan, yaitu:

- Semen PCC tipe 1 (Tiga Roda)
- Agregat kasar (batu pecah)
- Agregat halus (pasir)
- Serat poliamida/nilon (PA)
- Serbuk kaca (SK)

Penggunaan tambahan campuran serat berbeda – beda yaitu PA 0%, 0,5%, 1%, sementara variable terikat SK 20%.

### Perencanaan Campuran (*mix design*) dan Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji balok dengan dimensi 15cm × 15cm × 60cm dengan masing – masing variasi dan metode perawatan yang digunakan seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Mix Desain dan Curing Beton

Kode nama	Umur		Metode curing
	14	28	
BN	2	2	air laut
PA0,5% - SK20%	2	2	air laut
PA1% - SK20%	2	2	air laut
BN	2	2	air tawar
PA0,5% - SK20%	2	2	air tawar
PA1% - SK20%	2	2	air tawar

Keterangan:

- BN = Beton Normal  
PA = Serat Polyamide  
SK = Serbuk Kaca

### Standar Pengujian

Metode pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengujian yang dilakukan mengikuti syarat yang didasari pada Standart Nasional Indonesia (SNI) dan American society fot Testing and

Material (ASTM). Pengujian material dilakukan agar dapat memenuhi syarat – syarat untuk pencampuran beton.

- Pengujian saringan agregat kasar dan agregat halus (SNI ASTM C 136 2012) Pengujian dilakukan agar mengetahui gradasi dan nilai optimal pada agregat.
- Pengujian kadar lumpur(SNI 03-4142 1996). Pengujian dilakukan agar mengetahui kadar lumpur yang optimal pada kagungan lumpur agregat.
- Pengujian zat organik (SNI 2816 2014). Pengujian dilakukan agar mengetahui berapa kadar lumpur yang terkandung dalam agregat.
- Pengujian berat jenis agregat kasar dan halus (SNI 7656 2012) . Bertujuan agar dapat mengetahui sifat dan karakteristik agregat dalam menyerap air.
- Pemeriksaan Keausan (SNI 03-2417-1991 1991). Bertujuan agar mengetahui ketahanan aus agregat kasar.

### **Pemeriksaan slump**

Pemeriksaan slump dilakukan untuk mengukur padat atau cairnya campuran berguna dalam proses pengerjaan beton.

### **Perawatan(curing)**

Pada penelitian ini perawatan digunakan dengan cara perendaman benda uji menggunakan air laut dari Pantai Indah Kapuk (PIK) dengan pH 8,41 dan air bersih yang berasal dari Laboratorium FT-UKI.

### **Uji Kekuatan Tekan**

Uji kekuatan tekan dilakukan setelah balok beton berumur 14 dan 28 hari. Uji kekuatan tekan menggunakan alat *hammer test*. Uji ini bertujuan agar mengetahui apakah kekuatan tekan memenuhi persyaratan yang direncanakan.

### **Uji Kekuatan Lentur**

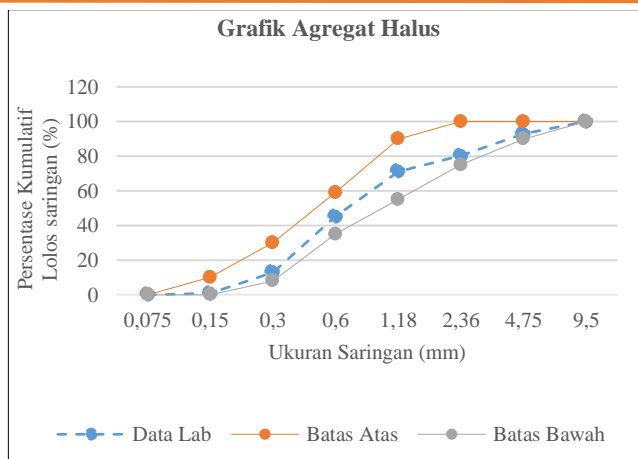
Uji kekuatan lentur dilakukan pada balok beton setelah berumur 14 dan 28 hari. Uji kekuatan lentur menggunakan alat *compressing test*. Uji ini dilakukan agar mengetahui kekuatan beton terhadap getas

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini meliputi hasil pengujian material, hasil uji slump, hasil uji kekuatan tekan, hasil uji kekuatan lentur perbandingan kekuatan tekan perawatan air laut dan air bersih, perbandingan kekuatan lentur air laut dan air bersih

### **Hasil pengujian Agregat Halus**

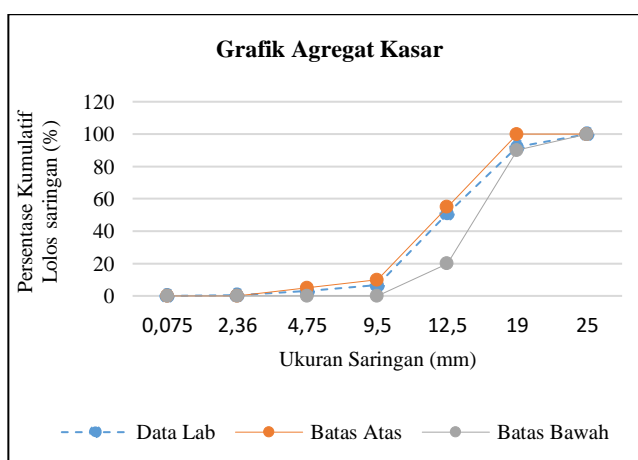
Hasil pengujian saringan agregat halus dapat dilihat dari Gambar 1. Terlihat bahwa pengujian agregat halus memenuhi syarat sesuai (SNI ASTM C 136 2012)



**Gambar 1.** Hasil uji saringan agregat halus.

### Hasil pengujian agregat kasar

Hasil pengujian saringan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat bahwa pengujian agregat kasar memenuhi syarat sesuai (SNI ASTM C 136 2012).



**Gambar 2.** Hasil uji saringan agregat kasar

### Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 2 yang memperlihatkan bahwa kadar kandungan lumpur pada agregat halus dan agregat kasar memenuhi syarat (SNI 7656 2012).

Kandungan lumpur	Hasil
Agaregat halus	4,5%
Agregat kasar	1,58%

### Hasil uji zat organik

Hasil uji zat organik pada agregat halus yaitu dengan memasukkan bahan uji agregat halus sebanyak 200 gr ke dalam wadah piknometer dan ditambahkan dengan larutan NaOH 3%. Dapat dilihat kandungan zat organik menunjukkan warna kuning bening termasuk parameter nomor 2 pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Kandungan zat organik

### Proporsi campuran

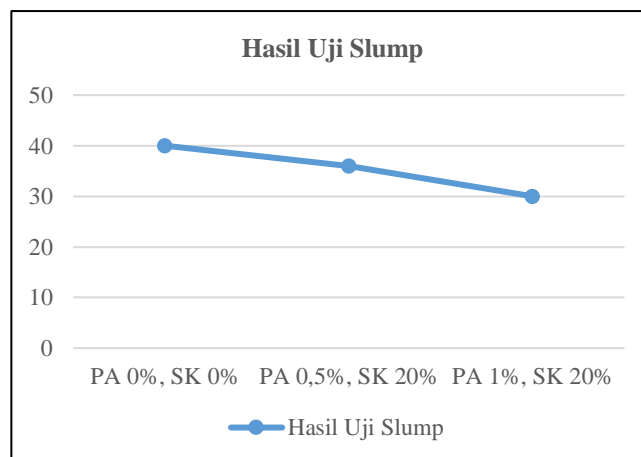
Proporsi campuran terdiri dari 3 variasi campuran dan 2 metode perawatan, setiap variasi dan metode perawatan terdiri dari 2 benda uji seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Variasi Campuran pada Beton

Variasi	Semen	PA	SK	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus
BN	33.639	0	0	20.520	119.460	79.640
PA 0,5% - SK 20%	33.639	0.168	15.928	20.520	119.40	79.640
PA 1,0% - SK 20%	33.639	0.336	15.928	20.520	119.40	79.640

### Hasil uji slump

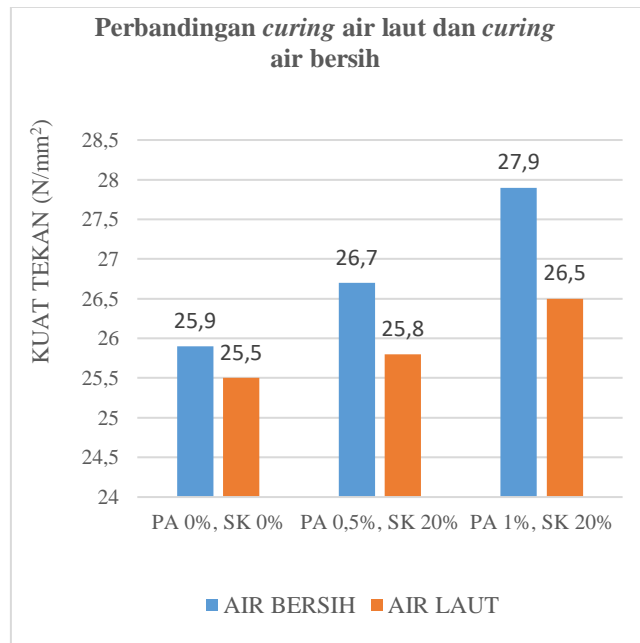
Nilai slump dapat dilihat pada Gambar 4 dimana terlihat bahwa penambahan serat polyamide/nylon yang semakin banyak akan menurunkan hasil uji slump yang didapatkan. Hasil nilai slump menunjukkan sebesar 3cm - 4cm yang memenuhi standar kisaran 2.5cm - 5cm.



**Gambar 4.** Hasil uji slump

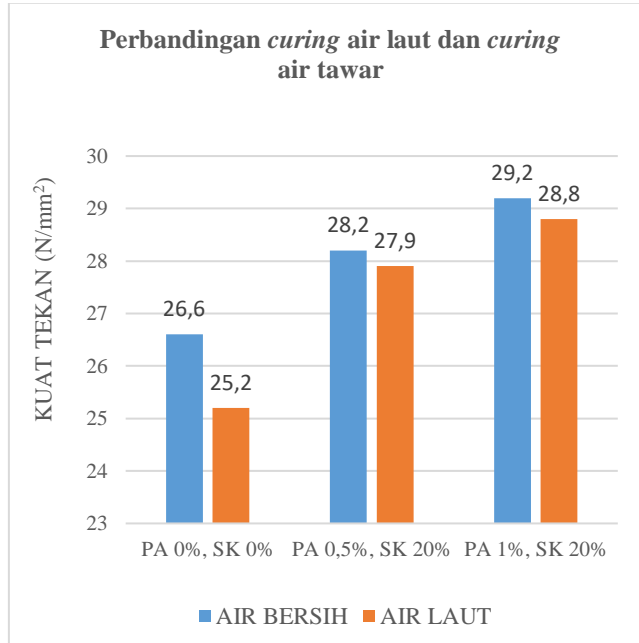
### Hasil kekuatan tekan

Pada Gambar 5 terlihat kekuatan tekan perawatan air laut dan perawatan air bersih pada umur 14 hari, sedangkan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Nilai Kekuatan tekan umur 14 hari

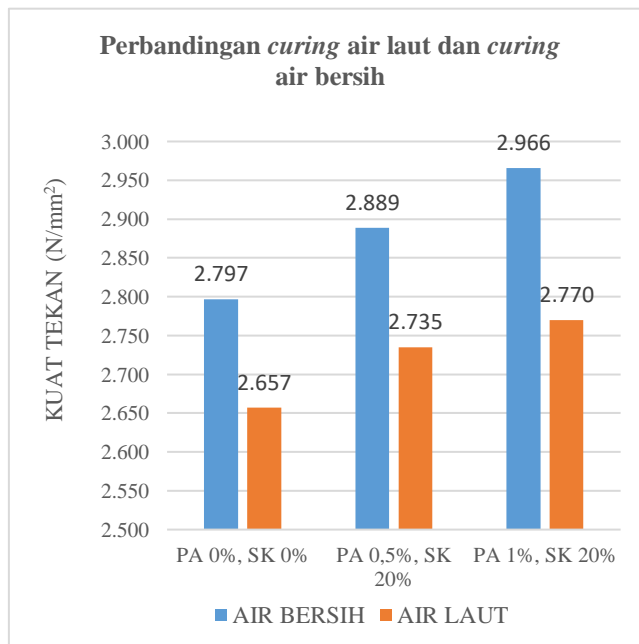
Pada Gambar 6 terlihat bahwa peningkatan tertinggi yaitu 29,2 MPa terjadi pada variasi PA1% SK20% dengan perawatan air bersih. Terlihat bahwa semakin bertambahnya variasi campuran kekuatan tekan juga semakin meningkat walaupun pada setiap variasi terlihat juga bahwa kekuatan tekan dengan perawatan air laut lebih rendah dari pada perawatan dengan air bersih. Sebaliknya terlihat bahwa kekuatan tekan dengan variasi 0% pada 14 hari lebih tinggi dari pada beton umur 28 hari. Sama halnya dengan benda uji umur 28 hari variasi PA1% SK20% mengalami peningkatan tertinggi yaitu 27,9 MPa pada umur beton 14 hari. Hal ini sesuai penelitian yang dilakukan sebelumnya (Agus 2019; Gunawan, Wibowo, and Munandar 2015) dimana persentase penambahan optimal serat nilon sebesar 1%. Selain itu penambahan serbuk kaca juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tanzil (2013) dimana hasil optimal tercapai dengan penambahan 20% untuk beton yang direndam pada air biasa. Sedangkan penambahan serbuk kaca sebesar 10% yang dikombinasikan dengan tandan kelapa sawit memberikan hasil kuat tekan beton optimal menurut Siregar et al. (2021). Beton dengan perendaman di air laut juga memberikan penurunan kuat tekan pada beton sesuai hasil penelitian sebelumnya (Prayuda and Pujiyanto 2018) tetapi masih berkisar antara 26.7 MPa sampai dengan 28 MPa. Selain itu penelitian lainnya menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut justru lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar untuk masa perawatan 7 hari, tetapi untuk masa perawatan 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton justru akan mengalami penurunan dibandingkan dengan perawatan air tawar. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut dapat memiliki kekuatan awal yang lebih lebih tinggi dibandingkan dengan perawatan air tawar (Hunggurami, Utomo, and Wadu 2014).



**Gambar 6.** Nilai Kekuatan tekan umur 28 hari

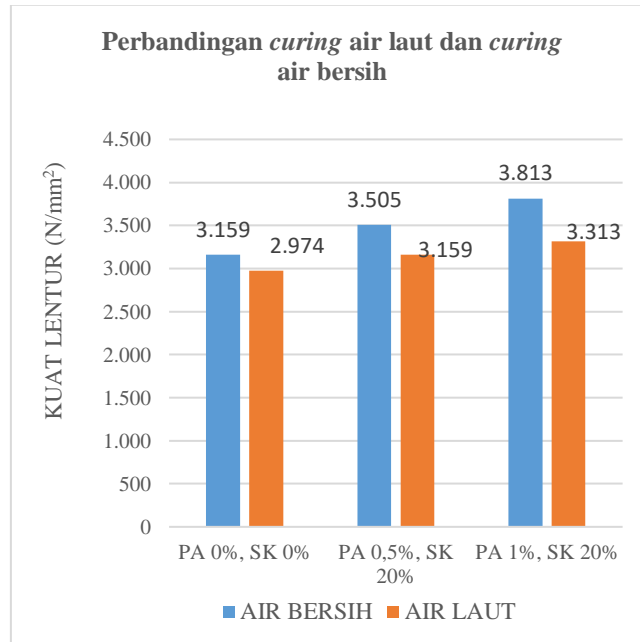
### Hasil Kekuatan Lentur

Pada Gambar 7 terlihat kekuatan tekan perawatan air laut dan perawatan air bersih pada umur 14 hari, sedangkan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 8 hari. Pada Gambar 8 terlihat bahwa peningkatan tertinggi yaitu 3.813 MPa terjadi pada variasi PA1% SK20% dengan perawatan air bersih. Terlihat bahwa semakin bertambahnya variasi campuran kekuatan lentur balok juga semakin meningkat. Namun juga pada setiap variasi terlihat juga bahwa kekuatan lentur dengan perawatan air laut lebih rendah dari pada perawatan dengan air bersih.



**Gambar 7.** Nilai kuat lentur umur 14 hari





**Gambar 8.** Nilai Kuat lentur umur 28 hari

Menurut (Wegian 2010) mengatakan bahwa rasio penurunan kekuatan pada beton normal dengan curing air laut dapat kehilangan 15% dibandingkan dengan curing air tawar.

## KESIMPULAN

Seiring bertambahnya variasi serat polyamide/nylon diikuti juga dengan meningkatnya kuat tekan dan kuat lenturnya. Kuat tekan dan kuat lentur pada beton umur 14 hari dan 28 hari dengan curing air laut lebih rendah daripada curing air bersih. menurut penelitian terdahulu (Suwarno et al. 2021) Kandungan unsur pada air laut dapat menyerang ikatan beton sehingga dapat berdampak pada mutu beton. Metode curing air bersih untuk umur 28 hari kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi serat polyamide/nylon 1% dan serbuk kaca 20% yaitu sebesar 29,2 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 9,77% dari beton tanpa campuran. Pada metode curing air laut untuk umur 28 hari kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi serat polyamide/nylon 1% dan serbuk kaca 20% yaitu sebesar 28,8 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 14,28% dari beton tanpa campuran. Peningkatan tertinggi yaitu 3.813 MPa terjadi pada variasi PA1% SK20% dengan perawatan air bersih. Terlihat bahwa semakin bertambahnya variasi campuran kekuatan lentur balok juga semakin meningkat. Namun dibangkan pada setiap variasi terlihat juga bahwa kekuatan lentur dengan perawatan air laut lebih rendah dari pada perawatan dengan air bersih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Irzal. 2019. "Penggunaan Serat Nylon Pada Beton Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton." *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN* 8 (1): 11–21. <https://doi.org/10.55340/jmi.v8i1.629>.
- Arianto, R, and Maidiawati Maidiawati. 2017. "Studi Eksperimental Evaluasi Pengaruh Penambahan Serat Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tarik Beton Normal" 3 (2): 143–49. <https://doi.org/10.21063/spi3.1017.143-149>.
- ASTM C494-81. 2004. "Standart Specification For Chemical Admixture For Concrete." *ASTM International, West Conshohocken, PA, Doi: 10.1520/C0494\_C0494M-81*.
- Gunawan, Purnawan, Wibowo Wibowo, and Aries Munandar. 2015. "Pengaruh Penambahan Serat Nylon Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas." *Jurnal Matriks Teknik Sipil UNS* 3 (3): 750–58.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/mateksi.v3i3.37275>.
- Hunggurami, Elia, Sudiyo Utomo, and Amy Wadu. 2014. "The Effect of Curing by Using Sea Water Due to Compressive Strength and Concrete Absorption." *Jurnal Teknik Sipil* 3 (2): 103–10.
- Jurnal, Bantuan. 2019. "Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil Didukung Oleh :"
- Laksono, Rino Dwi, Syahrul Sariman, and Arman Setiawan. 2023. "Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Zat Epoxy" 1: 58–65.  
<https://doi.org/10.56326/jsk.v2i1.1563>.
- Mindrasari, Pricillia, Kusno Adi Sambowo, and Achmad Basuki. 2014. "Pengaruh Curing Air Laut Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Belah Dan Modulus of Rupture." *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, no. September: 391–99.
- P, Fanisa Eki G, and Gunawan Tanzil. 2013. "Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir Dengan" 1 (1): 68–73.
- Prayuda, Hakas, and As'at Pujiyanto. 2018. "Pengaruh Perawatan (Curing) Perendaman Air Laut Dan Air Tawar Terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 22 (2): 130–39.
- Siregar, Rizki Apriyanto, Lolom Evalita Hutabarat, Sudarno P. Tampubolon, and Candra Christianti Purnomo. 2021. "Optimizing Empty Fruit Bunch (EFB) of Palm and Glass Powder as A Partial Substitution Material of Fine Aggregate to Increase Compressive and Tensile Strength of Normal Concrete." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 878 (1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012047>.
- SNI 03-2417-1991. 1991. "Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles." *Balitbang PU* 12 (12): 1–5.
- SNI 03-4142. 1996. "Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm)." *Standardisasi Nasional Indonesia Nasional Indonesia* 200 (200): 1–6.
- SNI 2816, 2014. 2014. "SNI 2816:2014. Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 10.
- SNI 7656. 2012. "Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa." *Badan Standardisasi Nasional*, .
- SNI ASTM C 136. 2012. "SNI ASTM C 136-2012 Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar." *Badan Standardisasi Nasional*, 24.
- Suwarno, Djoko, Widija Suseno, Ikke Metta Meliana, Bernadetta Ardhilia, Sekar Kemala, Dosen Program, Studi Teknik, et al. 2021. "Pengaruh Air Laut Pada Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton," no. 2008.
- Wegian, Falah M. 2010. "Effect of Seawater for Mixing and Curing on Structural Concrete." *IES Journal Part A: Civil and Structural Engineering* 3 (4): 235–43.  
<https://doi.org/10.1080/19373260.2010.521048>.