

## Pengaruh variasi pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada beton

Indra Widjaya<sup>1,\*</sup>, Jafar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Concrete  
Water pH  
Compressive Strength  
Split Tensile Strength  
Modulus of Elasticity

### Corresponding Author:

Indra Widjaya  
[19511186@alumni.uii.ac.id](mailto:19511186@alumni.uii.ac.id)

### Abstract

Infrastructure development is being carried out intensively in Indonesia. Generally, in infrastructure development, the material used is concrete. Concrete is a mixture of fine aggregate, coarse aggregate, water, and cement. One of the materials that affect the quality of concrete is water. The water used for making concrete generally has a pH of 7 (neutral). However, in reality, the manufacture of concrete in the field rarely pays attention to the pH of the water used, such as the use of well water, swamp water or sea water found around the project. This can happen because the project location is far away and there is no availability of resource water companies. As a result, the use of local water becomes an alternative. This study used variations of water pH 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 in concrete mixtures. The research specimen used a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The tests carried out were testing the compressive strength of concrete, split tensile strength of concrete, and modulus of elasticity of concrete when the concrete was 28 days old. Concrete mix planning is based on SNI 2834-2000 with a planned concrete quality of 25 MPa. The results of this study indicate that the variation of water pH 7 produces the highest compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of concrete with sequential values of 26.47 MPa, 2.89 MPa, and 28920.11 MPa. The pH variation of water 10 produces the lowest compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of concrete with sequential values of 23.70 MPa, 2.20 MPa, and 24999.68 MPa.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Pekerjaan infrastruktur sedang dijalankan secara intensif di Indonesia. Hal ini berkaitan dengan Rencana Strategis Kementerian PUPR 2020-2024 yaitu dilakukannya pembangunan pada bidang Sumber Daya Air, Konektivitas, Permukiman, dan Perumahan. (Kementerian PUPR, 2020). Umumnya pada pembangunan infrastruktur material yang digunakan adalah beton. Kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya serta kuat tekan yang baik merupakan salah satu alasan beton menjadi pilihan utama dalam pembangunan struktur (Suryanto & Albert, 2022).

Beton adalah campuran agregat halus, agregat kasar, air, semen portland atau semen hidraulik lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan dan menjadikan masa padat (Meidiani dkk., 2017a). Salah satu material yang mempengaruhi kualitas beton adalah air. Berdasarkan SNI S-04-1989-F campuran beton sangat rentan oleh kualitas air yang digunakan. Air yang terkandung zat-zat kimia berbahaya, garam, minyak, dll. dapat membuat kualitas beton menurun.

Air yang dipakai untuk pembuatan beton umumnya memiliki pH dengan nilai 7 (netral). Namun kenyataannya pembuatan beton di lapangan jarang mencermati pH air yang

dipakai, seperti penggunaan air sumur, air rawa maupun air laut yang ditemukan di sekitar proyek. Hal ini dapat terjadi karena lokasi proyek jauh dan tidak tersedianya air pam karena lokasi proyek yang terasing. Akibatnya, penggunaan air setempat menjadi alternatif.

Untuk mengetahui kualitas beton, biasanya dilakukan beberapa pengujian, seperti pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Meidiani dkk. (2017) dampak pH air asam pada kuat tekan beton adalah kuat tekan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil dari beton normal ketika nilai pH air semakin kecil. Jika dibandingkan dengan beton pH air 7 (netral), kuat tekan yang dihasilkan yaitu 25,96 MPa, sementara itu beton dengan pH air 6, kuat tekan yang dihasilkan 22,01 MPa, turun sebesar 15,21% dan beton dengan pH air 5 kuat tekan yang dihasilkan yaitu 20,87 MPa turun 19,58% dari kuat tekan beton normal.

Berdasarkan pada penjelasan di atas, kualitas air yang dipakai pada campuran beton memiliki pengaruh pada kuat tekan beton. Penelitian yang telah dilaksanakan juga masih terbatas pada pengujian kuat tekan. Sementara itu penulis ingin membuktikan bahwa variasi pH air juga memiliki pengaruh pada kuat tarik dan modulus elastisitas beton. Dengan demikian penulis bermaksud untuk menguji kualitas beton terhadap pengaruh variasi pH air yang digunakan dalam campuran beton menggunakan metode uji kuat tekan, uji tarik belah, dan uji modulus elastisitas beton. Adapun jurnal ini berguna untuk memberikan penjelasan mengenai pengaruh variasi pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton, memberikan kontribusi dalam dunia konstruksi dengan menyampaikan informasi mengenai pengaruh variasi pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton dan juga dapat dijadikan pembandingan dan referensi pada penelitian mendatang.

### Material Penyusun Beton

Material yang digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Material Penyusun Beton

Material	Keterangan
Air	Bahan yang mengubah semen menjadi pasta
Semen Portland	Semen dengan tipe semen <i>portland</i> komposit
Agregat Halus	Agregat dengan butiran lolos saringan 4,8mm
Agregat Kasar	Agregat dengan butiran 4,8 mm sampai dengan 20 mm

Selanjutnya dilakukan *mix design* pada penelitian ini sesuai dengan SNI 2834-2000. Hasil perencanaan campuran beton dengan angka penyusutan 20% per satuan m<sup>3</sup> dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perencanaan Campuran Beton

Material	Berat (Kg)
Air	246
Semen Portland	492
Agregat Halus	863,46
Agregat Kasar	1242,54

Penelitian ini menggunakan sampel berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm dengan 8 variasi campuran beton (Tabel 3). Dengan satu variasi tanpa dilakukan modifikasi pH pada air dalam campuran beton (Beton kontrol), dan tujuh variasi campuran dilakukan modifikasi pH air pada campuran beton dengan nilai pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, dan pH 10. Seluruh sampel dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

Tabel 3 Perencanaan Campuran Beton Setiap Variasi

Sampel	Jumlah Sampel	Volume (M <sup>3</sup> )	Air (Kg)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)
BK	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 04	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 05	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 06	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 07	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 08	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 09	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872
PH 10	10	0,053	13,042	26,083	45,776	65,872

Keterangan

BK : Campuran Beton Kontrol (pH 7,85)

### Metode Pengujian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan lokasi penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dengan metode pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, dan uji modulus elastisitas beton.

Standar-standar yang dijadikan dasar dalam pemeriksaan material penyusun campuran beton adalah sebagai berikut:

- Uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus berdasarkan SNI 1970-1990.
- Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
- Uji analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990
- Uji analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990
- Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus berdasarkan SNI 4804-1998.
- Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar berdasarkan SNI 4804-1998.
- Uji butiran lolos ayakan No. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir) berdasarkan SNI 4142-1996.
- Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 2834-2000
- Uji *slump* beton berdasarkan SNI 1972-2008.
- Uji kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011.

k. Uji kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2014.

l. Uji modulus elastisitas statis beton berdasarkan SNI 2826-2008.

Variasi benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah modifikasi pH air pada campuran beton. Dengan variasi air pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, dan pH 10. Rincian benda uji dengan masing-masing jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4 Detail Benda Uji.

Tabel 4 Detail Benda Uji

Jenis Pengujian	pH Air	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
	BK	TM-BK-01	5
	4	TM-4-01	5
Kuat Tekan	5	TM-5	5
dan Modulus	6	TM-6	5
Elastisitas	7	TM-7	5
Beton	8	TM-8	5
	9	TM-9	5
	10	TM-10	5
	BK	TB-BK-01	5
	4	TB-4-01	5
	5	TB-5	5
Kuat Tarik	6	TB-6	5
Belah Beton	7	TB-7	5
	8	TB-8	5
	9	TB-9	5
	10	TB-10	5
Total Sampel			80

Keterangan:

BK = Beton Kontrol

TM = Uji Tekan dan Modulus Elastisitas

TB = Uji Tarik Belah

4 = Variasi pH

### Modifikasi pH Air

Modifikasi dilakukan menggunakan pH modifier berupa cairan pH UP (Potassium Hidroksida 10%) & pH DOWN (Phosporic Acid 10%). Untuk melihat pH air yang dimodifikasi sesuai dengan rencana dibutuhkan alat bantuan berupa pH meter.

Beton kontrol memiliki pH senilai 7,85. Sehingga untuk pH 4, pH 5, pH 6 (pH asam) dan pH 7 (netral) diperlukan modifikasi pH menggunakan pH DOWN (Phosporic Acid 10%). Untuk pH 8, pH 9, pH 10 menggunakan pH UP (Potassium Hidroksida 10%). Air ditimbang sesuai dengan proporsi campuran dari *mix design* dan dimasukkan kedalam ember. Setelah itu memasukkan larutan pH UP atau pH DOWN kedalam air. Dilakukan pengecekan pH air menggunakan pH meter agar sesuai dengan pH air yang ditargetkan. pH meter memiliki ketelitian dua angka di belakang koma sehingga dapat mencapai target pH air dengan tepat. Adapun proses Modifikasi pH Air dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Modifikasi pH Air

### Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kapasitas beton dalam menahan beban aksial per satuan luas. Nilai kuat tekan beton didapat dengan memakai uji mesin tekan (*compression testing machine*) dan ditunjukkan dengan benda uji beton tersebut hancur saat terkena gaya tekan. Kalkulasi kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011 dapat dilihat pada Persamaan 1 sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan beton } f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Ket:

$P$  : beban maksimum (N)

$A$  : luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu kekurangan yang dimiliki oleh beton. Nilai kuat tarik didapat dengan menempatkan benda uji secara horizontal sebaris dengan alas meja penekan mesin uji tekan dan ditekan sampai benda uji terbelah atau hancur. Nilai kuat tarik beton dapat dihitung berdasarkan SNI 2491-2014 dapat dilihat pada Persamaan 2 seperti berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (2)$$

Ket:

$f_{ct}$  : kuat tarik belah beton (MPa)

$P$  : beban maksimum (N)

$D$  : diameter benda uji (mm)

$L$  : panjang benda uji (mm)

### Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan (Pade dkk., 2013).

Modulus elastisitas merupakan salah satu cara untuk mengetahui sifat elastis suatu material. Modulus elastisitas berkorelasi dengan kemampuan suatu bahan dalam menahan suatu beban. Nilai modulus yang lebih tinggi menandakan lendutan beton akan lebih kecil. Ini menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas beton yang lebih besar memiliki kapasitas untuk menahan tegangan yang tinggi pada keadaan regangan yang relatif kecil. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung dua metode yaitu metode menggunakan hasil pengujian dan metode teoritis. Metode hasil pengujian menggunakan perhitungan berdasarkan ASTM C-469 dan Persamaan Linear Nawy (1990). Sedangkan metode teoritis menggunakan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019. Adapun perhitungan nilai modulus elastisitas menggunakan rumus dari ASTM C-469 dapat dilihat pada Persamaan 3 seperti berikut.

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,000050} \quad (3)$$

Ket:

$E_c$  : modulus elastisitas beton (MPa)  
 $S_1$  : kuat tekan pada saat regangan longitudinal mencapai  $\epsilon_1 = 0,00005$   
 $S_2$  : kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)  
 $\epsilon_2$  : regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat  $S_2$   
 $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$  (4)

Ket:

$\Delta L$  : deformasi longitudinal (mm)  
 $L_0$  : tinggi efektif pengukuran (mm)  
 Menurut Nawy (1990), kurva tegangan-regangan masih linear saat nilai tegangan sudah mencapai  $0,4 \times F'c$  maksimum seperti dan persamaan berikut

$$E_c = \frac{0,4 \times F'c}{\epsilon_{0,4}} \quad (5)$$

Dengan :

$F'c$  = Tegangan Maksimum (MPa)  
 $\epsilon_{0,4}$  = regangan saat tegangan mencapai 40% dari tegangan maksimum

Adapun modulus elastisitas beton juga dapat dicari menggunakan metode teoritis. Berdasarkan SNI 2847-2019 beton dengan berat volume 1400-2560 kg/m<sup>3</sup> nilai modulus elastisitasnya dapat dicari menggunakan persamaan 6 dan 7 berikut.

$$E_c = W_c^{1.5} \times 0.043 \times \sqrt{F'c} \quad (6)$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{F'c} \quad (7)$$

dengan :

$\sqrt{F'c}$  = Kuat tekan beton (MPa)  
 $\epsilon_{0,4}$  = Berat volume beton (kg/m<sup>3</sup>)

### Pengujian Uji Statistik

Untuk menganalisis data kuantitatif yang didapatkan dari penelitian, langkah yang perlu dilakukan adalah melakukan uji statistik. Uji Statistik berguna dalam pengujian hipotesis dan menetapkan signifikansi hubungan antara variabel.

Pengujian statistik ini menggunakan metode dari Saphiro Wilk karena metode uji ini efektif dan valid digunakan untuk sampel yang jumlahnya sedikit. Seperti penjelasan dari Razali, N.M & Wah, Y.B. (2011) bahwa awalnya uji Shapiro dan Wilk ini dibatasi

untuk sampel yang berjumlah kurang dari 50. Prosedur pengujian yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah uji normalitas dan uji homogenitas.

#### a. Uji normalitas

Uji Normalitas adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi distribusi data pada kelompok data atau variabel normal atau tidak. Fahmeyzan dkk. (2018) menjelaskan bahwa uji normalitas berfungsi untuk menetapkan data yang sudah didapatkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Dijelaskan juga bahwa jika jumlah data lebih dari 30 ( $n > 30$ ), maka asumsi data tersebut berdistribusi normal.

#### b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah prosedur statistik untuk menyatakan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel dari populasi mempunyai variansi yang sama. Sianturi (2022) menjelaskan bahwa uji homogenitas variansi perlu dilakukan untuk memastikan tidak adanya perbedaan data yang ditimbulkan oleh perbedaan data dasar (ketidakhomogenan kelompok yang dibandingkan) sebelum membandingkan dua kelompok data atau lebih.

## Hasil dan Pembahasan

### Kuat Tekan

Diperoleh nilai rata-rata kuat tekan beton dari setiap variasi pH. pH air beton kontrol senilai 7,85. Nilai rata-rata kuat tekan beton pada variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, dan beton kontrol secara berurutan adalah 24,19 MPa, 24,9 MPa, 25,54 MPa, 26,47 MPa, 25,65 MPa, 25,29 MPa, 24,29 MPa, dan 23,70 MPa. Kuat tekan beton kontrol sebesar 25,65 MPa juga telah mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 MPa.

Penelitian ini mendapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi pH 7 senilai 26,47 MPa. Sedangkan beton dengan variasi pH 10 memiliki kuat tekan terendah yaitu 23,70 MPa.

Kuat tekan beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan kuat tekan

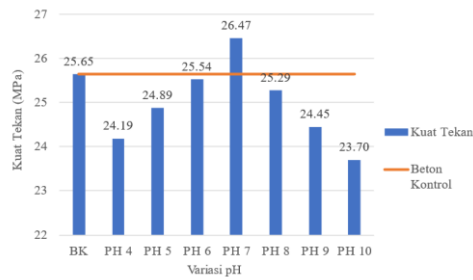
beton, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah. Kuat tekan beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tekan beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yunianta dan Mabui. (2022) dengan judul Pengaruh *Power Of Hydrogen* (pH) Air Terhadap Kuat Tekan Beton dimana penelitian tersebut menyatakan bahwa campuran air dengan pH 7 (netral) memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Campuran air dengan pH 5 dan 6 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton akan semakin kecil saat pH air asam menurun, sedangkan campuran air dengan pH 8 dan 9 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan akan semakin kecil saat pH air basa naik. Adapun Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Sampel	Luasan Tampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BK-01	17789,46	501,60	28,20	
BK-02	17813,11	431,80	24,24	
BK-03	17765,83	489,00	27,52	25,65
BK-04	17789,46	425,60	23,92	
BK-05	17718,61	432,00	24,38	
4-01	17860,46	458,80	25,69	
4-02	17765,83	480,90	27,07	
4-03	17695,03	373,70	21,12	24,19
4-04	17695,03	394,60	22,30	
4-05	17836,78	441,50	24,75	
5-01	17836,78	448,90	25,17	
5-02	17718,61	414,50	23,39	
5-03	17907,86	488,00	27,25	24,89
5-04	17836,78	402,40	22,56	
5-05	17836,78	465,10	26,08	
6-01	17742,22	403,50	22,74	
6-02	17742,22	480,50	27,08	25,54
6-03	17718,61	495,90	27,99	

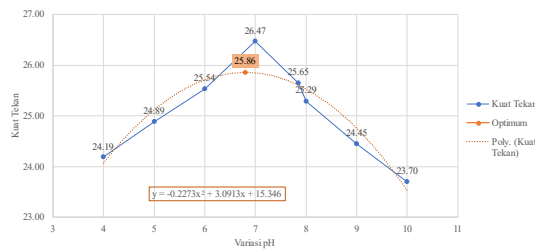
Kode Sampel	Luasan Tampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
6-04	17742,22	425,00	23,95	
6-05	17789,46	461,20	25,93	
7-01	17836,78	439,40	24,63	
7-02	17789,46	510,80	28,71	
7-03	17955,33	435,80	24,27	26,47
7-04	17836,78	515,40	28,90	
7-05	17836,78	460,80	25,83	
8-01	17718,61	458,00	25,85	
8-02	18145,84	460,60	25,38	
8-03	17931,59	418,80	23,36	25,29
8-04	17718,61	476,40	26,89	
8-05	17671,46	441,20	24,97	
9-01	17695,03	408,50	23,09	
9-02	17836,78	381,50	21,39	
9-03	17742,22	508,90	28,68	24,45
9-04	18145,84	403,70	22,25	
9-05	17931,59	481,50	26,85	
10-01	18026,65	410,50	22,77	
10-02	18074,28	438,50	24,26	
10-03	17931,59	406,80	22,69	23,70
10-04	17718,61	465,40	26,27	
10-05	18038,56	406,00	22,51	

Dalam penelitian ini terdapat 3 variasi pH yang mencapai kuat tekan rencana yaitu variasi pH 6, pH 7, dan pH 8. Adapun semua variasi pH mengalami penurunan kuat tekan dari beton kontrol, kecuali pH 7 yang mengalami peningkatan. Beton dengan variasi pH 4 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 5,72%, pH 5 turun 2,98%, pH 6 turun 0,45%, pH 8 turun 1,42%, pH 9 turun 4,69%, dan pH 10 turun sebesar 7,62%. Sedangkan beton dengan variasi pH 7 mengalami peningkatan kuat tekan beton senilai 3,18%. Adapun Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata dapat dilihat pada Gambar 2 dan Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tekan Beton pada Tabel 6.



Gambar 2 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata  
Tabel 6 Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tekan Beton

Variasi	Kuat Tekan rata-rata (MPa)	Persentase Penurunan dan Peningkatan (%)
BK	25,65	0,00%
PH 4	24,19	-5,72%
PH 5	24,89	-2,98%
PH 6	25,54	-0,45%
PH 7	26,47	3,18%
PH 8	25,29	-1,42%
PH 9	24,45	-4,69%
PH 10	23,70	-7,62%



Gambar 3 Grafik pH Optimum Pada Campuran Beton

Dari Gambar 3 diperoleh kurva regresi (*polinomial trendline*) dan persamaan sebagai berikut.

$$y = -0,2273x^2 + 3,0913x + 15,346$$

Persamaan tersebut diturunkan untuk mencari nilai x yang nantinya nilai x tersebut menjadi nilai pH optimum. Nilai x diperoleh sebesar 6,8. Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan dan diperoleh nilai y yang menjadi nilai kuat tekan optimum. Nilai y didapatkan sebesar 25,86. Sehingga pH

optimum didapatkan sebesar 6,8 dan kuat tekan optimum sebesar 25,86 MPa.

### Kuat Tarik Belah

Diperoleh nilai rata-rata kuat tarik beton dari setiap variasi pH. Nilai rata-rata kuat tarik beton pada variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, dan beton normal secara berurutan adalah 2,35 MPa, 2,40 MPa, 2,61 MPa, 2,89 MPa, 2,55 MPa, 2,33 MPa, dan 2,20 MPa.

Penelitian ini mendapatkan kuat tarik belah optimum pada variasi pH 7 senilai 2,89 MPa. Sedangkan beton dengan variasi pH 10 memiliki kuat tekan terendah yaitu 2,20 MPa. Kuat tarik belah beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan kuat tarik belah beton, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah. Kuat tarik belah beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tarik belah beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH. Adapun rata-rata penurunan kuat tarik belah beton pada pH basa lebih besar dibanding dengan kuat tarik belah beton pada pH asam yaitu 12,38% pada pH basa dan turun 8,87% pada pH asam. Adapun Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah dapat dilihat pada Tabel 7, Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton pada Tabel 8, dan Rasio Nilai Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Kuat Tekan pada Tabel 9. Grafik Kuat Tarik Belah Rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.

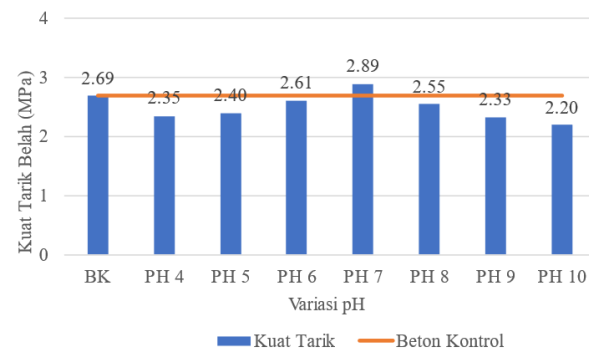
Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Kode Sampel	Luasan Tampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah rata-rata (MPa)
BK-01	144877,69	200,00	2,76	
BK-02	144213,24	238,00	3,30	
BK-03	145114,15	177,00	2,44	2,69
BK-04	145590,20	203,00	2,79	
BK-05	143162,38	156,00	2,18	

Kode Sampel	Luasan Tampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah rata-rata (MPa)
4-01	146760,40	186,00	2,53	2,35
4-02	143357,66	153,00	2,13	
4-03	145068,57	126,00	1,74	
4-04	145544,96	172,00	2,36	
4-05	146118,24	216,00	2,96	
5-01	145833,36	135,00	1,85	2,40
5-02	145117,55	155,00	2,14	
5-03	144780,93	175,00	2,42	
5-04	145620,36	213,00	2,93	
5-05	143309,69	193,00	2,69	
6-01	143880,26	197,00	2,74	2,61
6-02	145544,96	226,00	3,11	
6-03	143642,66	174,00	2,42	
6-04	142788,90	171,00	2,40	
6-05	144498,81	174,00	2,41	
7-01	144966,72	190,00	2,62	2,89
7-02	143164,51	262,00	3,66	
7-03	143595,07	151,00	2,10	
7-04	144450,65	206,00	2,85	
7-05	145108,75	234,00	3,23	
8-01	144020,66	154,00	2,14	2,55
8-02	145818,91	188,00	2,58	
8-03	141183,17	162,00	2,29	
8-04	144496,30	207,00	2,87	
8-05	145731,26	210,00	2,88	
9-01	144760,58	122,00	1,69	2,33
9-02	147072,47	199,00	2,71	
9-03	146253,42	152,00	2,08	
9-04	144351,25	172,00	2,38	
9-05	143823,68	201,00	2,80	
10-01	143587,91	159,00	2,21	2,33
10-02	142880,58	125,00	1,75	
10-03	143352,13	180,00	2,51	
10-04	143261,34	163,00	2,28	
10-05	143447,63	161,00	2,24	

Tabel 8 Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Kuat Tarik rata-rata (MPa)	Persentase Penurunan dan Peningkatan (%)
BK	2,69	0,00%
PH 4	2,35	-12,94%
PH 5	2,40	-10,73%
PH 6	2,61	-2,96%
PH 7	2,89	7,37%
PH 8	2,55	-5,27%
PH 9	2,33	-13,52%
PH 10	2,20	-18,36%



Gambar 4 Grafik Kuat Tarik Belah Rata-rata

Dalam penelitian ini diperoleh nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal sebesar 2,69 MPa. Adapun semua variasi pH mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal, kecuali pH 7 yang mengalami peningkatan. Beton dengan variasi pH 4 mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 12,94%, pH 5 turun 10,73%, pH 6 turun 2,96%, pH 8 turun 5,27%, pH 9 turun 13,52%, dan pH 10 turun sebesar 18,36%. Sedangkan beton dengan variasi pH 7 mengalami peningkatan kuat tekan beton senilai 7,37%.

Tabel 9 Rasio Nilai Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Kuat Tekan

Variasi	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rasio dengan Kuat Tekan (%)
BK	2,69	10,50
PH 4	2,35	9,70
PH 5	2,40	9,66
PH 6	2,61	10,24
PH 7	2,89	10,93
PH 8	2,55	10,09
PH 9	2,33	9,53
PH 10	2,20	9,28

Berdasarkan Tabel 9 diperoleh rasio nilai kuat tarik belah dengan kuat tekan beton. Nilai rasio kuat tarik belah beton pada beton kontrol, variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, dan pH 10 secara berurutan adalah 10,50%, 9,70%, 9,66%, 10,24%, 10,93%,

10,09%, 9,53%, dan 9,28%. Seluruh variasi beton berada pada rentang 9-15%. Nilai kuat tarik belah telah termasuk pada kuat tarik ideal. Hal ini sesuai dengan Dipohusodo (1999) yang menjelaskan bahwa nilai kuat tarik belah beton normal memiliki nilai 9-15% dari kuat tekannya.

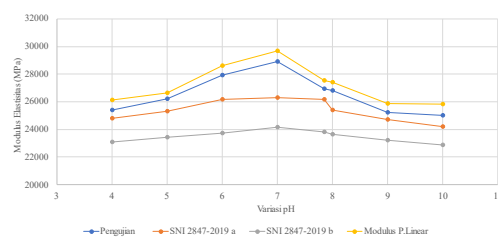
**Modulus Elastisitas**

Berdasarkan Tabel 10 diperoleh nilai optimum modulus elastisitas beton terdapat pada variasi pH air 7 yang mana sama halnya dengan variasi optimum pada nilai kuat tekan beton. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dijelaskan oleh Hardagung Tri dkk., (2014) bahwa nilai modulus elastisitas beton akan naik bersamaan dengan naiknya kuat tekan beton.

Tabel 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Kode Sampel	ASTM C-469		Nawy (1990) Persamaan Linear		SNI 2847-2019			
	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	a		b	
					Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)
BK-01	26982,57		26770,20		26705,19		24957,16	
BK-02	28070,80		28299,33		27079,20		23140,31	
BK-03	27555,72	26936,35	28919,74	27556,04	27144,77	26169,43	24658,09	23790,35
BK-04	24984,11		26245,17		24816,40		22988,85	
BK-05	27088,54		27545,76		25101,61		23207,31	
4-01	26874,25		28379,56		25170,81		23821,18	
4-02	25978,86		26629,89		26488,38		24453,02	
4-03	25108,78	25389,73	25870,98	26130,98	22899,14	24789,12	21599,01	23090,25
4-04	24069,86		24745,25		23594,66		22194,78	
4-05	24916,90		25029,23		25792,63		23383,26	
5-01	23198,72		23451,17		25452,21		23578,41	
5-02	26049,61		25973,13		24666,60		22732,40	
5-03	27869,29	26205,93	27942,10	26636,76	26295,09	25311,08	24534,99	23433,94
5-04	25874,93		25339,02		24004,59		22323,83	
5-05	28037,13		30478,39		26136,92		24000,09	
6-01	25048,51	27916,57	28765,81	28630,14	24729,21	26149,49	22413,81	23734,33
6-02	30743,87		29576,49		26899,16		24459,11	

Kode Sampel	ASTM C-469		Nawy (1990) Persamaan Linear		SNI 2847-2019			
	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	a		b	
					Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)
6-03	27088,73		28281,60		27639,15		24864,52	
6-04	27381,92		25564,74		24935,43		23003,21	
6-05	29319,82		30962,07		26544,49		23931,01	
7-01	27982,31		30122,90		24921,48		23327,58	
7-02	29329,83		29993,90		27761,52		25184,99	
7-03	28789,86	28920,11	28030,64	29676,21	25413,75	26302,59	23155,00	24164,21
7-04	29249,36		31608,86		27791,78		25264,57	
7-05	29249,18		28624,72		25624,43		23888,89	
8-01	28218,74		28926,07		25897,54		23895,48	
8-02	27553,64		28292,64		25411,60		23679,43	
8-03	25738,65	26816,05	26356,36	27415,00	24016,33	25388,79	22713,90	23628,79
8-04	27146,56		26843,41		25980,98		24370,75	
8-05	25422,65		26656,51		25637,51		23484,40	
9-01	19373,01		19832,41		23933,13		22582,30	
9-02	26463,20		27178,21		23031,51		21736,37	
9-03	27053,32	25221,26	27865,82	25849,79	27208,75	24694,66	25171,56	23202,75
9-04	22798,36		22807,06		23353,94		22168,62	
9-05	30418,41		31565,45		25945,95		24354,91	
10-01	25040,71		25665,90		23641,52		22428,33	
10-02	25076,32		25516,19		24436,29		23150,06	
10-03	24467,10	24999,68	24623,59	25828,92	23726,37	24217,30	22386,13	22869,99
10-04	25775,91		27427,53		26082,29		24087,75	
10-05	24638,35		25911,41		23200,05		22297,70	



Gambar 5 Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas

Berdasarkan Gambar 5 terdapat perbedaan nilai yang cukup signifikan antara nilai menggunakan metode ASTM C 469-94, persamaan linear, dan SNI 2847-2019. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena ASTM C 469-94 dan persamaan linear menggunakan data aktual yang diambil saat pengujian, sedangkan SNI 2847-2019 mengambil data dari pendekatan berat volume dan kuat tekan beton. yang modulus

elastisitas berdasarkan pengujian dan nilai modulus elastisitas berdasarkan teori.

**Uji Statistik**

**a. Uji Normalitas**

Pengujian ini dibantu menggunakan *software IBM SPSS Statistics*. Data yang terdistribusi normal harus memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05. Jika variasi memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari 0,05 maka variasi dianggap tidak berdistribusi normal dan data yang tidak normal harus dibuang. Pada penelitian ini semua variasi pada setiap pengujian memiliki nilai signifikansi di atas 0,05. Sehingga seluruh variasi data setiap pengujian terdistribusi normal dan tidak ada data yang dibuang.

**b. Uji Homogenitas**

Berdasarkan hasil rekapitulasi uji homogenitas, semua variasi pada setiap pengujian memiliki nilai signifikansi di atas 0,05. Akan tetapi pada kelompok data modulus elastisitas pengujian awalnya tidak memenuhi syarat signifikansi lebih dari 0,05, sehingga terdapat satu data yang harus dibuang yaitu benda uji TM-BK-05. Setelah data tersebut dibuang, semua kelompok data telah memenuhi syarat signifikansi yaitu lebih dari 0,05 dan dapat dinyatakan homogen. Adapun Rekapitulasi Hasil Uji Homogenitas dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Rekapitulasi Hasil Uji Homogenitas

Kelompok Data	Uji Normalitas Shapiro-Wilk (Sig.)	Keterangan
Kuat Tekan	0,113	Homogen
Kuat Tarik Belah	0,761	Homogen
Modulus Elastisitas Pengujian	0,140	Homogen
Modulus Elastisitas Persamaan Linear	0,099	Homogen
Modulus Elastisitas	0,142	Homogen

Kelompok Data	Uji Normalitas Shapiro-Wilk (Sig.)	Keterangan
SNI SNI 2847-2019		
Modulus Elastisitas SNI SNI 2847-2019	0,111	Homogen

**Kesimpulan**

- Variasi pH air mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah. Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tarik belah beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH. Sedangkan beton dengan pH netral (pH 7) mengalami peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.
- Variasi pH air 7 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 26,47 MPa, 2,89 MPa, dan 28920,11 MPa.
- Variasi pH air 10 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton terendah dengan nilai secara berurutan adalah 23,70 MPa, 2,20 MPa, dan 24999,68 MPa.

**Saran**

- Penelitian terbatas pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton, sehingga diperlukan pengujian-pengujian beton lainnya seperti kuat lentur dan absorpsi beton.
- Perlunya kajian lebih lanjut mengenai reaksi kimiawi variasi pH air terhadap campuran beton.
- Penelitian lain dapat dilakukan dengan pH *modifier* jenis lainnya.

## Daftar Pustaka

- ASTM C469. (1994). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. American Society for Testing and Material.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI M-14-1989-E : Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI S-04-1989-F : Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1968-1990 : Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1969-1990 : Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan. Air Agregat Kasar.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1970-1990 : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996) SNI 4142-1996 : Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998) SNI 4804-1998 : Metode Pengujian Bobot Isi Rongga Udara Dalam Agregat.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000) SNI 2834 2000 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002) SNI 03-2491-2002: Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 1972-2008 : Cara Uji Slump Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 2826-2008 : Cara Uji Modulus Elastisitas Batu dengan Tekanan Sumbu Tunggal.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011) SNI 1974-2011 : Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014) SNI 03-2491-2014 : Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019) SNI 2847 2019 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Dipohusodo, I (1999) Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991- 03. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fahmeyzan, D., Soraya, S., & Etmy, D. (2018). Uji Normalitas Data Omzet Bulanan Pelaku Ekonomi Mikro Desa Senggigi Dengan Menggunakan Skewness Dan Kurtosis. *Jurnal Varian*, 2(1), 31–36.
- Hardagung Tri, H., Adi Sambowo, K., & Gunawan, P. (2014). Kajian Nilai Slump, Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Bahan Tambahan Filler Abu Batu Paras. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 2, 131–137.
- Kementrian PUPR. (2020). RENCANA STRATEGIS 2020-2024.
- Meidiani, S., & Farsyah Septa Hartawan, M. (2017). *Penggunaan Variasi Ph Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Normal F'c 25 MPa* (Vol. 5, Nomor 2).
- Meidiani, S., Rajela, A., Hartawan, M. F. S., & Fartawijaya, A. (2017a). Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air Pada Kuat Tekan Beton Normal  $f'c$  25 MPa. *Pengembangan Infrastruktur Berkelanjutan untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa*, 88–94. <https://doi.org/10.21063/SPI3.1017.88-94>
- Nawy, (1990). *Beton Bertulang - Suatu Pendekatan Dasar*, Erlangga
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. *Jurnal Sipil Statik*, 1(7), 479–485.
- Razali, N.M & Wah, Y.B. (2011). *Power Comparisons Saphiro Wilk, Kolmogorov – Smirnov, Lilliefors and Anderson Darling Test*. *Jurnal of Statistical modeling and analytics Vol.2.No.1*, 21 -33, 2011.
- Sianturi, R. (2022). Uji Homogenitas Sebagai Syarat Pengujian Analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains Sosial, dan Agama*, 8(1), 386–397. <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>
- Suryanto, & Albert. (2022). Analisis Pengaruh Penggunaan Air Dengan Ph < 7 Pada Campuran Beton Normal Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Informasi, Perkebunan dan Sipil*.
- Yunianta, A., Mabui, D. S., & Irianto. (2022). *PENGARUH POWER OF HYDROGEN (PH) AIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. 15(2),2589–8891. [www.jurnal.umm.ac.id/dintek](http://www.jurnal.umm.ac.id/dintek)