

HUBUNGAN KUAT TEKAN, TARIK BELAH, DAN TARIK LENTUR BETON DENGAN BAHAN TAMBAH AKIBAT PENGGUNAAN METODE PERENCANAAN CAMPURAN BETON YANG BERBEDA

Nora Abdullah^{1*}, Cut Ranian², Ivan Hardi², Kurniawan², Mukhayar Syauki²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh, 23111

²Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh, 23111,

^{*})email: nora.abdullah@unsyiah.ac.id

Diterima : 29 April 2022
Direvisi : 12 September 2022

Disetujui : 13 September 2022
Diterbitkan : 30 November 2022

Abstract: Due to the difference in concrete mix design method that applied in Standard Nasional Indonesia, SNI (Indonesian National Standard) in the last 25 years, which SNI 03-2834-2000 is adopted from DOE method and SNI 7656-2012 is adopted from ACI 211.1 methods, it is important to understand what is the relationship between concrete compressive strength with its tensile strength (splitting and flexural tensile strength) especially if there is an admixture applied in the concrete mixture. To study this relationship, specimens for each water cement ratio (0,35; 0,40; and 0,45) and super plasticizer dosage (0; 0,4 liter/100 kg PC; and 0,6 liter/100 kg PC) were prepared for compressive strength, splitting, and flexural tensile strength tests at 28 days. The main factor that affected concrete strength both for ACI 211.1 or DOE concrete mix design method is the aggregate composition. The results showed that the splitting tensile strength and the flexural tensile strength of concrete in this research is 4%-15% and 6%-21% of compressive strength, respectively. The decreasing trend of concrete compressive strength as the increasing of the water cement ration complied the general rule. While the increasing of super plasticizer dosage shows inclination trend of the compressive strength. However, the splitting and failure tensile strength shows different trend for interaction of concrete mixed design with super plasticizer dosage or with water cement ratio. In addition, the compressive strength to splitting tensile strength or flexural strength relationship in this research shows the similar trend with the ACI318 and CEB-FIP codes but the compressive strength is less compared to both codes.

Keywords: compressive strength, splitting tensile strength, flexural tensile strength, admixture, concrete mix design; super plasticizer

Abstrak: Karena adanya perbedaan perencanaan campuran beton menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dalam kurun waktu 25 tahun terakhir ini, penting kiranya untuk memahami hubungan antara kuat tekan, tarik belah, tarik lentur beton termasuk bila ada bahan tambah yang digunakan dalam perencanaan campuran betonnya. SNI 03-2834-2000 mengadopsi metode perencanaan campuran DOE, sedangkan SNI 7656-2012 berdasarkan metode ACI 211.1. Untuk mempelajari hubungan tersebut, sejumlah benda uji untuk masing-masing faktor air semen (FAS 0,35; 0,4; dan 0,45) dan dosis penggunaan *super plasticizer* (0; 0,4 liter/100 kg semen; and 0,6 liter/100 kg semen) dipersiapkan untuk menguji kuat tekan, tarik belah, dan tarik lentur beton pada umur 28 hari. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton baik untuk perencanaan campuran beton metode ACI 211.1 atau DOE adalah komposisi agregat. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa kuat tarik belah dan tarik lentur beton berturut-turut berkisar antara 4%-15% dan 6%-21% dari kuat tekan beton. Kecenderungan turunnya kekuatan tekan beton seiring dengan meningkatnya faktor air semen telah memenuhi syarat umum. Sedangkan peningkatan penggunaan dosis *super plasticizer* memperlihatkan kecenderungan peningkatan kuat tekan beton. Namun, terlihat kuat tarik belah dan lentur beton memiliki pola yang berbeda satu dengan lainnya untuk interaksi baik metode perencanaan campuran dengan dosis *super plasticizer* atau dengan faktor air semen. Sebagai tambahan, hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah atau kuat tarik lentur memperlihatkan kesamaan tren dengan peraturan ACI 318 dan CEB-FIP tetapi kekuatan tekan betonnya lebih rendah dari kedua peraturan ini.

Kata kunci: kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, bahan tambah, perencanaan campuran beton, *super plasticizer*.

1. PENDAHULUAN

Kualitas beton dipengaruhi di antaranya oleh penggunaan komposisi bahan pembentuk beton dan bahan pencampur (*admixture*). Bahan pembentuk ini diperoleh dari perencanaan campuran beton (*concrete mix design*). Sedangkan salah satu bahan pencampur yang dikenal adalah *super plasticizer* yang dapat berguna untuk meningkatkan kemudahan pelaksanaan (*workability*), ketahanan (*durability*), kekuatan awal atau akhir beton. [1]

Beberapa metode perencanaan campuran beton yang terkenal di dunia di antaranya adalah *American Concrete Institute (ACI) 211.1* dan *United States Bureau of Reclamation (USBR) Practice* dari Amerika; *Department of Environmental (DOE)* dari Inggris; dan *Indian Standard Method* dari India. Di Indonesia sendiri, metode perencanaan campuran beton yang dijadikan referensi untuk penyusunan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000 adalah metode DOE, sedangkan untuk SNI 7656-2012 merujuk pada metode perencanaan campuran beton ACI 211.1. Dengan adanya peraturan terbaru yaitu SNI 7656-2012, maka SNI 03-2834-2000 dinyatakan tidak berlaku lagi. Seandainya ada bangunan beton bertulang yang dibuat dengan nilai faktor air semen (FAS) yang sama dan menggunakan *super plasticizer* sebagai bahan pencampur, maka muncullah pertanyaan apakah metode ACI 211.1 dan DOE yang berbeda ini serta penggunaan bahan pencampur akan mempengaruhi perilaku kekuatan tekan (*the compressive strength*) dan tarik (*the tensile strength*) beton?

Kuat tarik beton sangat berhubungan erat dengan kuat tekan beton. Telah banyak dilakukan penelitian untuk menentukan besaran kuat tarik dari nilai tekan beton yang salah satunya menyimpulkan bahwa kuat tarik kurang lebih 31-47% dari kekuatan tekan [2]. Beberapa hubungan kuat tekan dan tarik beton lainnya diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Penelitian ini ingin menyelidiki hubungan kuat tekan dan tarik tersebut dengan menggunakan perencanaan campuran ACI 211.1 dan DOE dengan menggunakan FAS yang berbeda yaitu 0,35; 0,40; dan 0,45 dan dosis *super plasticizer* 0; 0,4; dan 0,6 liter/ 100 kg semen di mana material yang digunakan untuk membuat beton adalah semen *Portland (Portland Cement, PC)*, kerikil, pasir, dan *super plasticizer* didapatkan dari toko bangunan yang ada di kota Banda Aceh, Indonesia. Kuat tarik beton yang digunakan pada penelitian ini adalah dari hasil pengujian kuat tarik belah (*the splitting strength test*) dan kuat lentur (*the flexural strength test*). Diharapkan hasil penelitian ini, yang berupa data hubungan kuat tekan dan tarik beton, dapat dimanfaatkan untuk keperluan asesmen ataupun analisis

bangunan yang telah ada (*existing*) untuk keperluan perbaikan dan *retrofitting*.

Tabel 1. Kuat tekan dan tarik beton

Kuat tarik belah (MPa)	Referensi
$f_{spt} = 0,30f_c^{2/3}$	CEB-FIP
$f_{spt} = 0,56f_c^{0.5}$	ACI 318[3]
Kuat tarik lentur (MPa)	Referensi
$f_r = 0,62f_c^{0.5}$	ACI 318[3]
$f_r = 0,7f_{ck}^{0.5}$	IS 456

Keterangan: f_r = kuat tarik lentur, f_{spt} = kuat tarik belah, f_c = kuat tekan, f_{ck} = kuat tekan kubus

2. METODE PENELITIAN

Bahan pembentuk beton yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I. Diameter agregat maksimum yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 25,4 mm. Agregat yang digunakan bersumber dari Sungai Krueng Aceh. Air yang digunakan adalah air dengan kualitas air minum yang tersedia di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. *Super plasticizer* digunakan Conplast SP430D produksi PT. Fosroc Indonesia, Bekasi, Jawa Barat. Nilai *slump* rencana untuk perencanaan campuran beton metode ACI adalah antara 7,5-10 cm, sedangkan untuk metode DOE antara 6-10 cm. Pemilihan nilai *slump* ini didasarkan atas jenis konstruksi yaitu untuk pembuatan elemen struktur kolom dan balok.

Sebelum perencanaan campuran beton dilaksanakan, maka terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis terhadap agregat yang digunakan sehingga dapat dipastikan mutu dari bahan yang digunakan sudah sesuai dengan persyaratan material beton yang baik. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis (*specific gravity*), absorpsi (*absorption*), berat volume (*bulk density*), derajat kehalusan (*fineness modulus*) dan kandungan bahan organik. Adapun standar pemeriksaan mengacu kepada standar ASTM seperti yang dirangkum pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Standar pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

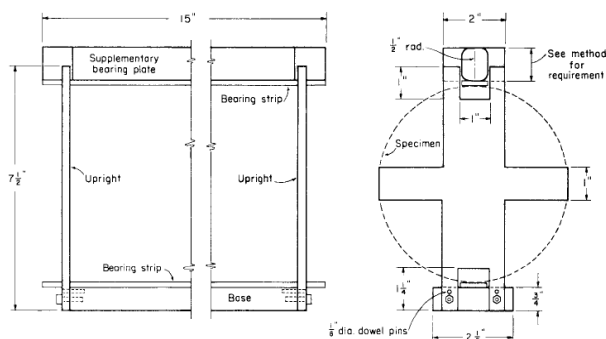
Jenis pemeriksaan	Agregat	Standar pengujian
Berat jenis	Kerikil	ASTM C.127-88
	Pa sir	ASTM C.128-93
Absorpsi	Pa sir dan Kerikil	ASTM C.29-91
Susunan butiran agregat	Pa sir dan Kerikil	ASTM C.136-95
Kandungan bahan organik	Pa sir Halus	ASTM C.40-73

Pengujian kuat tekan di laboratorium dilakukan dengan menekan benda uji silinder beton standar sampai

hancur. Ukuran standar benda uji tekan adalah silinder beton dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm [4] di mana untuk pengujian ini digunakan lima buah benda uji untuk masing-masing kombinasi FAS dan persentase *super plasticizer*.

Pengujian kuat tarik beton secara langsung sulit dilakukan di laboratorium sehingga biasanya pengujian kuat tarik dilakukan menggunakan pengujian metode kuat tarik belah (*the splitting tensile strength*) dan kuat tarik lentur (*the flexure tensile strength*). Benda uji standar yang digunakan untuk pengujian kuat tarik belah adalah sama dengan benda uji untuk pengujian kuat tekan beton, dalam hal ini berupa silinder beton standar berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji sebanyak lima buah digunakan untuk pengujian kuat tarik belah bagi masing-masing kombinasi FAS dan *super plasticizer*. Pengujian tarik belah dilakukan dengan menempatkan silinder beton secara mendatar dan pembebanan dilakukan dengan menyalurkan beban tekan di sepanjang benda uji silinder beton melalui *bearing strip* yang dapat membelah beton seperti terlihat pada **Gambar 1** [5].

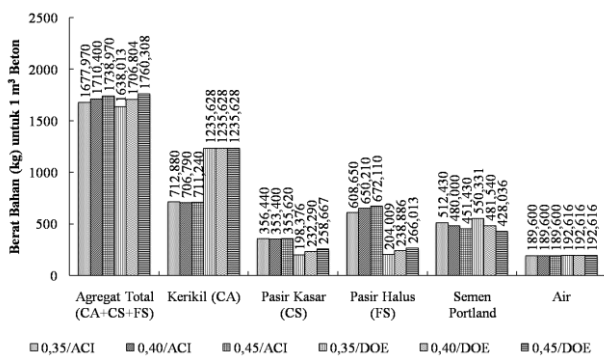
Sedangkan pengujian kuat tarik lentur dilakukan dengan menggunakan benda uji belok beton standar dengan ukuran penampang 15 cm x 15 cm, dan panjang 60 cm, dengan perincian nilai $d = 15$ cm, $L = 45$ cm, dan jarak ujung benda uji ke tumpuan masing-masing adalah 7,5 cm sebagaimana diperlihatkan pada **Gambar 2** [6]. Beban dari mesin tekan ditransfer ke benda uji balok pada dua titik. Pengujian seperti ini sering disebut dengan *third point loading*. Benda uji untuk pengujian kuat tarik lentur pada masing-masing kelompok kombinasi FAS dan *super plasticizer* yang berbeda dipersiapkan sebanyak tiga benda uji.



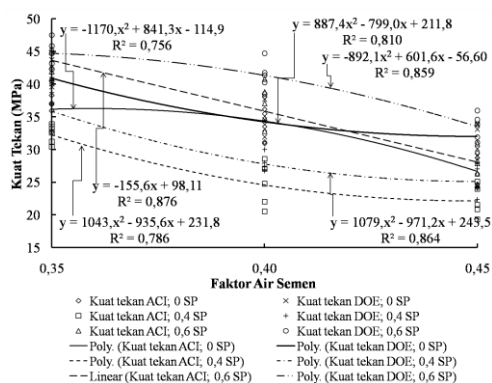
bahwa penggunaan kerikil yang lebih banyak akan membantu untuk meningkatkan kekuatan tekan beton.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

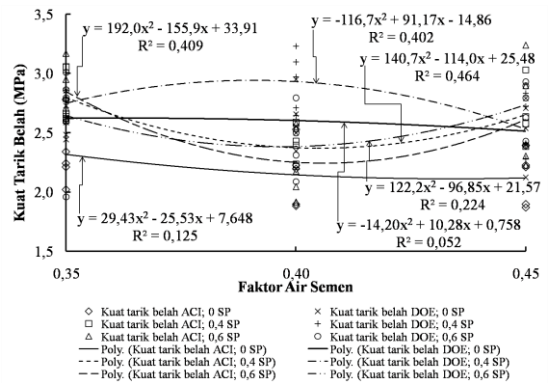
Jenis agregat	Pemeriksaan	Nilai yang diperoleh
Pasir halus (lolos saringan 4.76 mm)	Berat jenis kering oven	2,567
	Berat jenis kering permukaan	2,264
	Absorpsi	2,564%
	Berat volume	1,564 kg/l
	Derajat kehalusan	2,25
	Kandungan bahan organik	Warna larutan kuning muda
Pasir kasar (lolos saringan 9.5 mm)	Berat jenis kering oven	2,548
	Berat jenis kering permukaan	2,566
	Absorpsi	4,382%
	Berat volume	1,729 kg/l
	Derajat kehalusan	3,32
Kerikil (lolos saringan 25.4 mm)	Berat jenis kering oven	2,661
	Berat jenis kering permukaan	2,7
	Absorpsi	1,467%
	Berat volume	1,836 kg/l
	Derajat kehalusan	6,565



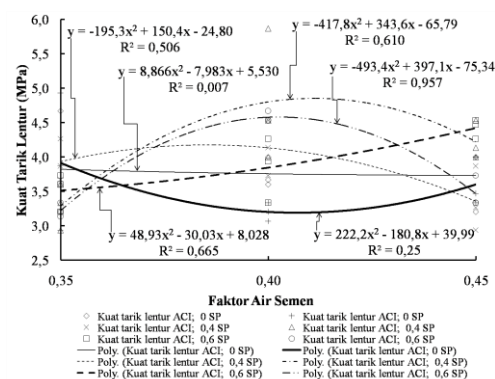
Gambar 3. Komposisi bahan pembentuk beton



a. Perbandingan kuat tekan metode ACI 211.1 dan DOE



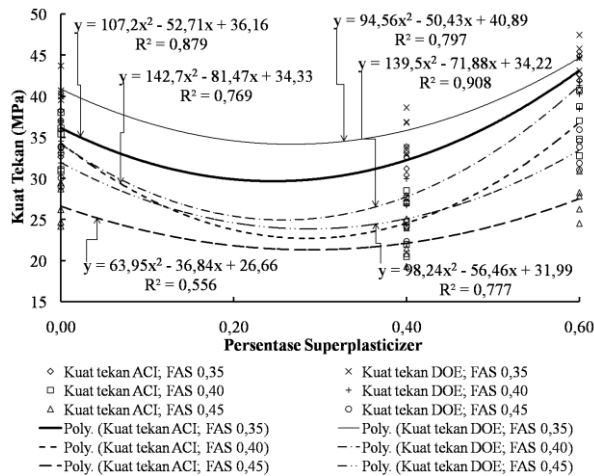
b. Perbandingan kuat tarik belah metode ACI 211.1 dan DOE



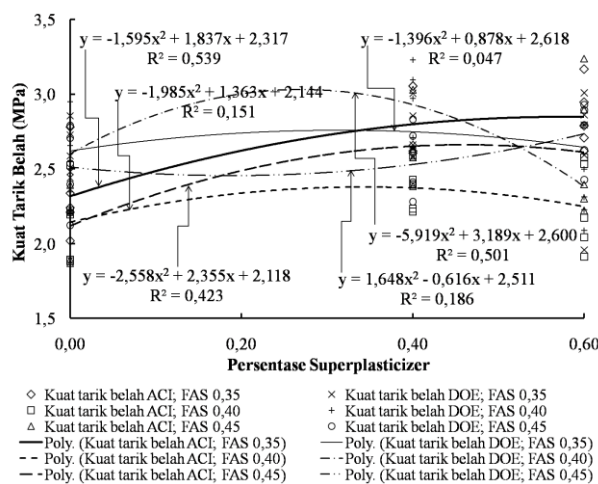
c. Perbandingan kuat tarik lentur metode ACI 211.1 dan DOE

Gambar 4. Perbandingan kuat beton dengan metode perencanaan campuran berbeda pada FAS berbeda

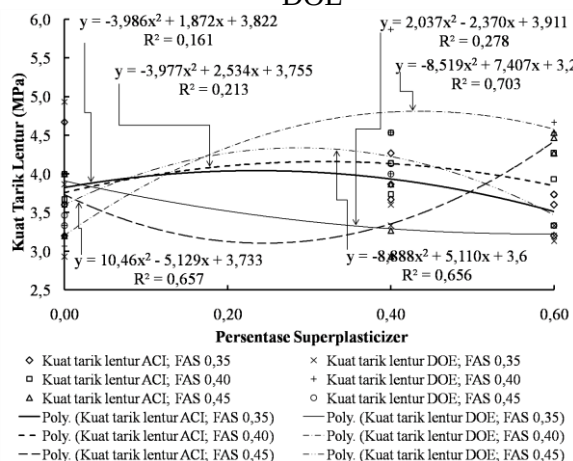
Dari penelitian ini juga terlihat bahwa ada perbedaan kecenderungan (*trend*) kuat tarik belah dan lentur beton dibandingkan kecenderungan kuat tekan beton seperti yang terlihat pada Gambar 4b, Gambar 4c, Gambar 5b, dan Gambar 5c. Bertambahnya nilai FAS, tidak selalu menurunkan kuat tarik beton (Gambar 4b dan 4c), demikian juga peningkatan penggunaan dosis *super plasticizer* tidak selalu meningkatkan nilai kuat tarik beton (Gambar 5b dan 5c). Hal ini disebabkan oleh karena terjadi keberagaman data nilai kuat tarik untuk tiap peningkatan nilai FAS dan dosis *super plasticizer*.



a. Perbandingan kuat tekan metode ACI 211.1 dan DOE

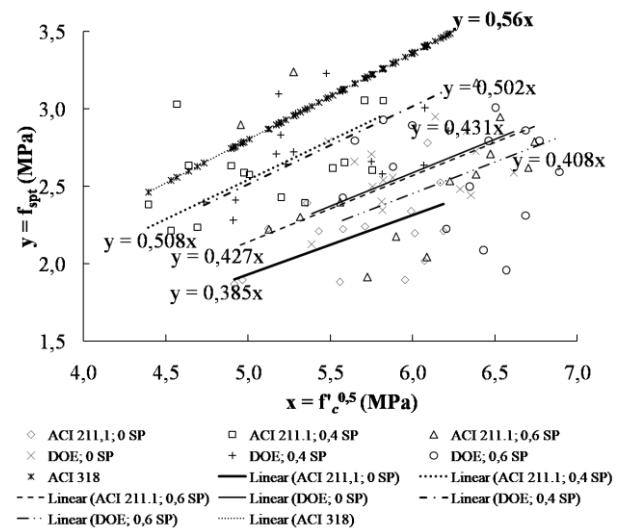


b. Perbandingan kuat tarik belah metode ACI 211.1 dan DOE

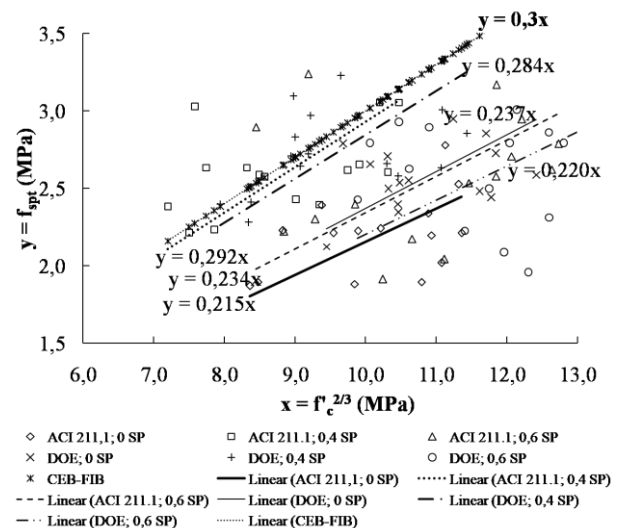


c. Perbandingan kuat tarik lentur metode ACI 211.1 dan DOE

Gambar 5. Perbandingan kuat beton dengan metode perencanaan campuran berbeda pada dosis *super plasticizer* berbeda



a. Hubungan kuat tekan (f'_c) dan kuat tarik belah (f_{st}) perbandingan dengan peraturan ACI 318

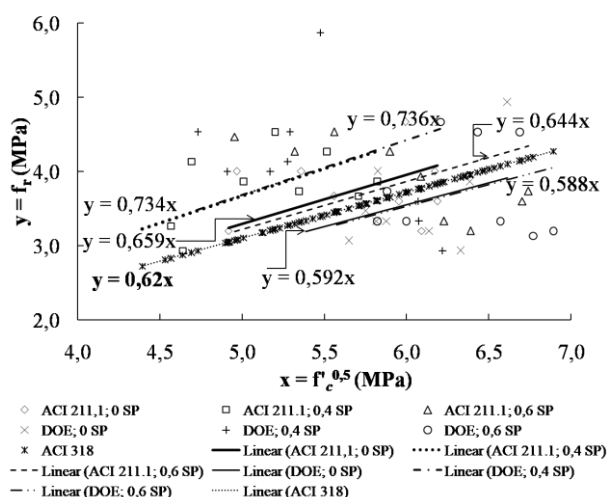


b. Hubungan kuat tekan (f'_c) dan kuat tarik belah (f_{st}) perbandingan dengan peraturan CEB-FIP

Gambar 6. Hubungan kuat tekan dan tarik belah beton untuk pemakaian dosis *super plasticizer* berbeda dan peraturan berbeda

Dari pengamatan terlihat bahwa kuat tarik belah beton adalah 4%-15% dari kuat tekan beton, sedangkan kuat tarik lentur adalah 6%-21% dari kuat tekan beton.

Gambar 6 memperlihatkan bahwa bila dibandingkan dengan peraturan ACI 318 dan CEB-FIP terlihat bahwa kuat tarik belah benda uji untuk penelitian ini lebih rendah dari kedua peraturan tersebut walaupun garis regresinya memperlihatkan kecenderungan yang kurang lebih sama.



Gambar 7 Hubungan kuat tekan dan tarik lentur beton untuk pemakaian dosis *super plasticizer* berbeda dibandingkan dengan peraturan ACI 318

Sedangkan untuk kuat tarik lentur beton penggunaan *super plasticizer* memperlihatkan efek meningkatkan kuat tarik lentur bila dibandingkan dengan peraturan ACI 318 seperti yang terlihat pada **Gambar 7**. Untuk beton yang tidak menggunakan *super plasticizer* kuat tarik lentur terlihat lebih rendah dari peraturan ACI 318.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan metode perencanaan campuran yang berbeda, FAS, dan dosis *super plasticizer* mempengaruhi mutu beton. Hubungan kuat tarik beton secara umum berkisar antara 6% - 21% dari kuat tekannya

Saran

Perencana bangunan terutama di kota Banda Aceh bila melakukan assessemen terhadap bangunan eksisting harus berhati-hati dalam menentukan kuat tarik beton yang diperlukan untuk analisis bangunannya, mengingat ada efek dari mutu beton berdasarkan penggunaan perencanaan campuran beton yang berbeda dari SNI 03-2834-2000 yang berdasarkan perencanaan campuran beton metode DOE dan SNI 7656-2012 yang berdasarkan perencanaan campuran beton metode ACI 211.1.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. B. Leite and V. M. Santana, "Evaluation of an experimental mix proportion study and production of concrete using fine recycled

aggregate," *J. Build. Eng.*, vol. 21, pp. 243–253, Jan. 2019.

- [2] W. Abbass, M. I. Khan, and S. Mourad, "Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 168, pp. 556–569, Apr. 2018.
- [3] ACI, "ACI CODE-318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary," 2022. [Online]. Available: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units. [Accessed: 17-Apr-2022].
- [4] ASTM, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," <https://www.astm.org/>, 2021. [Online]. Available: https://www.astm.org/c0039_c0039m-21.html. [Accessed: 09-Apr-2022].
- [5] ASTM, "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens," <https://www.astm.org/>, 2017. [Online]. Available: <https://www.astm.org/standards/c496>. [Accessed: 09-Apr-2022].
- [6] ASTM, "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)," <https://www.astm.org/>, 2022. [Online]. Available: <https://www.astm.org/c0078-c0078m-22.html>. [Accessed: 09-Apr-2022].