

ANALISA MEKANIK BETON SCC DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT LAUT PADA KONDISI CURING 3 HARI

A. Raidyarto¹, A.A. Sila², A. Hudiankuwera³ dan Irianto⁴

^{1,2,3*}Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Universitas Yapis Papua

Email ¹adri.raidyarto@gmail.com, ²hudiankuwera@gmail.com, ³ardisila@gmail.com, ⁴irianto@gmail.com

ABSTRAK

Dalam kehidupan sehari-hari kebutuhan air bersih semakin meningkat namun potensi sumber air bersih semakin kecil, sehingga perlu memikirkan alternatif penggunaan air bersih pada konstruksi beton. Berkaitan dengan hal ini, maka dilakukan penelitian yang menggunakan air laut sebagai bahan campuran dan sebagai curing. Beton memiliki kekurangan yang tidak mampu menahan gaya tarik sehingga pada perkembangannya diberikan baja tulangan dengan tujuan mampu menahan gaya tarik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh material laut pada sifat mekanik beton dan merumuskan model hubungan sifat mekanik beton (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Kadar penguat yang digunakan yaitu 0,0% dari berat semen. Dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur untuk mengevaluasi perilaku mekanik beton yang dibuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik beton SCC (kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur) berbahan material laut (air laut dan pasir laut) semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar penguat yang digunakan. Kurva hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang cenderung membentuk persamaan fungsi power eksponensial. Dengan persamaan regresi, untuk seluruh penggunaan bahan perkuatan dapat ditulis $TSCC - 0\% SB = 0,0911 (fc)1,0074$.

Kata kunci : Perilaku Mekanik, Air Laut, Pasir Laut, SCC

ABSTRACT

In everyday life the need for clean water is increasing but the potential sources of clean water are getting smaller, so it is necessary to think about alternative uses of clean water in concrete construction. In this regard, research was carried out using seawater as a mixture and as a curing agent. Concrete has the disadvantage of not being able to withstand tensile forces so that in its development it is given reinforcing steel with the aim of being able to withstand tensile forces. This study aims to analyze the effect of marine materials on the mechanical properties of concrete and formulate a model of the relationship between the mechanical properties of concrete (compressive strength and split tensile strength) using sea water and sea sand. This research is experimental in the laboratory. The level of reinforcement used is 0.0% by weight of cement. Compressive strength, split tensile strength and flexural strength tests were carried out to evaluate the mechanical behavior of the concrete being made. The results showed that the mechanical properties of SCC concrete (compressive strength, split tensile strength and flexural strength) made from marine materials (seawater and sea sand) increased with increasing levels of reinforcement used. The relationship curve between split tensile strength and compressive strength tends to form an exponential power function equation. With the regression equation, for all use of reinforcement materials can be written $TSCC - 0\% SB = 0.0911 (fc)1.0074$.

Keywords: Mechanical Behavior, Seawater, Sea Sand, SCC

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air dengan atau tanpa bahan tambah. Beton yang berkualitas jika beton mempunyai sifat mekanik dan ketahanan yang baik. Sifat mekanik beton yang paling penting adalah kuat tekan. Karakteristik ini sangat berhubungan dengan karakteristik lainnya, dengan kata lain jika kuat tekannya tinggi maka karakteristik lainnya juga baik.

Okamura & Ouchy (2003), mengemukakan bahwa salah satu pemecahan untuk memperoleh struktur beton yang memiliki ketahanan yang baik adalah dengan menggunakan SCC (Self Compacting Concrete). SCC merupakan konsep inovatif teknologi beton yang efektif dan efisien, dimana SCC memiliki karakter memiliki sifat kecairan (fluidity) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan dengan sedikit/tanpa proses pemadatan. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan karena tingkat kecairan yang tinggi, sehingga SCC mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan berlantai banyak serta pada struktur yang memiliki tulangan sangat padat.

Penelitian ketahanan SCC telah banyak dilakukan antara lain, Al-Tamimi & Sonebi M. (2003) telah menyelidiki ketahanan SCC terhadap serangan asam sulfat dan klorida, dimana ketahanan SCC lebih baik dibandingkan dengan conventional concrete (CC). Persson, B. (2001, 2003), modulus elastisitas, rangkakan (creep) dan susut (shrinkage) beton SCC tidak berbeda secara signifikan dengan beton normal serta setelah beton normal dan SCC di lakukan

perawatan sampai 900 hari baik di laut dan air tawar tidak ada perbedaan massa dan kerusakan akibat sulfat. Dinakar dkk., (2008) permeabilitas SCC menurun dengan meningkatnya kekuatan dan kuantitas serta volume tinggi fly ash menunjukkan permeabilitas ion klorida secara signifikan lebih rendah daripada beton normal.

Pembangunan konstruksi beton yang mempunyai ketahanan membutuhkan pemadatan yang baik, dimana pemadatan tersebut dilakukan oleh tenaga-tenaga kerja terampil. Semakin berkurangnya tenaga-tenaga kerja terampil dalam dunia konstruksi mengakibatkan beton kadang-kadang tidak terpadatkan dengan baik sehingga menurunkan mutu pekerjaan konstruksi.

Melihat potensi sumber laut yang begitu melimpah di Indonesia maka ada pemikiran untuk menggunakan agregat halus dan air yang bersumber dari laut sebagai bahan penyusun utama dari beton, yang terkhusus pada lokasi-lokasi bangunan konstruksi yang berinteraksi langsung dengan air laut.

Hingga saat ini informasi mengenai hasil-hasil penelitian tentang penggunaan serat baja pada beton air laut sebagai bahan tambah masih sangat terbatas. Untuk itu sangat menarik untuk dikaji lebih mendalam pengaruh serat baja terhadap sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Bagaimana pengaruh serat baja pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut). Bagaimana hubungan tegangan dan regangan akibat beban tekan dan tarik beton SCC air laut Bagaimana hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah : Menganalisis pengaruh pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut). Menganalisis hubungan tegangan dan regangan akibat beban tekan dan tarik beton SCC air laut. Merumuskan model hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut.

2. METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian ekperimental tentang karakteristik sifat mekanik. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur sebagai acuan dalam penelitian, selanjutnya diikuti pemeriksaan karakteristik material bahan campuran SCC. Dari hasil karakteristik material merupakan acuan dalam desain komposisi campuran SCC.

Penelitian ini dibuat empat jenis beton dengan variasi serat baja yakni : beton jenis SCC yang menggunakan air laut sebagai air pencampur dan pasir laut sebagai agregat halus. Jenis beton yang dibuat dilakukan dengan perawatan (curing) yaitu rendam air laut selama 3 hari.

Pengumpulan data dilakukan dengan serangkaian uji pada beton segar SCC yakni uji slump flow dan T500 sedangkan uji sifat mekanik dilakukan uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan uji kuat lentur. Data yang terkumpul digunakan untuk menganalisis karakteristik mekanik beton.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah uji mekanik menggunakan universal testing machine (UTM), 5) mixer, cetakan silinder serta alat bantu lainnya. Langkah langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan benda uji silinder adalah :

Menyiapkan cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak jumlah sampel silinder yang direncanakan. Sedangkan untuk pengujian kuat lentur dilakukan dengan sampel balok berukuran 10 cm × 10 cm × 40 cm

Mengoleskan vaseline ke dalam cetakan silinder dengan tujuan untuk memudahkan saat proses pelepasan beton dari cetakan.

Menyiapkan bahan-bahan yang digunakan sebagai campuran beton SCC yaitu batu pecah, pasir laut, air laut, dan additive berupa Superplasticizer viscocrete 3115 ID sesuai perbandingan mix design yang direncanakan.

Menyiapkan alat-alat yang diperlukan dalam proses pencampuran.

Rancangan Campuran SCC dan Perawatan Benda Uji

Sebelum pembuatan sampel, dilakukan mix design dengan menggunakan metode EFNARC. Benda uji dibuat material pencampur yaitu air laut dan pasir laut, air yang digunakan untuk perawatan/curing benda uji (air laut) dan lama perendaman 3 hari. Sebelum adukan di masukkan dalam silinder, dilakukan pengujian beton segar SCC yakni Slump flow dan T500 dengan menggunakan metode The European Guidelines for SCC (2005).

Setelah 24 jam, benda uji dibuka dari cetakan kemudian dilakukan perawatan beton. Perawatan beton dilakukan di bak air yang terdiri dari 1 bak dengan ukuran 2 m x 1,5 m x 0,5 m yaitu bak air laut yang dilakukan untuk perawatan dengan rendam air. Benda uji dibuat dengan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk benda uji pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, sedangkan benda uji balok dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm. Adapun jumlah benda uji dan jenis pengujian. Semua pengujian karakteristik mekanik yang dilakukan berdasarkan standar pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pengujian Benda Uji

Pengujian mekanik yang telah dilakukan adalah kuat tekan (ASTM-C39) dan kuat tarik belah (ASTM-C496/C496M). Pengujian sifat mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur) dilakukan pada umur 3 hari

Perilaku Self Compacting Concrete (SCC) Dalam Kondisi Segar

Semakin kecil nilai slump tingkat kemudahan pengerjaan beton akan semakin sulit. Adapun hasil pengujian slump flow dan T500 pada SCC. Terlihat rata-rata nilai slump flow 680 mm untuk arah panjang dan 600 mm untuk arah pendek. Nilai slump flow memenuhi persyaratan workability SCC yaitu berada antara nilai 650 s/d 800 mm. Pengujian T500 untuk SCC yaitu rata-rata 4,77 detik. Nilai T500 tersebut memenuhi persyaratan SCC yaitu antara 2 – 5 mm. Secara visual kondisi campuran beton yang dihasilkan yaitu :

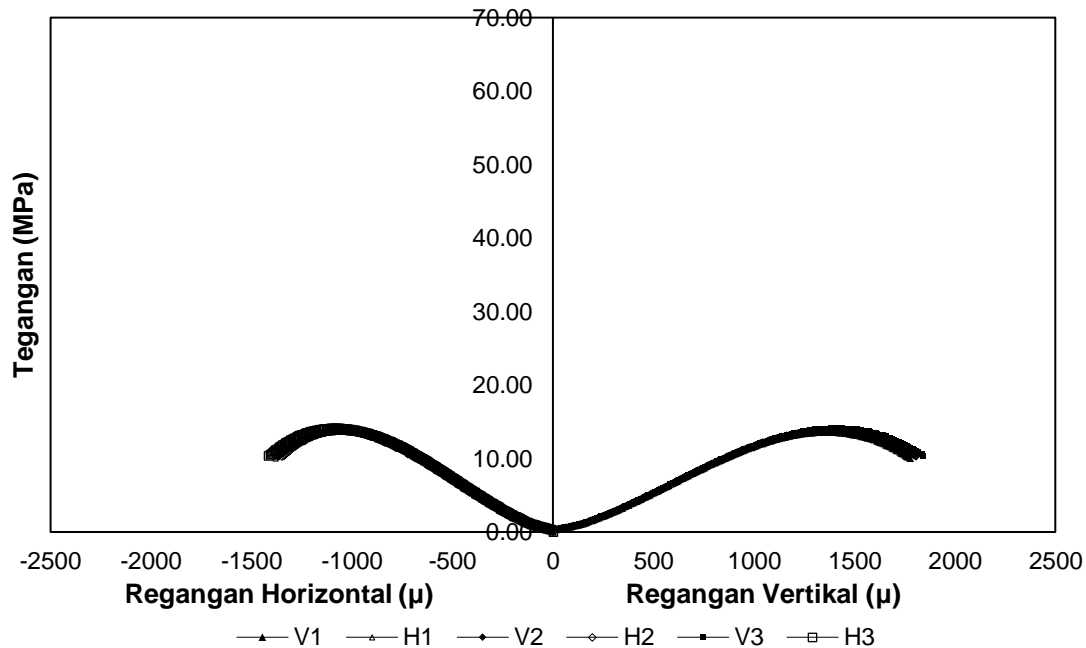
Beton segar membentuk lingkaran, pasta semen atau mortar mampu membawa agregat kasar mengalir ke segala arah, Tidak terjadi segregasi, Tidak terjadi bleeding. Selain itu, Hasil evaluasi pada beton terlihat bahwa: Beton mampu padat hingga ke sudut cetakan, Tidak terjadi segregasi/sarang lebah, Permukaan beton halus tidak ada rongga besar yang menyebabkan tidak ada rongga terperangkap di permukaan benda uji dengan permukaan cetakan (rongga kurang dari 2 mm).

Kuat Tekan

Sifat mekanik beton SCC yang menggunakan material laut sebagai material berupa kuat tekan dalam penelitian ini dilakukan pada umur 3 hari dengan perawatan curing air.

1. Hubungan Tegangan dan Regangan SCC Akibat Beban Tekan ($\sigma - \epsilon$)

Gambar 14 memperlihatkan hubungan tegangan dan regangan benda uji umur 3 hari. Terlihat masing-masing benda uji menunjukkan nilai tegangan puncak berkisar 12,54 – 13,09 MPa dengan regangan vertikal puncak berkisar 1309,24 – 1361,93 μ dan regangan horizontal puncak berkisar 943,42-1019,04 μ . Dari 3 buah sampel uji, nilai tegangan rata-rata yang diberikan adalah 12,77 MPa dengan regangan vertikal rata-rata sebesar 1330,45 μ dan regangan horizontal rata-rata sebesar 981,86 μ . Grafik hubungan tegangan – regangan benda uji 1, 2 dan 3 hampir berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa tiga buah benda uji SCC curing air umur 3 hari mempunyai kekuatan yang hampir sama.



Gambar 1. Hubungan σ dan ϵ akibat beban tekan umur 3 hari

2. Modulus Elastisitas, Poisson Rasio dan Toughness Tekan SCC

Perhitungan nilai modulus elastisitas, poisson rasion dan toughness tekan berdasarkan nilai hubungan tegangan dan regangan.

Terlihat nilai rata-rata poisson rasio yang dihasilkan pada umur 3 hari adalah sebesar 0,7625. Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan adalah sebesar 10783 MPa sedangkan nilai toughness tekan yang dihasilkan adalah sebesar 8,6649 MPa

Hubungan Nilai Kuat Tekan dan Umur Self Compacting Concrete (SCC)

Hubungan kuat tekan SCC dengan umur 3 hari adalah sebesar 46,95%, 181,83% dan 224,14%.

Secara garis besar, persentase kenaikan nilai kuat tekan SCC hampir seragam. Hal ini terjadi karena batu pecah

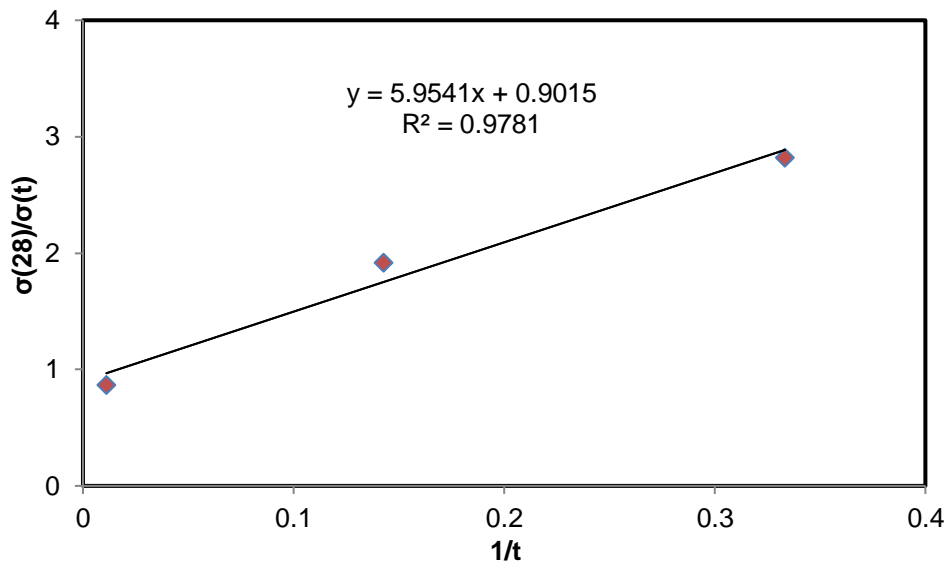
yang digunakan mengandung banyak SiO₂ mempengaruhi proses kimia semen yang mempercepat proses hidrasi beton, sehingga mempercepat terbentuknya tobermorite (CSH) yang mengakibatkan ikatan matriks dengan agregat semakin kuat dan terbentuk senyawa-senyawa yang dapat mengisi pori sehingga mikrostruktur lebih padat, ukuran pori dan porositas lebih kecil.

Menurut ACI 209R-92, kuat tekan beton dengan fungsi waktu dapat dilihat pada persamaan 1.

$$(\sigma)_t = t/(\alpha + \beta t) (\sigma)_{28} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan $(\sigma)_t$ = kuat tekan beton umur t hari (MPa), t = umur beton (hari), $(\sigma)_{28}$ = kuat tekan beton pada umur 28 hari, α dan β adalah koefisien hasil regresi.

$$\sigma_{0\% \text{ SB}} = \sigma_{0\% \text{ SB}} (28) (t/(5,9541+0,9015t)) \dots \dots \dots (2)$$



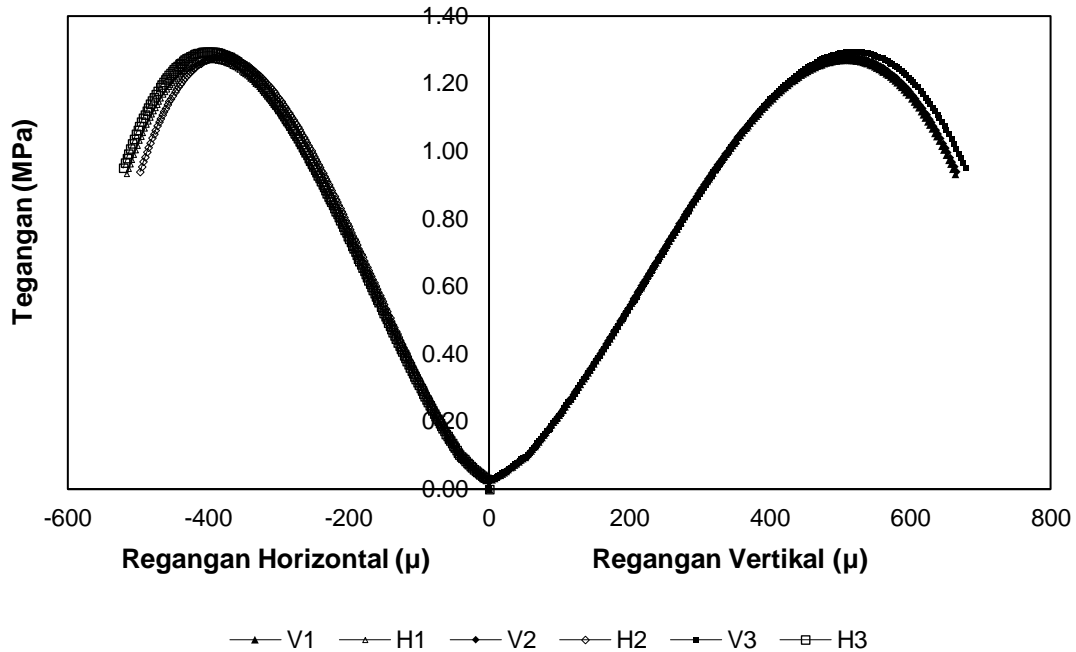
Gambar 2. Kurva hubungan rasio kuat tekan dan umur

Dalam penelitian ini, hubungan tegangan – regangan (kekakuan) dan kekerasan (toughness). SCC disiapkan menggunakan PCC, pasir+air laut. Dapat dikatakan:

1. Campuran HPC mempertahankan sekitar 45% kekuatan tekannya, rata-rata, setelah terpapar 600 jC, dan selanjutnya dikurangi menjadi hanya 23% setelah terpapar 800 jC. Sedangkan kehilangan kekakuan beton adalah jauh lebih cepat setelah terpapar suhu tinggi, kehilangan ketangguhan lebih lambat dibandingkan dengan hilangnya kekuatan tekan. Regangan pada tegangan puncak masing-masing sekitar 2,3 dan 2,9 kali dari nilai aslinya setelah terpapar 600 dan 800 jC, sebagai akibat dari degradasi kekakuan yang signifikan.

2. Untuk beton yang tidak dipanaskan, penggunaan MK pada tingkat penggantian 20% semen menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada penggunaan SF pada tingkat 10%, tetapi stres pasca puncak yang lebih rapuh – respons regangan. Selain itu, penggunaan MK menghasilkan penurunan kekuatan tekan beton yang lebih cepat setelah terpapar suhu tinggi.

Kuat Tarik Belah Self Compacting Concrete (SCC)



Gambar 3. Hubungan σ dan ϵ akibat beban tarik umur 3 hari

1. Terlihat masing-masing benda uji menunjukkan nilai tegangan puncak berkisar 1,27 – 1,29 MPa dengan regangan vertikal puncak berkisar 507,15 – 518,01 μ dan regangan horizontal puncak berkisar 379,85 – 398,20 μ . Dari 3 buah sampel uji, nilai tegangan rata-rata yang diberikan adalah 1,28 MPa dengan regangan vertikal rata-rata sebesar 511,34 μ dan regangan horizontal rata-rata sebesar 390,73 μ . Grafik hubungan tegangan – regangan benda uji 1, 2 dan 3 hampir berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa tiga buah benda uji SCC curing air umur 3 hari mempunyai kekuatan yang hampir sama.

2. Modulus Elastisitas, Poisson Rasio dan Toughness Tarik SCC

poisson rasio yang dihasilkan pada umur 3 hari adalah sebesar 0,7628, Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan adalah sebesar 2960,9 MPa sedangkan nilai toughness tekan yang dihasilkan adalah sebesar 3,2083 MPa

Hubungan Nilai Kuat Tarik Belah dan Umur Dalam Self Compacting Concrete (SCC)

Peningkatan nilai kuat tarik belah pada umur 3 terhadap SCC adalah sebesar 48,86%

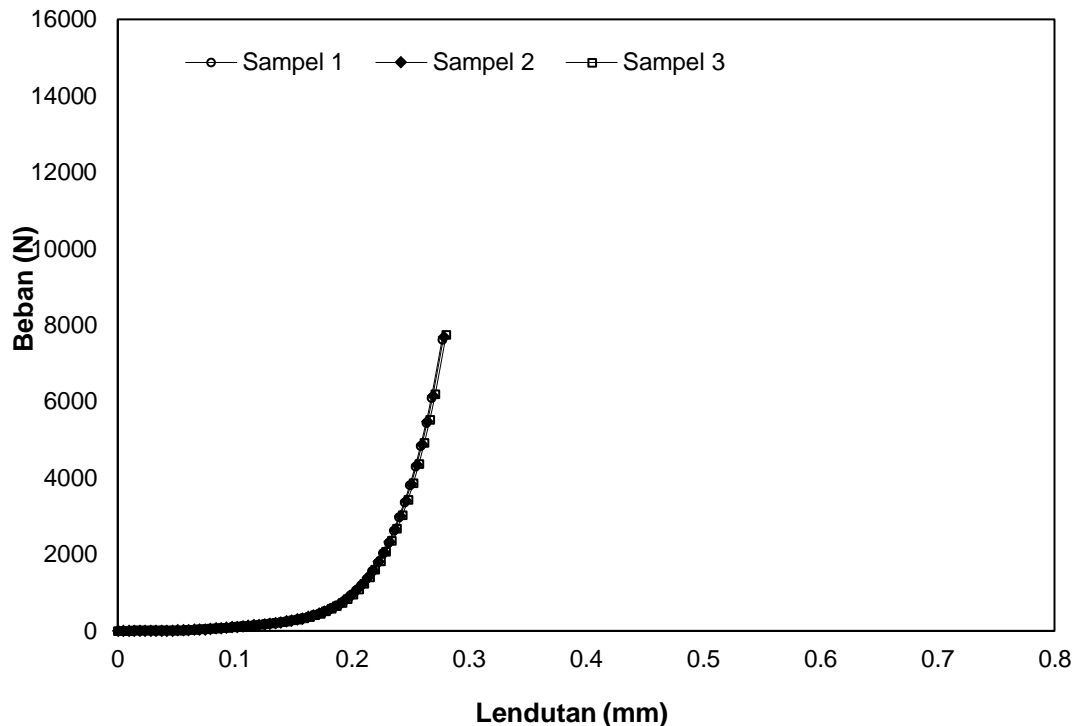
Dengan regresi, kenaikan kuat tarik belah pada seluruh jenis beton SCC sejalan dengan waktu berbentuk kurva power eksponensial. Persamaan yang dihasilkan dari analisis regresi diperoleh persamaan hubungan kuat tarik belah yang mana dapat ditulis dengan persamaan 3.

$$TSCC - 0\% SB = 0,9266t^{0,3613} \dots \dots \dots (3)$$

Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC)

Pengujian kuat lentur SCC dilakukan yang sama pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dengan umur 3 hari. Pada pengujian kuat lentur, apabila beban pada balok bertambah, maka akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila beban pada balok semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu beban menyebabkan lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan. Dalam pelaksanaan pengujian kuat lentur terhadap benda uji, juga dilakukan pengamatan terhadap deformasi yang terjadi selama pembebanan atau yang sering dikenal sebagai lendutan.

1. Hubungan Beban dan Lendutan SCC Akibat Beban Lentur (P – Δ)



Gambar 4. Hubungan P dan Δ akibat beban umur 3 hari

Hubungan P dan Δ akibat beban tekan umur 3 hari Terlihat masing-masing benda uji menunjukkan nilai beban puncak berkisar 7623,88 – 7754,11 N dengan lendutan puncak berkisar 0,277 – 0,281 mm. Dari 3 buah sampel uji, nilai beban rata-rata yang diberikan adalah 7692,62 N dengan lendutan rata-rata sebesar 0,279 mm. Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 1, 2 dan 3 hampir berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa tiga buah benda uji SCC curing air umur 3 hari mempunyai kekuatan yang hampir sama.

Hubungan Beban dan Umur Akibat Beban Lentur Self Compacting Concrete (SCC)

Benda uji SCC diberikan perlakuan curing air dan diuji hingga tiba umur pengujian. Berdasarkan nilai beban yang didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan modulus of rupture (f_r) dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Gambar 84 memperlihatkan hubungan antara persentase serat baja nilai kuat lentur.

Hubungan Sifat Mekanik Self Compacting Concrete (SCC) dengan Umur

kurva hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang cenderung membentuk persamaan fungsi power exponential. Dengan persamaan regresi, untuk umur 3 hari dapat ditulis dengan persamaan 4
 $TSCC - 0\% SB = 0,0911 (f_c)1,0074 \dots \dots \dots (4)$

3. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Sifat mekanik beton SCC (kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur) berbahan material laut (air laut dan pasir laut) semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar serat baja yang digunakan.
2. Hubungan tegangan dan regangan beton SCC akibat beban tekan maupun beban tarik memperlihatkan peningkatan nilai tegangan seiring dengan peningkatan kadar serat baja yang digunakan begitu pula dengan peningkatan umur beton.
3. Kurva hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang cenderung membentuk persamaan fungsi power exponential. Dengan persamaan regresi, untuk seluruh penggunaan serat baja sebagai bahan perkuatan dapat ditulis $TSCC - 0\% SB = 0,0911 (f_c)1,0074$; $TSCC - 0,5\% SB = 0,0950 (f_c)0,9906$; $TSCC - 1\% SB = 0,0886(f_c)1,0045$; $TSCC - 1,5\% SB = 0,0934 (f_c)1,0189$ dan $TSCC - 2\% SB = 0,0843 (f_c)1,0076$

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 2002. State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI 544.1R-96, American Concrete Institute.
- Alani, A. M., and Beckett, D. (2013). "Mechanical properties of a largescale synthetic fiber reinforced concrete ground slab." *Constr. Build. Mater.*, 41, 335–344.

- ASTM C494/C494M – 13, 2013. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, April 2013.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. Jakarta : Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-7064-2004 Semen Portland Komposit. Jakarta : Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-4431-1997. Pengujian Kuat Lentur Beton. Jakarta : Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2013 Semen Portland Komposit. Jakarta : Dewan Standardisasi Nasional.
- Biro penelitian teknik PT. Semen Tonasa, 2012. Ketahanan Semen PCC Terhadap Air Laut, Departemen Jaminan Mutu dan Lingkungan PT. Semen Tonasa.
- Buratti, N., Mazzotti, C., and Savoia, M. (2011). "Post-cracking behavior of steel and macrosynthetic fiber-reinforced concretes." *Constr. Build. Mater.*, 25(5), 2713–2722.
- Dr. Wasan Ismail Khalil, Dr. Iqbal Naeem Gorgis, Zeinab Raad Mahdi, *Mechanical Properties of High Performance Fiber Reinforced Concrete*, 2012.
- EFNARC (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*, UK (www.efnarc.org), May, 2005.
- Falah, M. W. 2010. Effect of seawater for mixing and curing on structural concrete, *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering*, Vol. 3, No. 4, 235–243
- Islam, M. M., Islam, M. S., Mondal, B. C., and Islam, M.R. 2010. Strength behavior of concrete using slag with, *Journal of Civil Engineering (IEB)*, 38 (2) 129-140
- Marinescu, M.V.A. & Brouwers, H.J.H. 2010, *Free and Bound Chloride Contents in Cementitious Materials*, 8th fib PhD Symposium in Kgs. Lyngby, Denmark, 20 – 23 juni 2010
- Murali, G., Santhi, A. S., & Ganesh, G. M. 2014. Impact Resistance And Strength Reliability Of Fiber Reinforced Concrete Using Two Parameter Weibull Distribution. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, IX.
- Nawy E. G. (2010). *Beton Bertulang - Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan Keempat. Bandung.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J. 2010, *Concrete Technology*, Prentice Hall, 2nd Ed.
- Otsuki, N., Furuya, D., Saito, T. And Tadokoro, Y. 2011. Possibility Of Sea Water As Mixing Water In Concrete, 36th Conference on Our world in Concrete & Structures, Singapore.
- Otsuki, N., Saito, T. and Tadokoro, Y. (2012), Possibility of Sea Water as Mixing Water in Concrete, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, ISSN 1934-7359, Vol 6, No. 10 (Serial No. 59), pp. 1273–1279, USA.
- Ozaki, S. and Sugata, N. (1984). Sixty-year Old Concrete in a Marine Environment, *Research Report of Muroran institute of Technology*, No.37, pp.173-182.
- Rao, B. K., & Ravindra, P. V. 2010. Steel Fiber Reinforced Self Compacting Concrete Incorporating Class F Fly Ash. *International Journal of Engineering Science and Technology*. SCC028. 2005. *The European Guidelines For Self-Compacting Concrete*. UK: Specification, Production and Use.
- Sharma, S., Sharma, V. K., & Meena, M. 2016. Comparison of Behaviour of SCC Compression Members With and Without Steel Fibre. *SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG-IJCE)*, III(5).
- Shetty, M.S. 1982. *Concrete Technology Teori and Practice*, chap4, Chand & Company, New Delhi.
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Beta version, Bandung.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*, Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- Soutsos, M. N., Le, T. T., and Lampropoulos, A. P. (2012). "Flexural performance of fiber reinforced concrete made with steel and synthetic fibers." *Constr. Build. Mater.*, 36, 704–710.
- Tabatabaiean, M., Khaloo, A., Joshaghani, A., and Hajibandeh, E. (2017). "Experimental investigation on effects of hybrid fibers on rheological, mechanical, and durability properties of high-strength SCC." *Constr. Build. Mater.*, 147, 497–509.
- Tjaronge M. W. (2012). *Teknologi Bahan Lanjut – Semen dan Beton Berongga*. CV. Telaga Zamzam. Makassar.
- Tjaronge, M. W., R. Irmawaty, E. Chandra, Limpo, A., 2006. Slump flow dan Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC) dengan Kandungan Superplasticizer yang Bervariasi, *Media Teknik Sipil*, Januari 2006.
- Tjaronge. M.W, Rita Irmawaty, R.A. Adisasmita, A. Amiruddin. 2014. Compressive Strength and Hydration Process of Self Compacting Concrete (SCC) Mixed with Sea Water, Marine Sand and Portland Composite Cement, *Advanced Materials Research* Vol. 935 pp 242-246 (2014)
- Vasusmitha, R., & Rao, P. S. 2013. Strength And Durability Study Of High Strength Self Compacting Concrete. *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME)*, I(1).
- Y.Pawade, P., & Reddy, D. V. 2012. Combine Of Silica Fume and Steel Fibre On Mechanical Properties On Standard Grade Of Concrete and Their Interrelations. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, III(1).
- Zongjin Li, 2011. *Advanced Concrete Technology*, John Wiley & Sons, Inc, Canada.