

PENGUJIAN KUAT LEKAT BETON BARU *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) PADA BETON LAMA

I Ketut Sudarsana

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung

e-mail: ksudarsana@unud.ac.id

Abstract: Strengthening of existing reinforced concrete structural elements is often done by enlarging its dimensions through the addition of 50 to 80 mm concrete thickness. Problems that are often encountered in the application of this method is the honeycomb result of casting concrete so that less bond strength. This study was conducted to determine the bond strength of new SCC concrete on the old concrete surface. A total of nine prism tests of 100x100x500mm were made from two different concrete types, namely normal concrete ($f'c = 22$ MPa) and SCC ($f'c = 26,4$ MPa). There are three variations of interface angle (α) of 60° , 70° and 75° which are studied with 3 specimens for each variation. Prior to casting of the SCC concrete, the sloping surface of the old concrete was first roughed to form vertical, horizontal and diagonal grooves with a depth of ± 2.5 mm. The axial concentric load was applied continuously at the standard speed of the concrete cylinder test until the test specimen collapses. The normal stress (σ) and shear stress (τ) calculated from the maximum axial force of each specimen were used to determine the value of cohesion (c) and shear angle (ψ) of concrete. The test results showed that the cohesion value (c) of SCC concrete and the old concrete was 1.13 MPa with shear angle 53.2° .

Keywords: Concrete bond, self-compacting concrete, normal concrete, slant shear test.

Abstrak: Perkuatan elemen struktur beton bertulang yang telah berdiri sering dilakukan dengan memperbesar dimensinya melalui penambahan ketebalan beton sebesar 50 sampai 80 mm. Permasalahan yang sering dijumpai pada aplikasi metode ini adalah hasil pengecoran yang keropos sehingga lekatannya kurang baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat lekat dari beton baru SCC pada permukaan beton lama. Sebanyak sembilan buah benda uji prisma ukuran 100x100x500mm dibuat dari dua jenis beton yang berbeda yaitu beton normal ($f'c = 22$ MPa) dan SCC ($f'c = 26,4$ MPa). Ada tiga variasi sudut *interface* (α) yang ditinjau yaitu 60° , 70° dan 75° dengan masing-masing variasi dibuat 3 buah benda uji. Sebelum dilakukan pengecoran beton SCC, permukaan miring beton lama terlebih dahulu dikasarkankan sehingga membentuk alur-alur vertical, horizontal dan diagonal dengan kedalaman $\pm 2,5$ mm. Beban konsentrik tekan dikerjakan secara menerus dengan kecepatan standar test silinder beton sampai benda uji runtuh. Tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) yang dihitung dari gaya aksial maksimum masing-masing benda uji dipakai untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ψ) beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kohesi (c) beton SCC dan beton lama adalah sebesar 1.13 MPa dengan sudut geser $53,2^\circ$.

Kata kunci: Lekatan beton, *self compacting concrete*, beton normal, *slant shear test*.

PENDAHULUAN

Pengecoran beton dalam waktu yang berbeda sering tidak dapat dihindari karena waktu pengecoran yang tidak mencukupi, perluasan atau penyambungan komponen struktur, perkuatan struktur dengan penambahan dimensi dan sebagainya. Sesuai dengan sifat beton yang cepat mengeras, maka pengecoran berbeda waktu ini mengakibatkan adanya *cold joint* pada permukaan beton lama dan baru.

Beton gabungan ini diharapkan berperilaku sebagai material komposit antara beton baru dengan lama. Silfwerbrand (1990) mengatakan kekuatan dari komposit beton baru dengan lama tergantung dari kekuatan lekat pada pertemuan dari kedua material tersebut. Kekuatan lekatan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kuat tekan beton lama, kekuatan beton baru dan metode perlakuan permukaan beton lama. Silfwerbrand (1990) melaksanakan pengujian pull-off terhadap 47 benda uji didapat kesimpulan bahwa teknik treatment terhadap

permukaan beton lama adalah sangat penting meningkatkan kekuatan lekat bidang pertemuan (interface) kedua beton. Namun, kekasaran dari permukaan beton lama tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kekuatan lekatan tersebut.

Penggunaan bonding agent pada interface beton lama dan baru banyak dilakukan untuk meningkatkan kekuatan lekat yang terjadi. Sudarsana (2016) melakukan perbaikan terhadap pertemuan pelat datar dan kolom setelah mengalami kegagalan geser pons menggunakan Sika Top Armatec 110 EpoCem pada permukaan beton lama sebelum dilakukan pengecoran kembali dengan beton baru. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa beton lama dan baru dapat berperilaku komposit secara baik dilihat dari keruntuhan geser pons yang terjadi di luar dari interface kedua material tersebut.

Climaco dan Rangan (2001) menguji kekuatan sambungan antara beton yang dicor dengan waktu yang berbeda dengan *slant shear test* (pengujian geser miring). Pada penelitian yang lainnya, Climaco dalam Cheong dan MacAlevy (2000) menunjukkan bahwa sudut kekasaran permukaan relatif tidak penting selama kekasaran permukaannya masih tersedia dan kerusakan pada beton (retak dan tidak terjadinya kontak antar agregat) dihindari. Hal ini sesuai dengan silfwerbrand (1990). Penelitian Climaco tentang tegangan antar permukaan yang dilakukan terhadap balok geser miring 100x100x500 mm dengan sudut kemiringan (α) 60°, 70° dan 75°. Data-data yang diperoleh kemudian diplot dalam sebuah grafik perbandingan tegangan geser dan tegangan normal. Untuk memperoleh nilai kohesif (c) dan sudut geser (ψ) dengan cara yang lebih sederhana, maka digunakan suatu garis lurus dengan asumsi bahwa $\tau = c + \sigma \tan \psi$.

Pada pelaksanaan perkuatan elemen struktur beton bertulang sering dilakukan dengan menambah ketebalan dari elemen struktur tersebut berkisar antara 50-80 mm. Pengecoran beton tipis ini memerlukan beton yang memiliki workability yang baik untuk menghindarinya terjadinya keropos atau *honeycomb* dan tetap kekuatan beton yang tinggi. Teknologi *self compacting concrete (SCC)* dapat dipergunakan untuk menghasilkan beton dengan workability yang baik dan tetap memiliki kuat tekan tinggi. Beton SCC sangat cocok untuk pengecoran el-

emen struktur beton yang tipis. Namun kekuatan lekat dari beton SCC dengan beton eksisting belum banyak diketahui, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian.

Pengecoran beton elemen struktur tipis dalam waktu yang berbeda sangat sering dilakukan dengan harapan kedua material tersebut dapat berperilaku monolit. Penggunaan SCC belum banyak diketahui terutama lekatan dengan beton normal. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan lekat dari SCC dengan beton normal yang dicor dalam waktu yang berbeda sehingga nantinya dapat dipergunakan dalam perkuatan-perkuatan struktur maupun perbaikan komponen struktur yang sulit dipadatkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemeriksaan Material

Material penyusun beton seperti agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen dan air diperiksa untuk mendapatkan material yang memenuhi persyaratan pembentuk beton. Adapun hasil pemeriksaan agregat kasar dan halus (kerikil dan pasir) ditampilkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa agregat kasar dan halus telah memenuhi persyaratan pembentuk beton. Kadar lumpur pasir diperoleh sebesar 2,89 % dimana telah memenuhi nilai kadar lumpur yang diijinkan SNI 03 – 2461 – 1991, yaitu tidak boleh lebih dari 5 %. Nilai modulus kehalusan pasir diperoleh sebesar 2,54, memenuhi syarat yang ditetapkan SNI 03-1969-1990, yaitu berkisar antara 2,3 sampai 3,1. Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir) dan gradasi agregat kasar (kerikil) yang diplot dalam batas-batas gradasi agregat ditampilkan pada Gambar 1(a) dan (b). Ukuran agregat kasar terbesar dalam pembuatan beton normal adalah 19mm.

Campuran Beton Normal

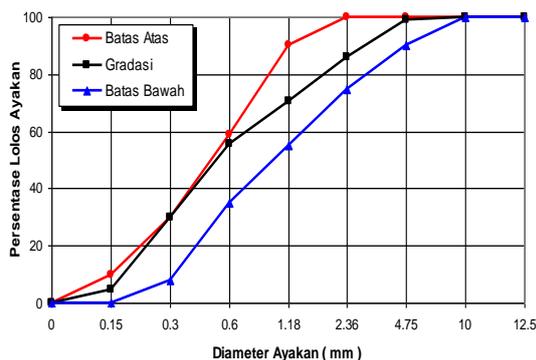
Beton dasar atau beton yang dicor terlebih dulu dibuat dengan membuat *mix design* menggunakan property material beton seperti Tabel 1, dengan target kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) sebesar 20 MPa. Proporsi campuran ditentukan berdasarkan SNI 2847: 2002 dan ACI 318-1999 diperoleh perbandingan dari semen, pasir, kerikil dan air dalam 1 m³ campuran beton adalah berturut-turut 330 kg, 761 kg, 961 kg, 226

kg atau 1:2,3:2,91:0,69 dalam perbandingan berat. Faktor air semen adalah sebesar 0,69 dan diameter agregat kasar maksimum yang dipergunakan sesuai dengan Gambar 1(b) adalah 19 mm. Kuat tekan dari campuran beton yang dicor terlebih dulu pada umur 28 dan 56 hari dapat dilihat pada Tabel 2. Kuat tekan rata-rata dari 4 buah silinder ukuran 150x300 mm adalah

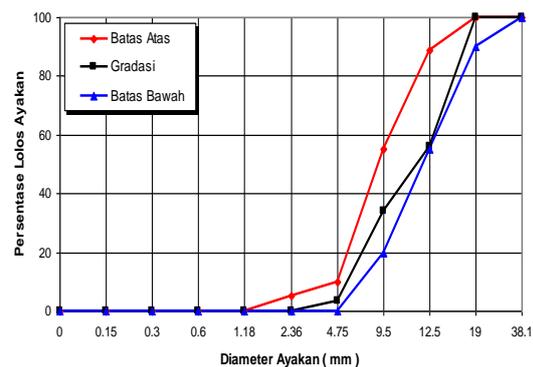
22,08 MPa pada umur 28 hari dan 24,91MPa pada umur 56 hari. Terjadi peningkatan sebesar 12,82 % (2,83 MPa) dari kuat tekan silinder ketika umur benda uji 28 hari, hal ini sesuai dengan sifat beton yang terus mengalami peningkatan sebagai akibat proses hidrasi yang terjadi sepanjang waktu.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat kasar dan halus

No	Uraian Pemeriksaan	Satuan	Agergat Halus	Agergat Kasar
1	Berat Jenis Bulk	kg/lt	2,449	2,331
2	Berat Jenis SSD	kg/lt	2,538	1,855
3	Berat Jenis Semu	kg/lt	2,688	2,49
4	Penyerapan Air	%	3,63	2,74
5	Berat Satuan	kg/lt	1,582	1,456
6	Kadar Lumpur	%	2,899	-
7	Kadar Air	%	3,541	3,09
8	Modulus kehalusan (FM)	-	2,54	7,065



(a)



(b)

Gambar 1. Kurva hasil gradasi agregat halus (a) dan kasar (b)

Campuran Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan campuran beton yang didefinisikan berdasarkan property utama yaitu memiliki workability yang tinggi. SCC memiliki beberapa kriteria yaitu kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), kemampuan memadat sendiri, dan karakteristik beton setelah mengeras. Untuk membuat campuran beton yang memiliki kriteria seperti di atas maka perlu ditambahkan zat additive yang mampu meningkatkan kelecakan campuran beton tanpa harus menggunakan factor air semen (fas) yang tinggi. Zat additive yang di-

gunakan termasuk dalam superplasticizer yang mampu meningkatkan sifat plastis campuran beton sehingga workability beton meningkat. Disamping memiliki sifat *flowable*, campuran SCC juga harus mampu menjamin tidak terjadi segregasi. *Workability* dari SCC biasanya salah satunya ditentukan dari slump horizontal hasil *Slump cone test*. Slump horizontal ini merupakan ukuran diameter dari pencarian campuran beton setelah kerucut Abrams diangkat yaitu sebesar 500-650 mm (Chiara, et al., 2000).

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan beton balok yang diperkuat

No.	Kode Silinder	Umur (hari)	P (kN)	Luas Silinder (mm ²)	f_c (MPa)	f_c Rata-rata (MPa)
1	S1-I	28	370	17662.5	20.948	22.08
2	S2-I	28	410	17662.5	23.213	
3	S3-I	28	425	17662.5	24.062	
4	S4-I	28	355	17662.5	20.099	
5	S1-II	56	435	17662.5	24.628	24.91
6	S2-II	56	455	17662.5	25.761	
7	S3-II	56	450	17662.5	25.478	
8	S4-II	56	420	17662.5	23.779	

SCC yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan penambahan additive dari Sika Viscocrete dengan *trial and error* untuk mendapatkan campuran dengan flow yang bagus dan tidak terjadi segregasi. Ada tiga mix design yang ditinjau adalah f_c 20MPa, 25 MPa dan 30% MPa. Sesuai dengan spesifikasi viscocrete, penambahan yang diijinkan berkisar antara 0,6%-2,0% berat semen namun dalam penelitian ini dipergunakan prosentase 0%, 0,3%, 0,7% dan 1,2%. Campuran SCC ini menggunakan material yang sama dengan beton normal, namun diameter maksimum agregat adalah 10 mm. Hal ini dipertimbangkan untuk aplikasi SCC untuk pengecoran agregat tipis. Tabel 3 menunjukkan hasil trial mix untuk beton SCC.

Dari data *Trial* pada Tabel 3. terlihat bahwa campuran dengan *mix design* 30 MPa serta penambahan 0.3 % *additif* dan 30 % air, dengan nilai *slump* horisontal sebesar rata-rata 585 mm memenuhi criteria campuran SCC. Nilai kuat tekan beton umur 28 hari pada Tabel 3 diprediksi dengan rumus *ACI 318-99*, yaitu $f_c(t) = f_c(28) \times (t / (a + b \cdot t))$, dimana untuk semen tipe I, nilai $a = 4$ dan $b = 0,85$. Namun, hasil pengujian campuran SCC ini pada umur 28 hari seperti tertera pada Tabel 4, diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 26,280 MPa. kuat tekan beton SCC lebih besar 5,49 % dari kuat tekan beton normal pada saat pengujian.

Rancangan Benda Uji

Benda uji berupa prisma ukuran 100 x 100 x 500 mm untuk memenuhi ketentuan pengujian

slant shear test. Prisma dicor dalam dua tahap yaitu tahap pertama dicor dengan beton normal dan tahap kedua dicor dengan SCC. Bidang kontak dari kedua tahap pengecoran ini membentuk sudut 60°, 70°, 75° terhadap garis horisontal seperti terlihat pada Gambar 2. Pada semua benda uji, sebelum pengecoran bagian kedua, permukaan miring prisma yang telah dicor dikasarkan terlebih dahulu menggunakan *Gerinda* potong dengan pola pengasaran merupakan gabungan dari garis arah vertikal (|), horisontal (---) dan miring (/ atau \) dengan kedalaman $\pm 2,5$ mm. Jarak antara garis sejajar bervariasi antara 7 - 25 mm seperti terlihat pada Gambar 2. Jumlah benda uji adalah 9 buah dengan rincian 3 buah benda uji untuk masing-masing variasi sudut *interface* antara pengecoran pertama dan kedua.

Pengujian benda uji

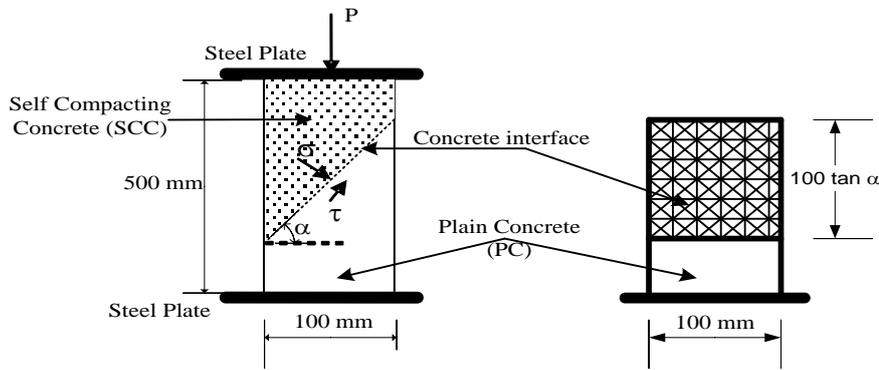
Benda uji balok geser miring (100 x 100 x 400 mm) dengan variasi kemiringan (α) antara beton normal dan SCC adalah 60°, 70°, 75° dibebani uniaksial tekan. Pengujian dilakukan setelah beton baru (SCC) berumur 28 hari sedangkan beton lama (beton normal) berumur 56 hari. Beban tekan terpusat diberikan secara perlahan dengan kecepatan standar pengujian silinder beton sesuai ASTM. Beban maksimum dicatat dan mode keruntuhan yang terjadi pada benda uji diamati. Gambar 2 menunjukkan skematik pengujian benda uji yang menggunakan mesin tekan yang dilakukan.

Tabel 3. Trial Mix untuk beton SCC sebagai bahan perkuatan

Pelaksanaan Trial	□ slump	Umur Uji (t)	Kuat tekan ($f'c$) t	Kuat tekan ($f'c$)28	Ket.
Desain cmp.+% Viscocrete+% air	(cm)	(hari)	(Mpa)	(Mpa)	
20 + 0% Viscocrete + 35% air	52; 53	3	2.55	5.56	flow
	52.5	3	4.81	10.50	
		3	3.68	8.03	
20 + 1.2% Viscocrete + 0 % air	60; 60	7	3.11	4.42	flow segregasi
	60	7	4.24	6.03	
		7	5.09	7.23	
20 + 0.3% Viscocrete + 35 % air	63; 62	7	5.94	8.44	flow
	62.5	7	5.09	7.23	
		7	3.11	4.42	
20 + 0.7% Viscocrete + 35 % air	62;61	3	2.26	4.94	flow
	61.5	3	3.96	8.65	
		3	4.39	9.58	
25 + 0.3% Viscocrete + 52 % air (fas = 0.93)	53;56	5	8.77	14.38	flow
	54.5	5	9.05	14.84	
		5	8.63	14.15	
25 + 0% Viscocrete + 70 % air (fas = 1.04)	53;54	5	9.05	14.84	flow
	53.5	5	7.92	12.99	
		5	7.07	11.60	
25 + 0.3% Viscocrete + 0% air	46;44	5	10.89	17.86	< flow segregasi
	45	5	8.91	14.61	
		7	8.21	11.66	
30 + 0.3% Viscocrete + 35% air	64;65	5	10.33	16.93	flow
	64.5	5	13.30	21.80	
		7	15.85	22.51	
30 + 0.3% Viscocrete + 30% air	58;59	3	8.49	18.53	flow
	58.5	3	8.77	19.15	
		3	9.90	21.62	

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan SCC pada umur 28 hari

No	Kode Silinder	Umur (hari)	P (kN)	Luas Silinder (mm ²)	Mutu ($f'c$) (MPa)	f'c Rata-rata (MPa)
1	STRG-1	28	425	17662.5	24.062	26.280
2	STRG-2	28	470	17662.5	26.610	
3	STRG-3	28	490	17662.5	27.742	
4	STRG-4	28	435	17662.5	24.628	
5	STRG-5	28	485	17662.5	27.459	
6	STRG-6	28	480	17662.5	27.176	



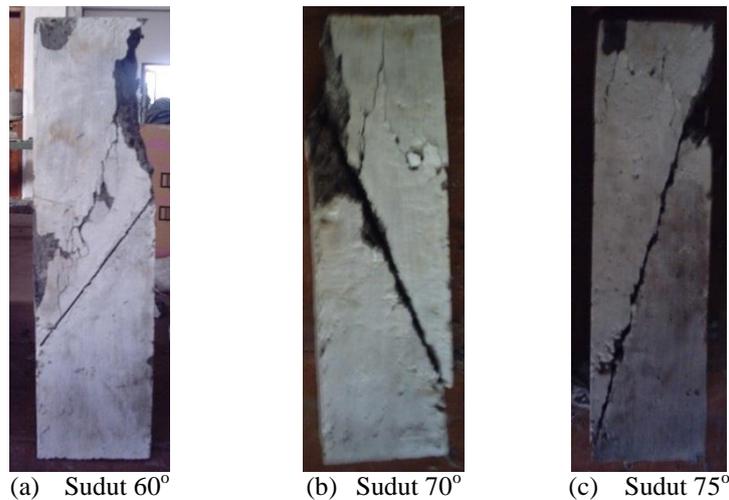
Gambar 2. Benda uji dan skematik *slant shear test*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat pengujian, kekuatan beton normal sebesar 24,91 MPa sedangkan beton SCC sebesar 26,28 MPa sehingga ada perbedaan kekuatan tekan beton sekitar 5,49%. Ada tiga pola keruntuhan yang diamati saat pengujian ini yaitu keruntuhan tekan pada prisma, keruntuhan pada salah satu bagian beton dan keruntuhan pada permukaan miring. Gambar 3 menunjukkan pola keruntuhan yang terjadi yang berkaitan dengan sudut kemiringan *interface* beton. Benda uji dengan sudut kemiringan (α)

60° mengalami keruntuhan tekan sedangkan benda uji dengan sudut keiringan 70° dan 75° , keruntuhan terjadi pada permukaan miring walaupun ada beberapa yang disertai dengan retak pada SCC atau beton normal.

Beban maksimum yang mampu dipikul oleh masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 4. Beban maksimum mengalami penurunan dengan meningkatnya sudut bidang geser.



Gambar 3. Mode keruntuhan tipikal benda uji *slant shear test*

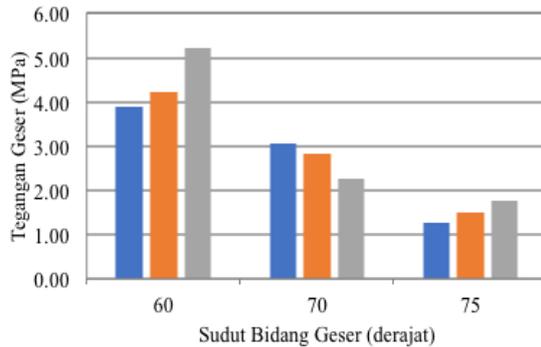
Tabel 4. Hasil pengujian *slant shear test*

Kode Balok	Umur (hari)	Bidang Geser, A_s (mm^2)	Beban (P) (kN)	$P_{\sin \alpha}$ (kN)	$P_{\cos \alpha}$ (kN)	Pola keruntuhan
BG1- 60°	56/28		90,0	77,94	45,00	disposisi 2,2 - 4,7cm
BG2- 60°	56/28	19981,63	97,5	84,44	48,75	disposisi 1 - 5 cm
BG3- 60°	56/28		120,0	103,92	60,00	disposisi total
BG1- 70°	56/28		95,0	89,27	32,49	penuh
BG2- 70°	56/28	29188,38	87,5	82,22	29,93	penuh
BG3- 70°	56/28		70,0	65,78	23,94	penuh
BG1- 75°	56/28		50,0	48,300	12,94	penuh
BG2- 75°	56/28	38541,59	60,0	57,96	15,53	penuh
BG3- 75°	56/28		70,0	67,62	18,12	penuh

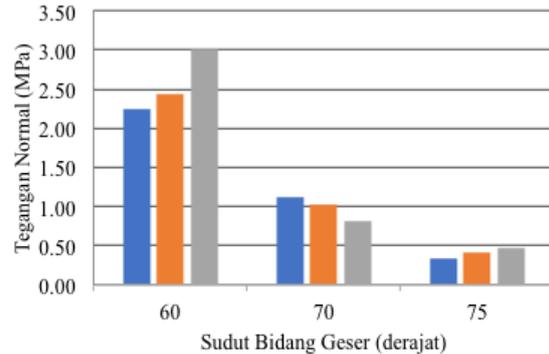
Tegangan normal (σ) dan geser (τ) pada bidang geser benda uji *slant shear test* dapat dihitung dengan Pers. (1) dan (2) berikut ini.

$$\sigma = f_c \cdot \cos^2 \alpha \quad (1)$$

$$\tau = f_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (2)$$



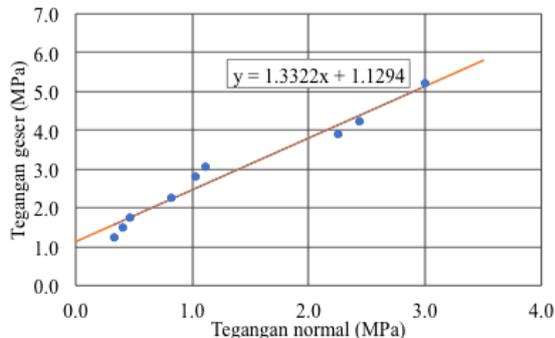
(a) Tegangan geser (τ)



(b) Tegangan normal (σ)

Gambar 4. Hubungan tegangan pada bidang geser terhadap sudut kemiringannya

Untuk mengetahui besarnya kohesi (c) dan sudut geser (ψ) dari sambungan antara beton normal dengan SCC dapat diperoleh dari garis *treadline* linear pada plot data hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) pada bidang geser

Besarnya nilai lekatan (c) bila mengacu pada kriteria keruntuhan Coulomb diperoleh dari besarnya tegangan geser miring pada titik potong garis trendline yaitu sebesar 1,13 MPa, sedangkan sudut gesernya diperoleh sebesar 53,12°. Nilai kohesif yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian serupa sebelumnya oleh Cheong dan Alevey (2000) yang menggunakan *Preplaced Agregat*

Dengan f_c adalah tegangan tekan di atas luas penampang prisma, α adalah sudut kemiringan bidang geser terhadap arah horizontal. Hubungan tegangan normal (σ) dan geser (τ) pada bidang miring terhadap sudut bidang geser seperti pada Gambar 4.

(PA), yaitu sebesar 2,7 N/mm² untuk kuat tekan 25 N/mm² dengan sudut geser sebesar 48°.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *slant shear test* dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Pola keruntuhan benda uji *slant shear test* dipengaruhi oleh sudut interface beton normal dan SCC. Hanya sudut interface 60° yang tidak mengalami keruntuhan pada interface.
2. Semakin besar sudut interface beton lama dan baru, tegangan geser dan normal pada interface semakin berkurang.
3. Besarnya kohesi dan sudut geser antara beton normal 20-25MPa dengan SCC adalah berturut-turut sebesar 1.13 MPa dan 53,12°.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI-03-2847-2002.
- Branson, E. dan Sabnis, G. M. (1979). *Handbook of Composit Construction Engineer-*

- ing, Van Nostrand Reinhold Company, New York 10020, 380p.
- Cheong, H. K. and Alevey, N. M. (2000). "Experimental Behaviour of Jacketed Reinforced Concrete Beams", *Journal of Structural Engineering*, 126(6), Juni, 692 – 699.
- Climaco, J.C.T.S and Regan, P.E. (2001). "Evaluation of Bond Strength between Old and new Concrete in Structural Repairs", *Magazine of Concrete Research*, 53(6), 377-390.
- Ferraris, F. C., Brower, L., Ozylidrim, C., and Daczko, J. (2000). "Workability of Self Compacting Concrete", *Proceeding of International Symposium on High performance Concrete*, September, 398 – 407.
- Silfwerbrand, J. (1990). "Improving concrete bond in repaired bridge decks", *Concrete International*, September, 61–66.
- Sudarsana, I K. (2016). "Behaviors of Repaired Edge Column Slab Connections after Punching Failure Using Normal and Non-Shrinkable (CAH) Concrete", *Applied Mechanics and materials*, 845, 166-174.