

Kuat Lekat Beton dengan Variasi Umur Beton, Kekasaran Permukaan, Kelembapan dan Mutu Beton

Vania Meutia Andhini¹⁾
Vera Agustriana Noorhidana²⁾
Fikri Alami³⁾

Abstract

Structure strengthening by adding fresh concrete mix to the existing concrete has a weakness in the bonding between the concrete joint. Research on the concrete-to-concrete bond strength has been carried out with various treatments. This study aims to determine the factors that influence bond strength between old concrete (substrate) and new concrete (overlay). The factors include are the substrate's ages, substrate surface's roughness, water content of the substrate and the compressive strength of the added concrete.

The test method used in this study is slant shear test to quantify the bond strength. 150 × 150 × 300 mm² prism with the interface line angle at 30° to the vertical was used as the specimen. The specimen cast in 2 phases, first substrate casting and second overlay casting. The overlay cast at different age of substrate depends on the variation needed. The treatments given are: 1) difference of overlay compressive strength which use 15 MPa, 25 MPa and 45 MPa concrete compressive strength; 2) difference of substrate's ages at 7 days, 28 days and 42 days; 3) difference of substrate surface's roughness with 3 sub-variations smooth, medium and coarse; 4) difference of water content of substrate specimen with dry, SSD and wet sub-variations.

Keyword : concrete-to-concrete bond strength, slant shear test, interface roughness, substrate's ages.

Abstrak

Perkuatan struktur dengan menambahkan adukan beton segar ke atas beton yang telah set memiliki kelemahan pada lekatan antar pertemuan beton. Penelitian mengenai kuat lekat antar beton telah banyak dilakukan dengan berbagai perlakuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kuat lekat antara beton lama dan beton baru. Faktor-faktornya antara lain umur beton lama, kekasaran permukaan interface beton lama, kondisi kelembaban beton lama saat pengecoran beton baru dan mutu beton lama yang ditambahkan.

Metode pengujian menggunakan *slant shear test*. Benda uji yang digunakan berupa prisma berukuran 150×150×300 mm² dengan kemiringan *interface* antar beton 30° terhadap bidang vertikal. Pengecoran benda uji dilakukan dalam 2 tahap yaitu pengecoran beton lama dan pengecoran beton baru yang dilakukan setelah beton lama mencapai umur yang diinginkan. Perlakuan yang diberikan yaitu: 1) penggunaan mutu berbeda untuk beton baru dengan mutu yang digunakan adalah 15 MPa, 25 MPa dan 45 MPa; 2) pengecoran beton baru pada umur beton lama 7 hari, 28 hari dan 42 hari; 3) kekasaran *interface* antar beton dengan 3 sub variasi yaitu halus, sedang dan kasar; 4) perbedaan kelembaban beton lama saat pengecoran beton baru dengan sub variasi kering, SSD dan basah.

Kata kunci: kuat lekat antar beton, *slant shear test*, penyambungan beton.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Aplikasi penyambungan beton baru ke beton lama mulai sering digunakan pada konstruksi bangunan. Contohnya pada pengerjaan *overlay* perkerasan jalan, sambungan untuk beton pracetak atau perkuatan elemen struktur dengan *concrete jacketing*. Namun, *interface* pada sambungan beton merupakan bagian yang rawan mengalami kerusakan. Oleh karena itu, mulai banyak penelitian dilakukan untuk mengetahui metode paling efektif yang dapat meningkatkan kekuatan lekat pada *interface* antar beton.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Júlio et al (2004), beberapa faktor yang dapat meningkatkan kuat lekat antar beton antara lain: umur beton lama saat pengecoran beton baru, perbedaan mutu beton lama dan baru, kekasaran permukaan beton dan kelembaban beton lama saat pengecoran beton baru. Selain itu, menurut Júlio et al (2004) semakin besar perbedaan antara umur beton lama dan beton baru semakin kecil kuat lekat antar beton. Selanjutnya pada penelitian tersebut pengecoran beton baru dilakukan saat umur beton lama pada 84 hari. Sedangkan berdasarkan penelitian Sandagie et al (2012), dengan umur beton lama saat pengecoran 7, 14 dan 28 hari grafik yang didapatkan menunjukkan kenaikan sejajar dengan kenaikan umur beton.

Berdasarkan keterangan diatas perlu dilakukan penelitian tentang apakah pengecoran beton baru saat umur beton lama dibawah 28 hari akan berpengaruh terhadap kuat lekat antar beton. Pengujian dilakukan dengan benda uji prisma berukuran $0.15 \times 0.15 \times 0.3$ meter dengan kemiringan *interface* 30° terhadap bidang vertikal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

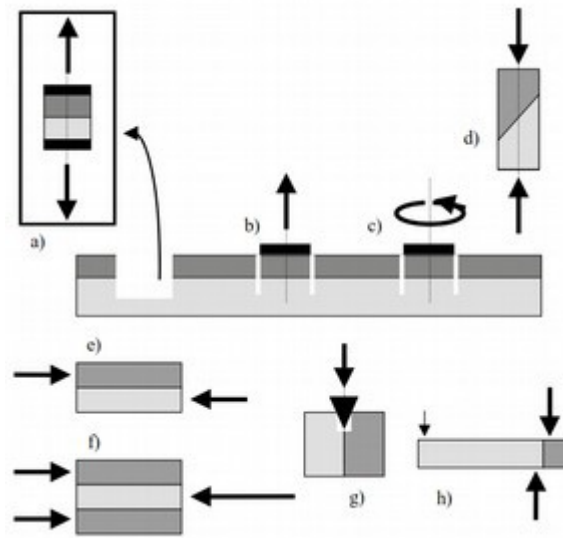
2.1. Beton

Berdasarkan SNI 2847:2013 pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Beton memiliki kuat tekan yang baik namun kurang baik dalam menahan lentur. Berikut merupakan sifat-sifat beton antara lain keawetan (*durability*), kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, rangkai, susut dan kelecakan.

2.2. Slant Shear Test

Terdapat beberapa metode pengujian yang telah dikembangkan untuk mengetahui besarnya kuat lekat antar beton, beberapa diantaranya adalah: *pull-off test* lapangan dan laboratorium, *torsion test*, *slant shear test*, *direct shear test*, *splitting test*, dan *guillotine test* (Silfwerbrand, 2003).



Gambar 1. Jenis pengujian kuat lekat antar beton: a) *pull-off test* laboratorium; b) *pull-off test* lapangan; c) *torsion test*; d) *slant shear test*; e&f) *direct shear test*; g) *splitting tes*; h) *guillotine test*. (Sumber: Silfwerbrand, 2003)

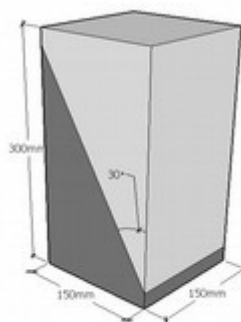
Slant shear test merupakan salah satu metode pengujian kuat lekat pada beton dengan mengombinasikan gaya tekan dan geser. Gaya tekan dan geser pada sampel balok atau silinder yang terdiri dari dua bagian identik dengan kemiringan sambungan 30° dengan cara memberi beban aksial pada sampel (Momayez et al, 2005).

Slant shear test pertama kali digunakan pada tahun 1976 oleh Kriegh dalam penelitiannya mengevaluasi kuat lekat dari epoxy-based resin menggunakan benda uji silinder dengan diameter 0,15 m tinggi 0,3 m dan kemiringan *interface* 30° terhadap bidang vertikal (Saldanha et al, 2013).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Benda Uji

Untuk pengujian kuat lekat antara beton lama dan beton baru benda uji yang digunakan berupa prisma berukuran $0.15 \times 0.15 \times 0.3 \text{ m}^3$ dengan kemiringan *interface* sambungan beton sebesar 30° terhadap bidang vertikal.



Gambar 2. Dimensi benda uji slant shear test.

Terdapat 4 variasi dan 12 sub variasi dengan 3 benda uji prisma dan 6 benda uji kubus untuk setiap sub variasi. Variasi yang digunakan antara lain variasi umur beton lama, kekasaran permukaan beton lama, kelembapan permukaan beton lama dan mutu beton baru yang digunakan. Sub variasi yang digunakan dijabarkan dalam tabel.

Tabel 1. Jumlah dan penamaan benda uji.

		Slant Shear Test				Uji Kuat Tekan			
Variasi	Sub Variasi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Jumlah sampel	Beton Lama Mutu	Beton Baru Jumlah	Beton Baru Mutu	Beton Baru Jumlah
Kekasaran permukaan	Halus	Ks.1.1	Ks.1.2	Ks.1.3	3	25 MPa	3	25 MPa	3
	Kasar	Ks.2.1	Ks.2.2	Ks.2.3	3				
	Sangat kasar	Ks.3.1	Ks.3.2	Ks.3.3	3				
Kelembaban permukaan	Kering	Kb.1.1	Kb.1.2	Kb.1.3	3	25 MPa	3	25 MPa	3
	SSD	Kb.2.1	Kb.2.2	Kb.3.2	3				
	Basah	Kb.3.1	Kb.3.2	Kb.3.3	3				
	Mutu lebih rendah (15 MPa)	Mt.1.1	Mt.1.2	Mt.1.3	3				
	Mutu sama (25 MPa)	Mt.2.1	Mt.2.2	Mt.2.3	3				
Mutu beton baru	Mutu lebih tinggi (45 MPa)	Mt.3.1	Mt.3.2	Mt.3.3	3	25 MPa	3	45 MPa	3
Umur beton lama saat pengecoran	7 hari	Ur.1.1	Ur.1.2	Ur.1.3	3	25 MPa	3	25 MPa	3
	28 hari	Ur.2.1	Ur.2.2	Ur.2.3	3				
	42 hari	Ur.3.1	Ur.3.2	Ur.3.3	3				
Jumlah					36	12		24	

Sampel prisma dibuat dalam 2 tahapan yaitu tahap pengecoran beton lama (*substrate*) sebesar setengah bagian dari sampel dan tahap pengecoran beton baru (*overlay*) sebesar setengah bagian sisanya. Pengecoran beton baru dilakukan setelah beton lama selesai dari proses *curing*. Durasi proses *curing* tergantung pada variasi umur beton lama yang dibutuhkan, dalam penelitian ini adalah 7 hari, 28 hari, dan 42 hari.



Gambar 3. Proses pengecoran beton lama (*substrate*).



Gambar 4. Proses pengecoran beton baru (*overlay*).

Berdasarkan variasi yang ada pada penelitian ini, perlakuan khusus diberikan sebelum pengecoran beton baru dilakukan untuk melihat perlakuan seperti apa yang memberikan pengaruh paling besar dalam peningkatan kuat lekat antar sambungan beton. Berikut dijabarkan perlakuan yang diberikan pada tiap variasi:

3.1.1. Variasi Umur Beton Lama

Untuk variasi ini perbedaan ada pada umur beton lama saat pelaksanaan pengecoran beton baru setelah beton lama melalui proses *curing*. Pada penelitian ini perbedaan umur beton yang digunakan adalah 7, 28, dan 42 hari.

3.1.2. Variasi Kelembapan

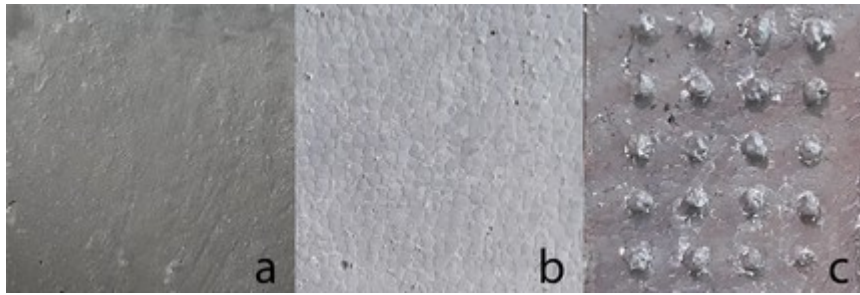
Pada variasi ini perbedaan ada pada keadaan kandungan air pada beton lama saat pengecoran beton baru. Untuk variasi kering, tidak dilakukan *curing* pada beton lama sehingga pada saat pengecoran beton baru beton lama dalam kondisi kering. Untuk variasi SSD, beton lama dikeluarkan dari bak perendam dan didiamkan semalaman sebelum dilakukan pengecoran beton baru. Untuk variasi basah, beton lama dikeluarkan dari bak perendam sesaat sebelum pelaksanaan pengecoran beton baru.

3.1.3. Variasi Kuat Tekan Beton Baru

Pada variasi kuat tekan, perbedaan ada pada kuat tekan beton baru. Kuat tekan yang digunakan antara lain 15 MPa, 25 MPa dan 45 MPa. Sedangkan untuk kuat tekan beton lama adalah sama besar untuk semua variasi yaitu 25 MPa.

3.1.4. Variasi Kekasaran Permukaan

Variasi kekasaran permukaan memiliki 3 macam kekasaran yang berbeda yaitu halus, sedang, dan kasar. Untuk variasi halus, sekat yang terbuat dari styrofoam dilapisi dengan selotip bening dibagian permukaannya. Untuk variasi sedang, tidak diberikan perlakuan khusus pada sekat styrofoam. Untuk variasi kasar, sekat styrofoam diberi lubang dengan diameter 1 cm dan jarak 3 cm dihitung dari pusat lubang satu ke pusat lubang lainnya. Visualisasi kekasaran permukaan beton lama yang digunakan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi kekasaran permukaan: a) halus; b) sedang; c) kasar.

3.2. Pengujian

Pada penelitian ini terdapat 2 macam pengujian yaitu uji kuat tekan beton dan *slant shear test* dengan alat CTM (*compression testing machine*). Untuk uji kuat tekan beton digunakan sampel kubus, sedangkan untuk *slant shear test* benda uji yang digunakan adalah benda uji prisma seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada poin 3.1.



Gambar 6. Pengujian kuat tekan beton.



Gambar 7. Pengujian *slant shear test*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Mekanisme Keruntuhan

Slant shear test merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat lekat pada sambungan beton. Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode pengujian ini terdapat 2 mekanisme keruntuhan yang umum terjadi yaitu keruntuhan adesif dan keruntuhan kohesif (Saldanha et al, 2012).

Keruntuhan adesif merupakan keruntuhan pada sambungan antar beton. Sedangkan keruntuhan kohesif merupakan keruntuhan dimana kuat lekat antar beton lebih besar dari kuat tekan terkecil beton, sehingga beton terlebih dahulu runtuh sebelum sambungan terlepas. Keruntuhan kohesif dapat terjadi saat salah satu dari lapisan beton, beton baru ataupun beton lama memiliki mutu yang jauh lebih kecil (Júlio et al, 2006). Pada penelitian ini, seluruh sampel mengalami keruntuhan adesif.



Gambar 8. Keruntuhan adhesif.

4.2. Hasil Pengolahan Data

Dari pengujian diperoleh nilai beban maksimum yang kemudian diolah menggunakan persamaan, sehingga diperoleh nilai kuat lekat antar sambungan beton yaitu dengan membagi beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel dengan luas *interface* lekatan beton atau dapat ditulis:

$$S = \frac{(P)}{(A_s)} \quad (1)$$

Dengan dimensi sampel pada penelitian ini adalah $150 \times 150 \times 300 \text{ mm}^3$ dan sudut

kemiringan (α) 30° , maka:

$$A_s = 150 \times \left(\frac{150}{\sin \alpha} \right) = 45000 \text{ mm}^2$$

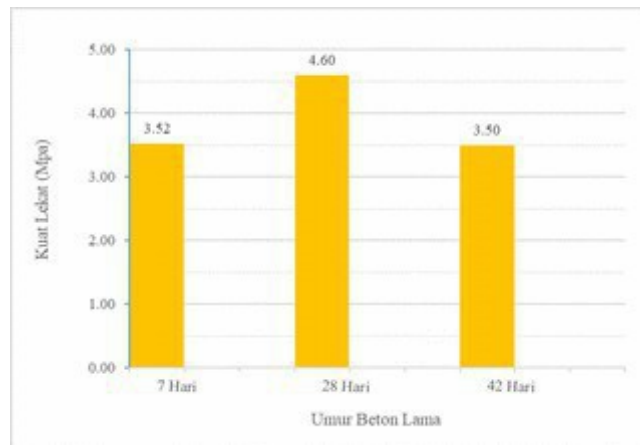
Hasil pengolahan data ditampilkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Nilai indeks kedaktilan pada benda uji balok.

Variasi	Sub Variasi	Sampel	Kuat tekan rata-rata sampel kubus		Berat	Luas interface		Beban (kN)	Kuat lekat (Mpa)	Rata-rata
			beton lama	beton baru		b (mm)	h (mm)			
Umur beton lama	7 Hari	Ur.1.1			16,24	150	300	182,60	4,06	
		Ur.1.2	31,8475	26,3400	15,91	150	300	157,40	3,50	3,52
		Ur.1.3			15,35	150	300	135,10	3,00	
	28 Hari	Ur.2.1			16,33	150	300	140,20	3,12	
		Ur.2.2	31,8475	23,5000	16,40	150	300	251,20	5,58	4,60
		Ur.2.3			16,13	150	300	229,60	5,10	
	42 Hari	Ur.3.1			16,54	150	300	196,50	4,37	
		Ur.3.2	31,8475	29,9700	16,14	150	300	133,10	2,96	3,50
		Ur.3.3			15,99	150	300	142,40	3,16	
	Kering	Kb.1.1			16,77	150	300	223,90	4,98	
		Kb.1.2	32,2700	32,2600	16,00	150	300	283,10	6,29	5,35
		Kb.1.3			16,26	150	300	214,70	4,77	
Kelembaban SSD		Kb.2.1			16,33	150	300	140,20	3,12	
		Kb.2.2	31,8475	23,5000	16,40	150	300	251,20	5,58	4,60
		Kb.2.3			16,13	150	300	229,60	5,10	
	Basah	Kb.3.1			17,02	150	300	166,60	3,70	
		Kb.3.2	29,1600	32,2600	16,77	150	300	160,00	3,56	3,31
		Kb.3.3			16,76	150	300	120,00	2,67	
	15 Mpa	Mt.1.1			16,31	150	300	184,40	4,10	
		Mt.1.2	26,4700	31,0900	16,35	150	300	152,60	3,39	4,42
		Mt.1.3			16,13	150	300	260,10	5,78	
	25 Mpa	Mt.2.1			16,33	150	300	140,20	3,12	
		Mt.2.2	31,8475	23,5000	16,40	150	300	251,20	5,58	4,60
		Mt.2.3			16,13	150	300	229,60	5,10	
Kuat tekan beton baru	45 Mpa	Mt.3.1			16,26	150	300	240,30	5,34	
		Mt.3.2	26,4700	50,4200	15,99	150	300	208,20	4,63	5,77
		Mt.3.3			16,61	150	300	330,40	7,34	
	Halus	Ks.1.1			15,77	150	300	76,60	1,70	
		Ks.1.2	29,9700	27,1750	16,71	150	300	42,70	0,95	1,27
		Ks.1.3			16,49	150	300	52,50	1,17	
	Sedang	Ks.2.1			16,33	150	300	140,20	3,12	
		Ks.2.2	31,8475	23,5000	16,40	150	300	251,20	5,58	4,60
		Ks.2.3			16,13	150	300	229,60	5,10	
	Kasar	Ks.3.1			16,29	150	300	177,60	3,95	
		Ks.3.2	29,9700	27,1750	16,38	150	300	159,90	3,55	3,63
		Ks.3.3			16,36	150	300	152,20	3,38	

Kemudian data hasil perhitungan diplotkan kedalam grafik hubungan perlakuan yang diberikan terhadap kuat lekat beton. Berikut akan dijabarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan:

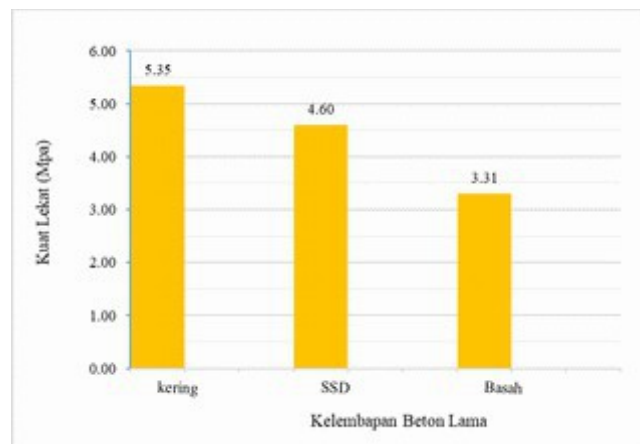
4.2.1. Kuat Lekat dengan Variasi Perbedaan Umur Beton Lama Dan Beton Baru



Gambar 9. Grafik hubungan perbedaan umur beton lama dengan kuat lekat.

Gambar 9 memperlihatkan grafik hubungan antara perbedaan umur beton lama dan beton baru dengan kuat lekat antar beton. Sumbu x menunjukkan umur beton lama pada saat pengecoran beton baru dan sumbu y menunjukkan kuat lekat antar sambungan beton. Terlihat bahwa kuat lekat pada variasi umur 7 hari adalah 3,5 MPa, kemudian meningkat pada variasi umur 28 hari (yaitu 4,6 MPa) dan kemudian menurun lagi pada variasi umur 42 hari (yaitu 3,5 MPa). Hal ini menunjukkan tidak ada hubungan yang spesifik antara perbedaan umur beton lama-baru dengan kuat lekat.

4.2.2. Kuat Lekat dengan Variasi Tingkat Kelembapan Pada Beton Lama

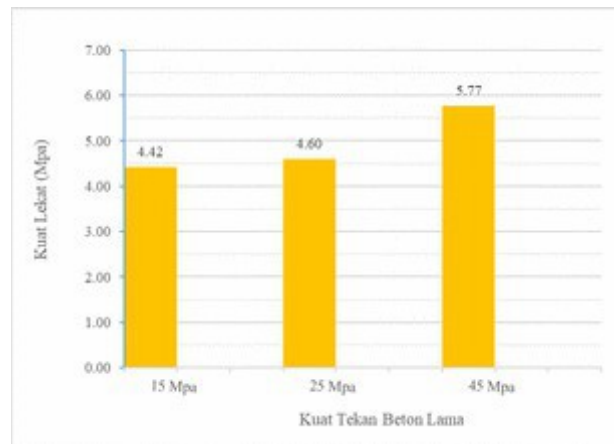


Gambar 10. Grafik hubungan kelembapan beton lama dengan kuat lekat.

Gambar 10 memperlihatkan grafik hubungan antara kandungan air pada beton lama saat pengecoran beton baru dengan kuat lekat antar beton. Dalam penelitian ini dilakukan 3 jenis tingkat kelembapan beton substrat ketika akan dilakukan pengecoran beton overlay, yaitu kondisi kering pada beton substrat dilakukan dengan cara tidak melakukan curing pada beton lama, kondisi SSD adalah dengan

melakukan pengangkatan beton lama dari bak curing sehari sebelum pengecoran beton baru, sedangkan kondisi basah didapatkan dengan melakukan pengangkatan beton lama dari bak perendam sesaat sebelum pengecoran beton baru dilakukan. Hasil yang diperoleh adalah peningkatan kuat lekat antar sambungan beton seiring dengan berkurangnya kandungan air pada beton lama saat pengecoran beton baru.

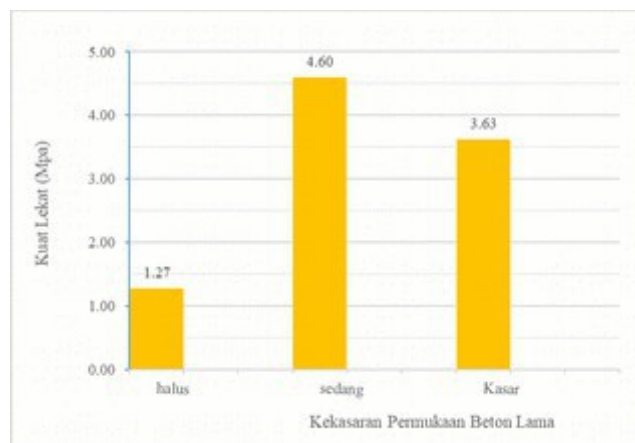
4.2.3. Kuat Lekat dengan Variasi Mutu Beton Baru



Gambar 11. Grafik hubungan kuat tekan beton baru dengan kuat lekat.

Pada Gambar 11 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat lekat beton lama dan beton baru secara linier. Peningkatan terjadi seiring dengan meningkatnya kuat tekan beton baru. Namun pada kuat tekan beton baru 15 MPa dan 25 MPa terlihat perbedaannya tidak signifikan sedangkan pada kuat tekan beton baru 45 MPa terjadi peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena hasil sampel beton yang dibuat dengan kuat tekan rencana 15 MPa mendapat hasil yang jauh melebihi kuat tekan rencana dan hasilnya mendekati kuat tekan sampel beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa.

4.2.4. Kuat Lekat dengan Variasi Kekasaran Permukaan Beton Lama



Gambar 12 Grafik hubungan kekasaran permukaan dengan kuat lekat.

Dari Gambar 12 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat lekatan dari sampel dengan kondisi permukaan sambungan beton halus (yaitu 1,27 MPa) ke sampel dengan tingkat kekasaran sedang (yaitu 4,6 MPa). Namun kuat lekatan menurun kembali pada sampel dengan permukaan kasar yaitu menjadi 3,63 MPa. Variasi kasar memiliki tonjolan-tonjolan kecil setinggi ± 1 cm dan diameter 1 cm yang terbentuk dari mortar yang masuk ke lubang pada sekat styrofoam. Dilihat dari hasil sampel yang telah diuji, tonjolan-tonjolan kecil tersebut patah saat menahan geser. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tersebut kurang efektif dibandingkan dengan tingkat kekasaran sedang. Namun, masih lebih baik dari permukaan interface beton lama sub variasi halus.

5. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Hasil pengujian menunjukkan keruntuhan adhesif pada semua variasi sampel yaitu keruntuhan terjadi pada sambungan.
2. Rata-rata kuat lekat yang diperoleh adalah sebesar 4,1 MPa. Kuat lekat beton terbesar diperoleh dari variasi beda kuat tekan beton baru 45 MPa yaitu sebesar 5,77 MPa. Kuat lekat beton terkecil diperoleh dari variasi kekasaran permukaan halus yaitu sebesar 1,27 MPa.
3. Kuat lekat antar beton meningkat seiring dengan peningkatan kuat tekan beton baru yaitu variasi 15 MPa diperoleh hasil kuat lekat 4,42 MPa, variasi 25 MPa diperoleh hasil 4,6 MPa dan variasi 45 MPa diperoleh hasil 5,77 MPa.
4. Variasi perbedaan umur beton lama tidak menunjukkan hubungan yang spesifik dengan kuat lekat antar beton. Variasi umur beton yang digunakan antara lain adalah 7, 28 dan 42 hari dengan hasil kuat lekat antar beton adalah 3,52 MPa, 4,6 MPa, dan 3,49 MPa. Hasil ini tidak sesuai dengan teori yang ada yaitu penurunan terjadi seiring dengan penambahan umur beton lama akibat perbedaan susut antara beton lama dan beton baru akibat perbedaan susut antar beton.
5. Perbedaan kekasaran permukaan *interface* beton lama berpengaruh pada kuat lekat antar beton. Variasi kekasaran permukaan kasar tidak efektif dalam menahan geser karena hanya mortar yang masuk ke dalam lubang cetakan. Hasil kuat lekat variasi kasar adalah 3,63 MPa, namun masih lebih baik dari variasi kekasaran permukaan halus yaitu 1,27 MPa. Hasil kuat lekat tertinggi diperoleh pada variasi kekasaran permukaan sedang yaitu 4,6 MPa.
6. Tingkat kelembaban beton lama pada saat proses pengecoran beton baru berpengaruh pada kuat lekat antar beton. Hasil pengujian kuat lekat antar beton menurun seiring dengan bertambahnya kandungan air pada beton lama. Hasil kuat lekat yang diperoleh berdasarkan variasi antara lain kering 5,35 MPa, SSD 4,6 MPa, dan basah 3,31 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Júlio ENBS, Branco FAB, Silva VD. Concrete-to-concrete bond strength. Influence of the roughness of the substrate surface. *Construction and Building Materials*. 2004;18:675-681.
- Júlio ENBS, Branco FAB, Silva VD, Lourenco JF. Influence of Added Concrete Compressive Strength on Adhesion to an Existing Concrete Substrate. *Building and Environment*. 2006;41:1934-1939.
- Momayez A, Ehsani MR, Ramezani pour AA, Rajaie H. Comparison of methods for evaluating bond strength between concrete substrate and repair materials. *Cement and Concrete Research*. 2005;35:784-757.

- Saldanha R, Júlio ENBS, Dias-da-Costa D, Santos P. A modified slant shear test designed to enforce adhesive failure. *Construction and building Materials*. 2013;41:673-680.
- Sandagie E, Hendrico F, Sabdono P, Purwanto. 2012. *Kajian Geser Interface antara Beton Lama dan Baru Dengan Variabel Waktu dan Variabel Penanganan Interface*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Silfwerbrand J. Shear Bond Strength in Repaired Concrete Structure. *Materials and Structures*. 2003;36:419-424.
- SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.