

Kuat Tekan dan Kuat Tarik Mortar sebagai Bahan Graut dengan FAS Optimum

Compression and Tension Strength of Mortar as Graut with Optimum W/C Ratio

Prasetyo Muhammad ^{a.1*}, Djoko Priambodo ^{b.2}
^{a,b.} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia
^{1*} prasyomuhammad@gmail.com, ² djokopriambodo@gmail.com

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

Grout works as a binding agents of wall construction, paste parts on precast concrete, a filler on concrete or crack also sealing a concrete join. The purpose of this study is knowing optimum concrete grout composition. Grout strength hopefully can fulfill compression and tension strength needed, fulfill slashyness requirements, no bleeding and no segregation. Research began with preliminary test of mortar composition characteristics. Most of fine aggregate composition using sand with slightly fine sand gradation. The mortar slashyness test using mortar flow and funnel test that flow time of mortar used as slashyness rate. Next tests are compression and tension test of mortars. The variation of mortars composition are using cement : sand ratio in the amount of 1:0,5; 1:1; 1:1,5 and 1:2. The result from each mix with optimum W/C Ratio for the compression strength test in the amount of 1:0,5; 1:1; 1:1,5 and 1:2 consecutively are 45,518 MPa; 37,875 MPa; 34,673 and 28,202 MPa. For the tension strength test are 3,054 MPa; 3,314 MPa; 3,498 Mpa and 1,791 MPa.

Keywords: grout, compression strength, tension strength, flow time

ABSTRAK

Graut berfungsi sebagai bahan pengikat pada bagian penyusun suatu konstruksi dinding, merekatkan bagian-bagian pada beton pracetak, sebagai bahan pengisi rongga pada beton maupun pada retakan serta menutup sambungan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih lanjut tentang komposisi graut yang optimum. Kekuatan graut diharapkan dengan kuat tekan dan kuat tarik yang diinginkan, sesuai dengan syarat kelecakan, tidak mengalami bleeding dan tidak mengalami segregasi. Penelitian ini diawali dengan pengujian pendahuluan mengenai sifat - sifat bahan campuran benda uji mortar. Pada penelitian kali ini agregat halus menggunakan bahan dari pasir dengan batasan gradasi pasir agak halus. Pengujian kelecakan mortar menggunakan metode corong alir dengan waktu alir sebagai dasar tingkat kelecakan. Tahap pengujian selanjutnya adalah pengujian kuat tekan dan kuat tarik mortar. Variasi komposisi mortar menggunakan perbandingan volume semen : pasir sebesar 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2. Dari hasil penelitian pada masing-masing variasi campuran dengan menggunakan nilai f.a.s optimum

didapatkan nilai kuat tekan mortar perbandingan 1:0,5 ;1:1; 1:1,5 dan 1:2 berturut - turut 45,518 MPa; 37,875 MPa; 34,673 dan 28,202 MPa. Untuk nilai kuat tarik sebesar 3,054 MPa; 3,314 MPa; 3,498 Mpa dan 1,791 Mpa

Kata Kunci : Graut, kuat tekan, kuat tarik, waktu alir

A. Pendahuluan

Graut berfungsi sebagai bahan pengikat pada bagian penyusun suatu konstruksi dinding, merekatkan bagian-bagian pada beton pracetak, sebagai bahan pengisi rongga pada beton praletak maupun pada retakan serta menutup sambungan. Pengujian kekentalan graut dalam penelitian ini digunakan metode corong alir (*flow cone method*) dimana penentuan kekentalan graut didasarkan pada waktu alir graut melewati corong alir. Dalam ASTM 939 (SNI 03-6808-2002) disebutkan waktu alir graut melewati corong alir tidak lebih dari 35 detik.

Dalam pengujian kualitas graut, tidak hanya kekentalan graut yang diuji, tetapi termasuk pengujian kualitas kuat tekan dan kuat tarik graut. SNI 03-6825-2002 digunakan sebagai standar untuk pengujian kualitas kuat tekan dan tarik dalam pengujian graut ini. Serupa dengan beton, kuat tekan dan kuat tarik graut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor air semen dan kepadatan, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan juga usia graut. Tujuan diadakannya penelitian ini adalah: (1) Mengetahui waktu alir optimum graut dengan berbagai campuran, (2) Mengetahui komposisi campuran optimum graut, (3) Mengetahui nilai kuat tekan mortar graut dengan berbagai campuran pada umur 7 hari dan 28 hari; dan (4) Mengetahui nilai kuat tarik mortar graut dengan berbagai campuran.

Graut merupakan campuran air, semen, dan bahan tambah lainnya atau bahan kimia lain yang dapat mengeras. Selain itu, *concrete grout* dapat berupa bahan cair yang memadat setelah diaplikasikan. *Grouting* merupakan proses pengisian material pada celah permukaan (rongga) dan/atau retakanbeton. Tujuannya untuk menghentikan infiltrasi, menstabilkan rongga atau void dan mengisi celah.

Concrete grout memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut: (1) Mudah mengalir, tingkat kemudahan pengerjaan tinggi; (2) Minimum bleeding dan segregasi; (3) Tidak menyusut; (4) Memiliki kekuatan yang memadai setelah mengeras; (5) Tahan lama; (6) Laju pengerasan cepat; dan (7) Self leveling. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam memilih *concrete graut* diantaranya sebagai berikut; (1) Kemudahan akses ke lokasi grouting; (2) Kemampuan bahan grouting untuk menembus celah-celah; (3) Penentuan

setting time yang memungkinkan bahan grouting mengalir dan mengisi rongga-rongga; dan (5) Kondisi lingkungan di lokasi *grouting* seperti kelembaban udara dan temperatur.

Menurut Tjokrodinuljo (2007), yang disebut dengan agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolik atau adukan. Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay* (SK SNI T-15-1991-03). Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standard analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*) dimana agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm).

Gradasi agregat ialah distribusi dari ukuran agregat. Pada penelitian ini digunakan agregat halus gradasi agak halus yang merupakan studi kasus dari penelitian mortar graut ini. Modulus kehalusan butir (*fineness modulus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus kehalusan butir (FM) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan nomor 100 (150 μ m) dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,5 - 3,8 (SNI 0-175 -1990).

Kandungan air yang ada pada suatu agregat (di lapangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran mortar, dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Kebutuhan air pada adukan mortar, biasanya agregat dianggap dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga jika keadaan di lapangan kering udara maka dalam adukan mortar akan menyerap air, namun jika agregat dalam keadaan basah maka akan menambah air. Sebagai standar dalam perhitungan dipakai SSD, karena keadaan kebasahan agregat SSD hampir sama dengan agregat dalam mortar, sehingga agregat tidak menambah atau mengurangi air dari pasta selain itu kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD daripada kering tungku. Persyaratan mengenai agregat halus didasarkan pada SNI-03-6861.1-2002 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam) yang mensyaratkan

agregat sebagai bahan untuk pembuat beton harus memenuhi SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat - silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu (SK SNI S-04-1989-F). Semen termasuk bahan aktif dalam pembuatan campuran beton dan bersama dengan air bereaksi yang kemudian disebut sebagai perekat (lem). Fungsi semen adalah untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen juga berfungsi sebagai bahan pengisi rongga-rongga yang terbentuk di antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira sebanyak 10 persen saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat aktif dan mempunyai harga yang relatif mahal daripada bahan dasar beton lainnya, maka perlu diperhatikan secara baik.

Faktor air semen (f.a.s) adalah perbandingan antara berat air dibandingkan dengan berat semen. Faktor air semen merupakan salah satu faktor penting didalam pembuatan beton atau mortar. Jika suatu beton atau mortar memiliki f.a.s tinggi, maka akan menghasilkan campuran beton yang encer, efeknya adalah kekuatan beton dapat berkurang karena artinya volume semen sebagai bahan pengikat kurang. Hal yang sebaliknya, jika campuran beton memiliki f.a.s yang tinggi maka campuran beton tidak dapat teraduk sempurna. Oleh karena itu f.a.s menjadi krusial dalam pembuatan campuran beton dan harus dicari kadar f.a.s optimumnya dalam setiap melakukan pencampuran beton.

B. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan pengumpulan referensi yang diperlukan untuk menambah referensi tentang penelitian dan peraturan yang terkait dengan perencanaan dan pelaksanaan mortar graut sebagai bahan graut. Persiapan alat dan bahan uji dalam penelitian mencakup persiapan alat untuk uji pendahuluan maupun alat pada saat proses pengolahan bahan uji. Bahan yang dipersiapkan meliputi pasir (gradasi agak halus), semen, dan air. Kalibrasi dalam penelitian ini adalah kalibrasi pada corong alir sebagai alat ukur kelecakan mortar. Kalibraasi dilakukan agar alat yang digunakan sudah sesuai dengan standar ASTM C939 dan SNI 03-6808-2002. Kalibrasi meliputi:

- (1) Corong alir harus diletakkan tegak vertical secara mantap sedemikian hingga bebas dari getaran. Tutup pipa pengeluaran dengan ujung jari atau penutup lainnya.

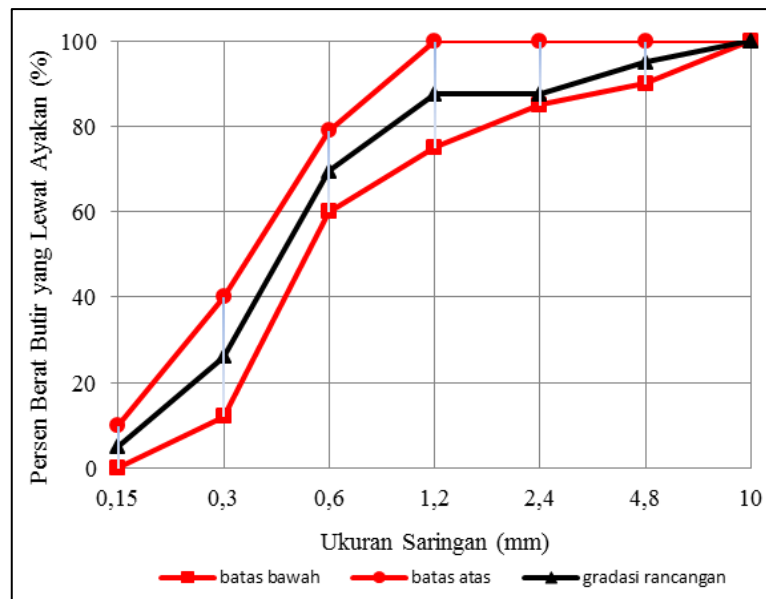
Dimasukkan air sebanyak 1.725 ml sebagai standar volume. Kemudian ujung alat pengukur ketinggian diatur untuk menentukan kerataan permukaan air yang diinginkan

- (2) Secara berkala, sebelum menggunakan corong alir untuk menguji kelecakan mortar graut, diperiksa ketelitiannya dengan cara yang telah dijelaskan sebelumnya. Pengukuran waktu alir dimulai saat ujung jari atau penutup lain dilepas kemudian pengukuran dihentikan pada saat aliran air berhenti (aliran air tidak mengalami hambatan saat mengalir). Waktu yang ditunjukkan pengukur waktu itu merupakan waktu alir air. Batas waktu alir adalah $(8,0 \pm 0,2)$ detik, maka corong alir dapat digunakan untuk menentukan waktu alir graut

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi dalam hal gradasi agregat halus (pasir). Pada penelitian ini gradasi agregat halus ditentukan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan masing - masing gradasi agregat halus memiliki standar tersendiri dalam penerapannya di lapangan. Pada kasus penelitian ini gradasi yang digunakan terbatas pada gradasi agregat halus agak halus sehingga perancangan yang dilakukan sesuai dengan batas - batas persentase yang disyaratkan pada gradasi agregat halus agak halus seperti dapat dilihat pada Tabel 1 atau dengan menggunakan Gambar 1.

Tabel 1 Batas - Batas Gradasi Agregat Halus Agak Halus

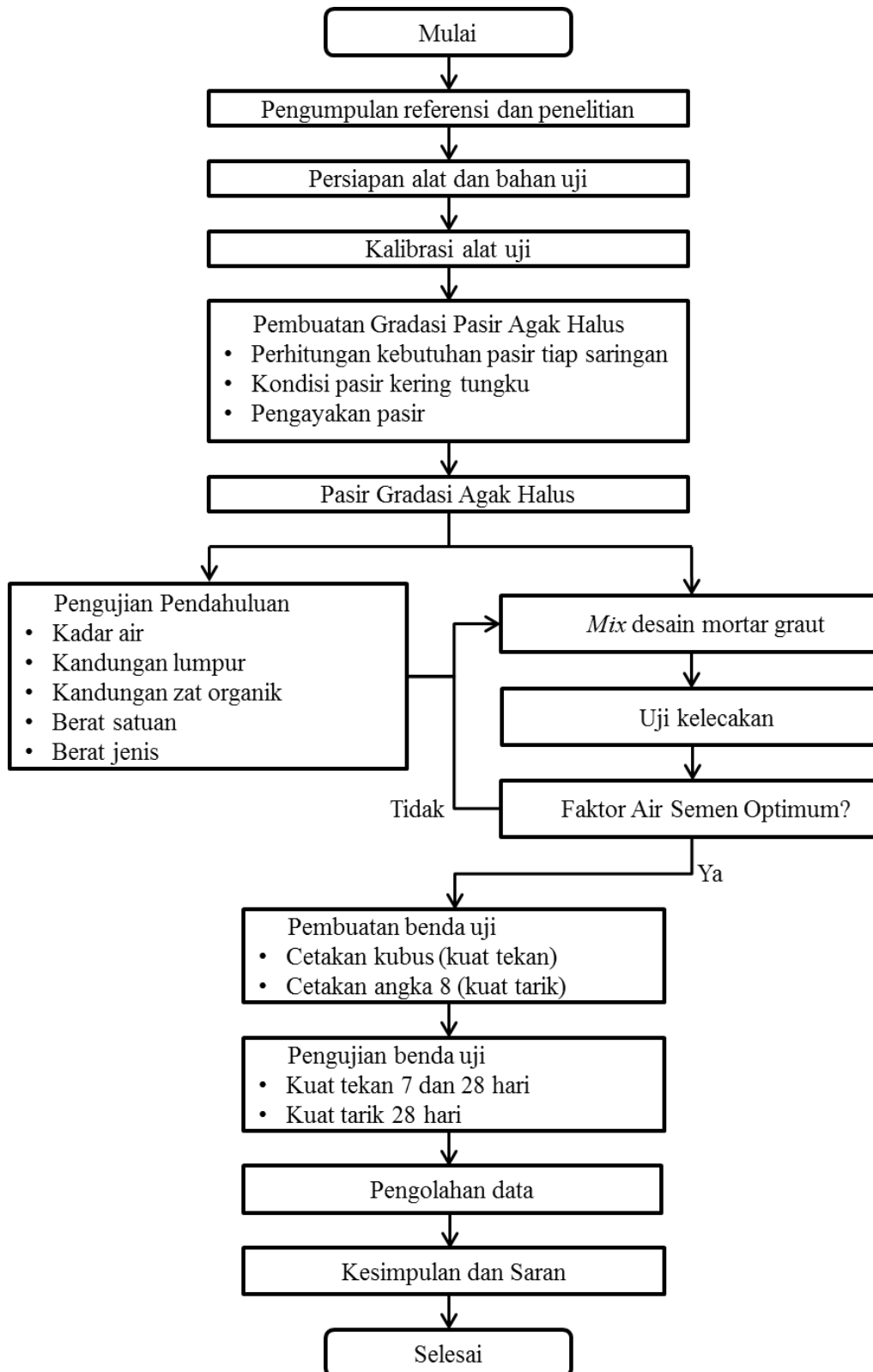
Lubang (mm)	Berat Pasir Gradasi Agak Halus yang Lewat Ayakan	
	Batasan Berat (%)	Nilai Tengah (%)
10	100	100
4.8	90 - 100	95
2.4	85 - 100	87,5
1.2	75 - 100	87,5
0.6	60 - 79	69,5
0.3	12 - 40	26
0.15	0 - 10	5



Gambar 1 Batasan dan Rancangan Gradasi Agregat Halus Agak Halus.

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui apakah bahan yang akan digunakan sebagai campuran dalam pembuatan benda uji sesuai dengan standar persyaratan. Pengujian pendahuluan yang dilakukan adalah pemeriksaan kadar air, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan zat organik dalam pasir, pemeriksaan berat satuan, dan pemeriksaan berat jenis. Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian mortar graut. Yang perlu diperhatikan dalam pengujian ini salah satunya adalah faktor air semen (f.a.s) agar kelecakan atau dalam hal ini waktu alir mendekati waktu persyaratan yaitu 35 detik dan apabila lebih lambat atau terlalu cepat dibuat benda uji baru dengan nilai f.a.s lebih tinggi atau diturunkan sesuai kebutuhan. Mortar graut hasil pengujian waktu alir kemudian dibentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm dan berbentuk angka delapan untuk diuji kuat tekan dan kuat tarik mortar.

Prosedur pelaksanaan penelitian dari pengujian pendahuluan, perancangan gradasi pasir, pembuatan benda uji dan uji kelecakan, serta pengujian kuat tekan dan kuat tarik benda uji, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Metodologi Penelitian

C. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan kebutuhan *mix* desain mortar didasarkan pada data uji pendahuluan yang telah dilakukan pada bahan uji pasir serta data standar dari semen dan air. Hasil perhitungan kebutuhan berat awal *mix* desain mortar dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2 Berat awal bahan uji perbandingan volume dan f.a.s per m³

Semen : Pasir (Volume)	Faktor Air Semen	WSa (kg)	WPa (kg)	WAa (kg)	Fk
1 : 0,5	0,5	833,333	549,667	416,667	0,883
1 : 1	0,55	625,000	824,500	343,750	0,844
1 : 1,5	0,65	500,000	989,400	325,000	0,846
1 : 2	0,7	416,667	1.099,333	291,667	0,827

Dari hasil di atas kemudian didapatkan kebutuhan masing - masing bahan uji yang telah terkoreksi antara perbandingan volume dan faktor air semennya sehingga jumlah total dari ketiga bahan uji menjadi 1m³. Dari hasil perhitungan dengan faktor koreksi didapatkan berat masing - masing bahan, kemudian didapatkan total berat masing - masing campuran. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Kebutuhan bahan uji per m³ (terkoreksi)

Semen : Pasir (Volume)	Faktor Air Semen	WS (kg)	WP (kg)	WA (kg)	Total campuran (kg)
1 : 0,5	0,5	944,196	622,792	472,098	2.039,086
1 : 1	0,55	740,333	976,647	407,183	2.124,162
1 : 1,5	0,65	590,882	1.169,237	384,073	2.144,192
1 : 2	0,7	504,025	1.329,820	352,818	2.186,663

Dari hasil Tabel 3 selanjutnya diperhitungkan kebutuhan masing - masing bahan yang akan digunakan dalam campuran agar masing - masing campuran mencapai volume lebih dari 2.000 ml meskipun pada uji kelecakan hanya dibutuhkan 1.725 ml karena disesuaikan dengan kebutuhan mortar graut yang nantinya akan dicetak pada cetakan kubus maupun cetakan angka 8. Dari hasil perhitungan yang dilakukan untuk mencapai volume tersebut maka didapatkan berat dari masing - masing bahan seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Komposisi masing - masing campuran

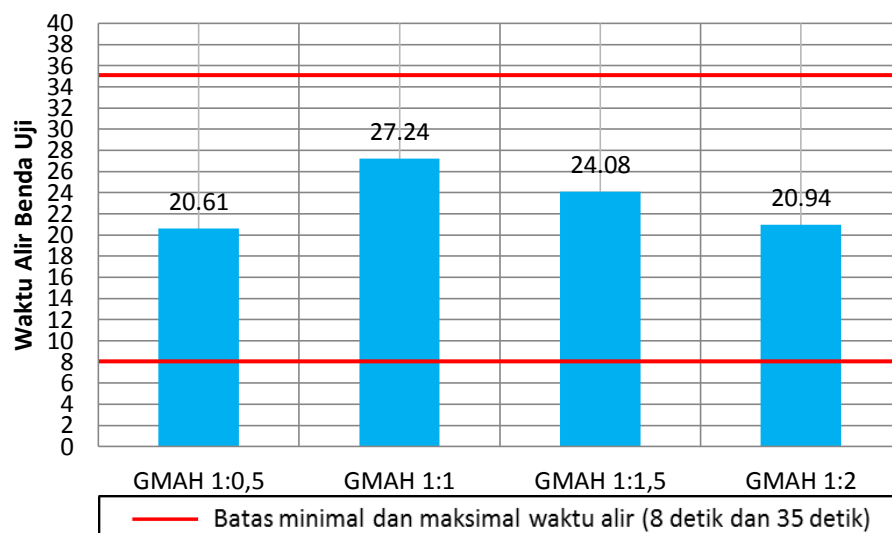
Semen : Pasir (Volume)	Faktor Air Semen	Kebutuhan per 2000ml (kg)		
		Semen	Pasir	Air

1 : 0,5	0,5	1,888	1,246	0,944
1 : 1	0,55	1,481	1,953	0,814
1 : 1,5	0,65	1,182	2,339	0,768
1 : 2	0,7	1,001	2,660	0,706

Pada setiap campuran berdasar perbandingan volume semen dan pasir dibuat beberapa sampel, yang membedakan pada setiap sampel adalah faktor air semen yang digunakan agar dicapai waktu optimum seperti yang telah dijelaskan di depan. Sehingga pada masing - masing campuran memiliki nilai f.a.s tertentu yang menghasilkan waktu paling optimum dibanding nilai f.a.s yang lain yang melebihi 35 detik, terlalu cepat, ataupun tidak dapat mengalir. Lamanya waktu alir dari masing - masing perbandingan volume dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Waktu Alir Mortar Graut

No.	Semen : Pasir (Volume)	Kode Benda Uji	Waktu Alir (detik)
1	1 : 0,5	GMAH 1:0,5	20,61
2	1 : 1	GMAH 1:1	27,24
3	1 : 1,5	GMAH 1:1,5	24,08
4	1 : 2	GMAH 1:2	20,94



Gambar 3 Waktu Alir Graut Mortar Agak Halus

Waktu alir setiap perbandingan sesuai dengan persyaratan waktu alir mortar sebagai bahan graut yaitu lebih dari 8 detik dan kurang dari 35 detik, waktu alir optimum diperoleh dari perbandingan 1:1. Pada perbandingan lain waktu alir optimumnya semakin naik sesuai dengan penambahan perbandingan pasir, namun terjadi penurunan waktu alir optimum

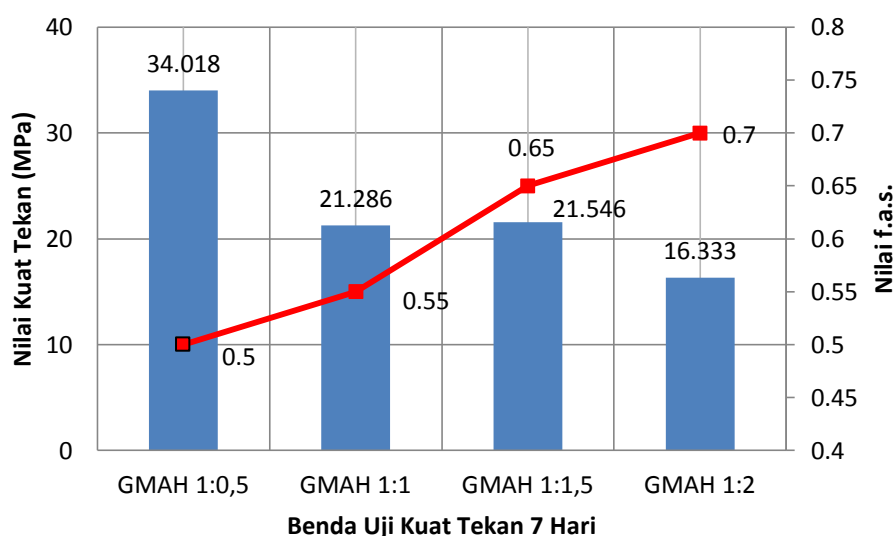
pada perbandingan 1:2 dikarenakan semakin meningkatnya air yang menyebabkan aliran semakin cepat sehingga terjadi penurunan pada waktu alir optimumnya.

Uji kuat tekan dilakukan setelah didapatkan dimensi serta berat benda uji karena nantinya akan sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekannya. Uji kuat tekan mortar graut pada masing - masing campuran dilakukan saat umur mortar graut 7 hari dan 28 hari. Masing - masing campuran mortar graut menggunakan 4 benda uji untuk setiap umur pengujian yang kemudian didapatkan nilai kuat tekan reratanya.

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar graut yang dilakukan pada benda uji mortar graut umur 7 hari perbandingan semen dan pasir 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2 dengan nilai f.a.s optimum didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 berikut, sementara untuk hasil pengujian kuat tekan mortar graut yang dilakukan pada benda uji mortar graut umur 28 hari ditampilkan pada Tabel 7. Pada Gambar 4 dan Gambar 5 ditampilkan perbandingan nilai kuat tekan dari keempat campuran untuk umur 7 dan 28 hari dalam bentuk *chart* sehingga terlihat jelas perbedaan nilai kuat tekannya

Tabel 6 Nilai Kuat Tekan Mortar Graut Umur 7 Hari

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
1	GMAH 1:0,5	34,018	FAS 0,5
2	GMAH 1:1	21,286	FAS 0,55
3	GMAH 1:1,5	21.546	FAS 0,65
4	GMAH 1:2	16,333	FAS 0,7



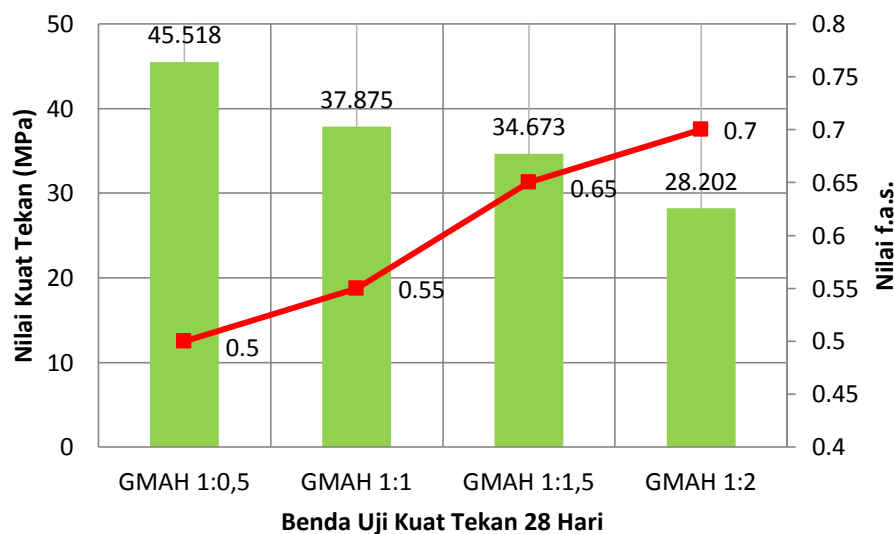
Gambar 4 Nilai Kuat Tekan Mortar Graut Umur 7 hari

Dari Tabel 6 terlihat penurunan nilai kuat tekan dari GMAH 1:0,5 hingga GMAH 1:2 meskipun terjadi kenaikan nilai kuat tekan pada benda uji GMAH 1:1,5 namun tidak terlalu signifikan, hal ini terkait dengan peningkatan nilai f.a.s yang harus digunakan untuk mendapatkan waktu alir yang optimum sehingga mengakibatkan turunnya nilai kuat tekan campuran ini.

Dari data pengujian didapat nilai kuat tekan paling tinggi adalah pada GMAH 1:0,5 sebesar 34,018 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah yaitu GMAH 1:2 sebesar 16,333 MPa.

Tabel 7 Nilai Kuat Tekan Mortar Graut Umur 28 Hari

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
1	GMAH 1:0,5	45,518	FAS 0,5
2	GMAH 1:1	37,875	FAS 0,55
3	GMAH 1:1,5	34,673	FAS 0,65
4	GMAH 1:2	28,202	FAS 0,7



Gambar 5 Nilai Kuat Tekan Mortar Graut Umur 28 hari

Dari Tabel 7 di atas, terlihat penurunan nilai kuat tekan dari GMAH 1:0,5 hingga GMAH 1:2, hal ini terkait dengan peningkatan nilai f.a.s yang harus digunakan untuk mendapatkan waktu alir yang optimum sehingga mengakibatkan turunnya nilai kuat tekan campuran ini.

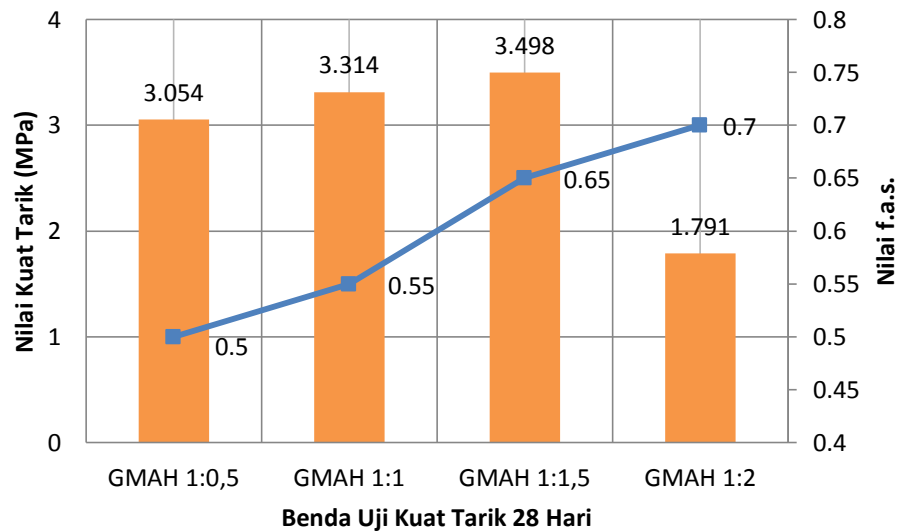
Dari data pengujian didapat nilai kuat tekan paling tinggi adalah pada GMAH 1:0,5 sebesar 45,518 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah yaitu GMAH 1:2 sebesar 28,202 MPa.

Terjadinya penurunan nilai kuat tekan dikarenakan semakin bertambahnya penggunaan air pada campuran, sehingga pada proses pengeringan, air yang tidak keluar pada saat *bleeding* menguap dan berakibat terjadinya rongga pada mortar. Rongga tersebut menyebabkan mortar menjadi tidak padat dan berakibat menurunnya nilai kuat tekan. Uji kuat tarik dilakukan setelah didapatkan dimensi serta berat benda uji karena nantinya akan sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tariknya. Uji kuat tarik mortar graut pada masing - masing campuran dilakukan saat umur mortar graut 28 hari. Masing - masing campuran mortar graut menggunakan 4 benda uji untuk setiap umur pengujian, yang kemudian didapatkan nilai kuat tarik rerata masing – masing campuran.

Dari hasil pengujian kuat tarik mortar graut yang dilakukan pada benda uji mortar graut umur 28 hari perbandingan semen dan pasir 1:0,5; 1:1; 1:1,5 dan 1:2 dengan nilai f.a.s optimum didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 8**. Pada **Gambar 6** ditampilkan perbandingan nilai kuat tarik dari keempat campuran untuk umur 28 hari dalam bentuk *chart* sehingga terlihat jelas perbedaan nilai kuat tekannya.

Tabel 8 Nilai Kuat Tarik Mortar Graut Umur 28 Hari

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tarik	Keterangan
		(MPa)	
1	GMAH 1:0,5	3,054	FAS 0,5
2	GMAH 1:1	3,314	FAS 0,55
3	GMAH 1:1,5	3,498	FAS 0,65
4	GMAH 1:2	1,791	FAS 0,7



Gambar 6 Nilai Kuat Tarik Mortar Graut Umur 28 hari

Dari **Tabel 8** di atas, terlihat peningkatan nilai kuat tarik dari GMAH 1:0,5 sebesar 3,054 MPa hingga GMAH 1:1,5 sebesar 3,498 MPa, hal ini terkait dengan meningkatnya perbandingan volume semen dengan pasir yang mengakibatkan penggunaan agregat halus semakin banyak. Akan tetapi terjadi penurunan nilai kuat tekan pada GMAH 1:2 menjadi hanya 1,791 MPa, hal ini sama seperti pada pengujian kuat tekan yaitu terjadi penurunan akibat meningkatnya nilai f.a.s meskipun perbandingan volume yang digunakan menjadikan jumlah agregat halus semakin banyak dibanding semen.

D. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian waktu alir, kuat tekan, dan kuat tarik mortar sebagai bahan graut dengan berbagai perbandingan volume semen : pasir (1:0,5; 1:1; 1:1,5; 1:2) dengan masing - masing campuran menggunakan nilai fas optimum didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- (1) Waktu alir paling optimum (mendekati 35 detik) dicapai pada perbandingan semen : pasir 1:1 (GMAH 1:1) dengan nilai f.a.s 0,55 dengan lama waktu alir sebesar 27,24 detik.
- (2) Terjadinya penurunan nilai kuat tekan dikarenakan semakin bertambahnya penggunaan air pada campuran, sehingga pada proses pengeringan, air yang tidak keluar pada saat bleeding menguap dan berakibat terjadinya rongga pada mortar. Rongga tersebut menyebabkan mortar menjadi tidak padat dan berakibat menurunnya nilai kuat tekan.

Nilai kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari paling tinggi adalah GMAH 1:0,5; yaitu 34,018 MPa dan 45,518 MPa.

- (3) Nilai kuat tarik sama dengan nilai kuat tekannya, mengalami penurunan sesuai dengan bertambahnya nilai faktor air semen. Nilai kuat tarik paling tinggi pada umur 28 hari adalah GMH 1:1,5 sebesar 3,498 MPa.
- (4) Komposisi campuran graut optimum adalah campuran semen dan pasir dengan faktor air semen minimum, yaitu campuran 1 semen : 0,5 pasir dengan f.a.s. 0,5 dan kuat tekan 28 hari 45,518 MPa.

E. Daftar Pustaka

American Society of Testing and Materials International, C-939 *Standard Method Test for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)*, United States.

Badan Standarisasi Nasional, 1989, *SK Standar Nasional Indonesia 04-1989-F tentang Spesifikasi Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*, Jakarta.

_____, 2002, *Standar Nasional Indonesia 03-6808-2002 tentang metode pengujian kekentalan graut untuk beton agregat praletak (metode pengujian corong alir)*, Jakarta.

_____, 2002, *Standar Nasional Indonesia 03-6825-2002 tentang Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar*, Jakarta.

_____, 2002, *Standar Nasional Indonesia 03-6861.1-2002 tentang Spesifikasi Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Bandung.

Tjokrodinuljo, K., 2004, *Teknologi Bahan Konstruksi*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

_____, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.