

REDAKSI JURNAL TEKNIK SIPIL

ISSN 2088 - 9321

Penasehat:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Penanggung Jawab:

Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Pemimpin Redaksi:

Dr. Ir. Taufiq Saidi, M. Eng

Penyunting Pelaksana:

Gartika Setiya Nugraha, ST, M.Si

Nurul Malahayati, ST, M.Sc

Nafisah Al-Huda, ST. MT

Febriyanti Maulina. ST. MT

Noer Fadhly, ST, MT

Yus Yudhyantoro, ST. MT

Enny Irmawati Hasan

Penyunting ahli:

Dr. Azmeri, ST. MT

Prof. Dr. Ir. H. Munirwansyah, M.Sc

Dr. Ir. Alfiansyah Yulianur BC

Dr. Ella Meilianda, ST. M.Sc

Ir. Maimun Rizalihadi, M.Sc.Eng

Prof. Dr. Ir. H. Munirwansyah, M.Sc

Dr. Ir. Sofyan M. Saleh, M.Sc.Eng

Dr. Ir. M. Isya, MT

Dr. Ing. T. Budi Aulia, M. Ing

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng

Mitra Bebestari:

Dr. Ir. Tri Tjahjono M.Sc. (UI)

Prof.Dr.Ir Sobriyah, M.S (UNS)

Dr. Kusno Adi Sambowo S.T. (UNS)

Dr.Eng. Ir. Syafi'i. MT (UNS)

Dr. techn., Ir. Aswandy, MT (ITENAS)

Alamat Sekretariat/Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf No. 7

Darussalam, Banda Aceh 23111

Website: <https://sites.google.com/site/jurnaltekniksipil/>
e-mail: jurnaltekniksipil@yahoo.com, setiya@hotmail.com

Telp/fax: 0651-7555444

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teknik Sipil Unsyiah merupakan wadah bagi seluruh civitas akademika dibidang konstruksi dan lingkungan mengembangkan dan menginformasikan perkembangan teknologi dan pengetahuan.

Frekuensi terbit tiga kali setahun pada bulan September, Januari, dan Mei.

DAFTAR ISI

Peningkatan Kinerja Saluran Drainase Kota Langsa Berdasarkan Penataan Ruang <i>Alfiansyah Yulianur BC, Sugianto, Eka Mutia</i>	1 - 8
Pemodelan Fisik Bendungan Untuk Pengamatan Garis Freatis Berdasarkan Kemiringan Lereng Sebelah Hulu <i>Azmeri, Maimun Rizalihadi, Rima Vinanda</i>	9 - 16
Prediksi Lokasi Rawan Pembendungan Alami Pada Daerah Aliran Sungai Sebagai Mitigasi Bencana Banjir Bandang (Das Krueng Teungku-Kecamatan Seulimum-Aceh Besar-Provinsi Aceh) <i>Dirwan, Azmeri, Amir Fauzi</i>	17 - 26
Studi Kedalaman Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Simpang Surabaya Krueng Aceh, Banda Aceh <i>Eldina Fatimah</i>	27 - 36
Studi Perencanaan Dan Pengelolaan Bangunan Sarana Air Bersih Berbasis Partisipasi Masyarakat Di Desa Paya Beke <i>Ziana, Suhendrayatna, Mulyadi</i>	37 - 46
Hubungan Parameter Kuat Geser Langsung Dengan Indeks Plastisitas Tanah Desa Neuheun Aceh Besar <i>Marwan, Reza P. Munirwan, Devi Sundary</i>	47 - 56
Model Pemilihan Moda Angkutan Umum (Studi Kasus Rute Meulaboh – Banda Aceh) <i>Irfan, M. Isya, Renni Anggraini</i>	57 - 66
Analisis Stabilitas Beton Aspal AC-BC Didasarkan Dari Variasi Suhu Pencampuran Pada Kondisi Suhu Pemadatan Minimum Dengan Bahan Pengikat Aspal Retona Blend 55 <i>Nurlely, Fitrika Mita Suryani, Yuseva</i>	67 - 78
Pengaruh Distribusi Tulangan Geser Terhadap Kuat Geser Beton Ringan Busa Berserat Nylon Dengan Metode <i>Push - Off</i> <i>M. Ali Akoeb, Abdullah</i>	79 - 90
Pengaruh Variasi Penambahan Air Dan Semen Pada Suatu Perencanaan Campuran (<i>mix design</i>) Terhadap Susut Beton Dan Kuat Tarik Belah Beton (Suatu Penelitian Beton Dengan FAS 0,3, 0,4 Dan 0,5) <i>T. Budi Aulia, Mohammad Ali Akoeb</i>	91 - 102

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN AIR DAN SEMEN PADA SUATU PERENCANAAN CAMPURAN (*MIX DESIGN*) TERHADAP SUSUT BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON (SUATU PENELITIAN BETON DENGAN FAS 0,3, 0,4 DAN 0,5)

T. Budi Aulia¹, Mohammad Ali Akoeb²,

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, email: bdaulia@gmail.com

Abstract: Note that the addition of cement in mixing concrete will increase the strength of concrete when water is added only if the concrete strength will be decreased but increased workability of concrete. This study aims to determine the effect of the addition of water and cement for concrete and tensile strength of concrete. Test substance used for testing concrete and tensile strength decreased. Shopping concrete cylinder diameter is 15 cm; 30 cm high by 72. Cement Water Factor (FAS) used are 0.3, 0.4 and 0.5. In this research is the addition of water and cement 0%, 10%, 20% and 30% respectively for the FAS. Where for every percentage increase in water and cement made 6 test objects. Testing is done in the space sheltered by looking at the results of curtailment reading on the dial gauge test objects. Shop tensile strength testing done at 28 days, with an increase of 1 ton each. Stretching things a test read transducer tool mounted on the frame gauge connected to a data logger tool. The results showed that the decreased stretch of concrete increases with the increase in the percentage of water and cement penambahaan done, while for increased tensile strength of the concrete sides of the optimum place on the addition of water and cement by 20% for each of his FAS. The analysis of variance showed that there was significant influence between the percent increase in water and cement to the sides of the concrete tensile strength.

Keywords : Addition of water and cement, FAS, Shrinkage of concrete, split tensile strength of concrete.

Abstrak: Diketahui bahwa penambahan semen dalam campuran beton akan meningkatkan kekuatan beton sedangkan jika ditambahkan air saja kekuatan beton akan menurun tetapi workability beton meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan air dan semen terhadap susut beton dan kuat tarik belah beton. Benda uji yang digunakan untuk pengujian susut beton dan kuat tarik belah beton adalah silinder berdiameter 15 cm; tinggi 30 cm sebanyak 72 buah. Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan adalah 0,3, 0,4 dan 0,5. Pada penelitian ini dilakukan penambahan air dan semen 0%, 10%, 20% dan 30% untuk masing-masing nilai FAS. Dimana untuk setiap persentase penambahan air dan semen dibuat 6 buah benda uji. Pengujian susut dilakukan di ruangan yang terlindung dengan melihat hasil pembacaan pemendekkan benda uji pada *dial gauge*. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari, dengan mencatat besar penambahan setiap 1 ton. Peregangan benda uji dibaca dengan alat *transducer* yang dipasang pada *frame gauge* yang dihubungkan pada alat *data logger*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai regangan susut beton akan meningkat seiring peningkatan persentase penambahaan air dan semen yang dilakukan, sedangkan untuk peningkatan besar kuat tarik belah beton yang optimum terjadi pada penambahan air dan semen sebanyak 20% untuk tiap FAS nya. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata antara persentase penambahan air dan semen terhadap kuat tarik belah beton.

Kata kunci : Penambahan air dan semen, FAS, susut beton, kuat tarik belah beton.

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan berat air terhadap berat semen dalam suatu campuran beton segar. Menurut Sagel (1993 :

1), penambahan air dan semen dalam beton, akan merubah sifat beton tersebut. Dengan hanya ditambahkan air, FAS akan meningkat

dan kekuatan beton akan menurun sedangkan jika hanya ditambahkan semen, nilai FAS akan turun dan kekuatan beton meningkat. Berdasarkan hal tersebut, dirasa perlu untuk melakukan penelitian sehingga dapat diketahui pengaruh penambahan air dan semen dalam suatu FAS tertentu terhadap susut beton dan kuat tarik belah beton, serta mendapatkan komposisi penambahan yang optimal dengan membandingkannya terhadap beton yang tidak diberikan penambahan.

Didalam penelitian ini, dilakukan 3 tahap perencanaan campuran (*mix design*). Dimana, tahap pertama menggunakan FAS 0,3, tahap kedua 0,4, dan tahap ketiga 0,5. Setiap tahap dibagi kedalam empat kelompok. Kelompok pertama sebagai pembanding dengan tidak dilakukan penambahan (penambahan air dan semen 0%), kelompok kedua ditambahkan air dan semen sebanyak 10%, kelompok ketiga 20%, dan kelompok keempat 30%. Agar FAS tidak berubah maka dilakukan penambahan berdasarkan berat air dan semen dalam campuran. Untuk setiap *mix design* yang ditambahkan air dan semen, dilakukan pengurangan agregat sehingga berat beton tidak berubah. Pengadukan campuran menggunakan molen. Untuk setiap kelompok akan dibuat 6 buah benda uji, jumlah benda uji 24 buah untuk tiap tahap, sehingga total keseluruhan benda uji 72 buah. Benda uji direncanakan berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Setelah pengecoran benda uji, dilakukan perawatan dengan meletakkan benda uji pada ruang yang terlindung, dimana pengaruh cuaca tidak langsung diterima oleh benda uji. Pengujian pembebanan akan dilakukan pada umur 28 hari. Sedangkan untuk pengukuran

susut beton dilakukan sebanyak 3 buah benda uji untuk setiap tahapnya selama 28 hari.

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Faktor air-semen (FAS)

Faktor air-semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen.

$$FAS = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \quad (1)$$

Misalkan:

FAS = 0,5; bila digunakan semen 350 [kg/m³]

Jadi banyaknya air = 350 x 0,5 = 175 [l/m³].

Faktor air-semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air dibagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih berpengaruh dan akhirnya batuan-semen mencapai kepadatan tinggi (Sagel, 1993 : 138).

Mulyono (2005 : 51-53) menyatakan, air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton (*workability*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung (yang mengandung udara) setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton, oleh karena itu, perbandingan air dengan semen (faktor air-semen) menjadi penting.

Susut Beton

Salah satu sifat fisik beton muda adalah terjadinya susut yang penyebabnya ber-

macam-macam (Suhud,1997 : 65), salah satunya ialah apabila beton kehilangan kelembabannya karena penguapan maka beton akan menyusut. Susut pada beton ini tidak dapat dihilangkan, yang dapat dilakukan hanya mengurangnya. Menurut Murdock dan Brook (1999 : 89), jenis-jenis susut yang terjadi pada beton, yaitu :

1. Penyusutan awal beton ketika masih berada dalam keadaan cair atau plastis, akibat reduksi dari volume air dengan semen yang mencapai sekitar satu persen dari volume absolut semen kering akibat kehilangan air yang merembes melalui acuan dan hilang pada penguapan.
2. Penyusutan kering yaitu penyusutan lebih lanjut dari beton ketika mengeras dan menjadi kering.
3. Penyusutan karbonasi (*Carbonation Shrinkage*) yaitu penyusutan yang terjadi ketika beton terkena udara yang mengandung karbon dioksida. Proses karbonasi berlangsung perlahan dan biasanya menghasilkan penyusutan yang kecil.
4. Penyusutan mandiri (*Autogenous Shrinkage*) yaitu penyusutan yang sering terjadi pada beton dengan perbandingan FAS kecil (sekitar kurang dari 0,42). Semua air yang pada campuran beton dengan cepat ditarik ke dalam proses hidrasi dan permintaan air lebih banyak menciptakan kapiler yang sangat halus. Tegangan permukaan dalam kapiler menyebabkan penyusutan *autogenesis*.

Menurut Park dan Paulay (1975 : 132) Penyusutan beton dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon_{sh} = \epsilon_{shu} S_t S_h S_{th} S_s S_f S_e \quad (2)$$

Dengan koefisien – koefisien sebagai berikut:

- a. ϵ_{sh} = Regangan penyusutan ultimit

Nilai ϵ_{shu} didapat dalam range 0,000415 sampai dengan 0,00107, dengan nilai tengah 0,00080

- b. S_t = Koefisien regangan berdasarkan waktu
Pada waktu kapan saja setelah umur 7 hari

$$S_t = \frac{t}{35+t} \quad (3)$$

Dimana t = waktu dalam hari, mulai dari 7 hari ($S_t = 0.46, 0.72, 0.84, 0.91$ dan 0.98 untuk t = 1 bulan, 3 bulan, 1 tahun, dan 5 tahun berturut – turut.

- c. S_h = Koefisien kelembaban relatif

$$S_h = 1.4 - 0.01 H \text{ untuk } 40 < H < 80\%$$

$$S_h = 3.0 - 0.03 H \text{ untuk } 80 < H < 100\%$$

($S_h = 1.00, 0.80, 0.60, 0$, untuk 40, 60, 80, dan 100% kelengasan relatif)

- d. S_{th} = Koefisien ketebalan minimum dari benda uji

$$S_{th} = 1.00 \text{ untuk } 6 \text{ inci atau kurang dan } 0.84 \text{ untuk } 9 \text{ inci}$$

- e. S_s = Koefisien slump dari beton

$$S_s = 0.97 \text{ untuk } 2 \text{ inci, } 1.00 \text{ untuk } 2.7 \text{ inci, } 1.01 \text{ untuk } 3 \text{ inci, } 1.05 \text{ untuk } 4 \text{ inci dan } 1.09 \text{ untuk } 5 \text{ inci.}$$

- f. S_f = Koefisien kehalusan (jumlah agregat halus)

$$S_f = 0.86 \text{ untuk } 40 \%, 1.00 \text{ untuk } 50 \% \text{ dan } 1.04 \text{ untuk } 70 \% \text{ kehalusan berdasarkan berat.}$$

- g. S_e = Koefisien kandungan udara

$$S_e = 0.98 \text{ untuk } 4 \%, 1.00 \text{ untuk } 6 \% \text{ dan}$$

- 1.03 untuk 10 % udara
- h. S_c = Faktor kandungan semen
= 0.78 untuk 376 lb/yd³ , 0.95 untuk 564 lb/yd³ , 1 untuk 705 lb/yd³ dan 1,09 untuk 940 lb/yd³ (1 lb/yd³ = 0,593 kg/m³).

Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik beton adalah salah satu sifat dasar beton yang mempengaruhi pe-rambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Anonim (2002 : 8) menyatakan bahwa kuat tarik belah benda uji beton berbentuk silinder adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silin-der yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan.

Kuat tarik bahan beton juga ditentukan melalui pengujian *split cylinder* yang umum-nya memberikan hasil yang lebih baik dan mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Pengujian menggunakan benda uji silinder beton yang diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*, yang dihitung dengan rumus:

$$f_r = \frac{2.P}{f.L.D} \quad (4)$$

dimana:

f_r = kuat tarik belah (kg/cm²)

P = beban pada waktu belah (kg)
 L = panjang benda uji silinder (cm)
 D = diameter benda uji silinder (cm)

Menurut Anonim (2002) yang dikutip Magraini (2010 : 11), kuat tarik beton dapat diperoleh dengan 2 cara, yaitu :

1. Uji tarik langsung, yaitu dengan me-lakukan uji tarik pada silinder beton secara langsung. Namun pengujian ini sangat sukar dilakukan sehingga jarang digunakan untuk memperoleh kuat tarik beton; dan
2. Uji kuat tarik tak langsung, yang terdiri atas :
 - a. Uji belah silinder (*split cylinder test* atau *splitting test*), yaitu dengan cara melakukan uji tekan pada benda uji silinder standar, pada umur beton 28 hari yang diletakkan secara horizontal hingga benda uji terbelah sesuai dengan ketentuan ASTM C 496-96; dan
 - b. Uji kuat lentur/modulus runtuh (*modulus of rupture*), yaitu dengan menggunakan benda uji balok beton standar tanpa tulangan dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm sesuai dengan ASTM C78-90.

Regangan adalah besarnya perpanjangan atau perpendekan dibagi panjang mula – mula. Untuk menghitung regangan tarik beton digunakan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{\Delta l}{l} \quad (5)$$

dimana:

= regangan beton (mm/mm)
 l = perubahan panjang benda uji (mm)
 L = panjang benda uji sebelum pembebanan (mm)

Absorpsi beton

Menurut (Nugraha, 2007 : 268), kualitas beton baik untuk nilai absorpsi kurang dari 3%, rata-rata untuk 3-5% dan jelek di atas 5%.

Menurut (Murdock, 1999 : 23) beton mempunyai kecenderungan berisi rongga akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan. Hal ini penting, terutama untuk memperoleh campuran yang mudah untuk dikerjakan dengan menggunakan air yang berlebihan daripada yang dibutuhkan guna persenyawaan kimia dengan semen. Air ini menggunakan ruang, dan bila kemudian kering, meninggalkan rongga-rongga udara. Dapat ditambahkan bahwa selain air yang mengawali pemakaian ruangan dan kelak menjadi rongga, terjadi juga rongga-rongga udara langsung pada jumlah persentase yang kecil. Hal ini ialah, terdapatnya pengurangan volume absolut dari semen dan air setelah reaksi kimia dan terjadi pengeringan sedemikian rupa sehingga pasta semen yang sudah kering akan menempati volume yang lebih kecil dibandingkan dengan pasta yang masih basah, berapapun perbandingan air semen yang digunakan.

Pengujian absorpsi beton dengan menggunakan metode pengujian absorpsi beton ASTM D C.642 - 97 dengan Persamaan:

$$W = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100\% \quad (6)$$

di mana :

W = kadar pori beton (%);

Ws = berat beton jenuh air kering - permukaan (gr); dan

Wd = berat beton kering oven (gr).

Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Mulyono (2004 : 232) menyatakan, kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain:

a. Jumlah air pencampur;

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.

b. Kandungan semen;

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya akan lebih tinggi.

c. Gradasi campuran pasir-kerikil;

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

d. Bentuk butiran agregat kasar;

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

e. Butir maksimum;

Cara pemadatan dan alat pemadat.

Seleksi Data

Anonim (1979 : 39) menguraikan bahwa, mutu pelaksanaan suatu penelitian dapat dilihat dari penyebaran nilai-nilai hasil pemeriksaan. Baik tidaknya penyebaran yang diperoleh tersebut dapat dilihat dari simpangan baku (standar deviasi). Semakin kecil standar deviasi yang timbul, maka akan semakin baik pula mutu pelaksanaan penelitian. besarnya standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (8)$$

Keterangan :

S = standar deviasi (kg/cm²);
X_i = besarnya data ke-i (kg/cm²);
 \bar{X} = nilai rata-rata dari benda uji (kg/cm²); dan
n = jumlah benda uji.

Mulyono (2004 : 262) mengemukakan bahwa, standar deviasi adalah identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data. Menurut (troxell, 1968 : 401), cv adalah koefisien ragam sampel, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \% \quad (9)$$

Keterangan :

Cv = koefisien ragam sampel (%);
S = deviasi standar (kg/cm²);
 \bar{X} = data rata-rata (kg/cm²).

Klasifikasi mutu pelaksanaan untuk pekerjaan penelitian di laboratorium menurut (troxell, 1968 : 402) adalah:

- Cv ≤ 5% → sangat baik;
- 5% < Cv ≤ 7% → baik;
- 7% < Cv ≤ 10% → sedang; dan
- Cv > 10% → kurang baik.

Analisa varian

Menurut Hines dan Montgomery (1990 : 371), bahwa untuk menganalisa pengaruh suatu faktor terhadap dua model perlakuan bisa digunakan analisis varian klasifikasi dua arah. Untuk mendapatkan hubungan antara dua besaran dilakukan analisis regresi.

Untuk perhitungan analisa varian klasifikasi dua arah model efek tetap menurut Hines

dan Montgomery (1990 : 378).

Tabel 1. Analisa Varian Klasifikasi Dua Arah Model Efek Tetap

Sumber Varian	Jlh	Dera-jat	Rata-rata	F ₀
A Perla- kuan	SS _A	a - 1	MS _A = (SS _A / a - 1)	F ₀ = (MS _A / MS _E)
B Perla- kuan	SS _B	b - 1	MS _B = (SS _B / b - 1)	F ₀ = (MS _B / MS _E)
Interaks	SS _{AB}	(a - 1) (b - 1)	MS _{AB} = (SS _{AB} / (a - 1) (b - 1))	F ₀ = (MS _{AB} / MS _E)
Error	SS _E	Ab (n - 1)	MS _E = (SS _E / (a b) (n - 1))	-
Total	SS _T	abn - 1	-	-

METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengisi beton segar ke dalam cetakan silinder secara bertahap dalam 3 lapisan dan kira-kira tiap lapisan mempunyai volume yang sama. Selanjutnya setiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan tongkat pemadatan sebanyak 25 kali tusukan dan kemudian sekeliling dinding cetakan diberi ketukan palu karet agar mortar menjadi lebih padat. Cetakan dibuka setelah benda uji berumur 1 × 24 jam setelah pengecoran dan masing-masing benda uji diberi nomor/kode sesuai dengan yang direncanakan.

Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji di dalam bak perendaman sampai dengan umur pengujian (28 hari). Perawatan ini dilakukan untuk menjaga proses hidrasi pada umur-umur awal beton. 1x24 jam sebelum di uji, benda uji terlebih dahulu dikeluarkan dari bak perendaman.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Berdasarkan Penambahan Air dan Semen Pada Masing-masing FAS Untuk Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 hari

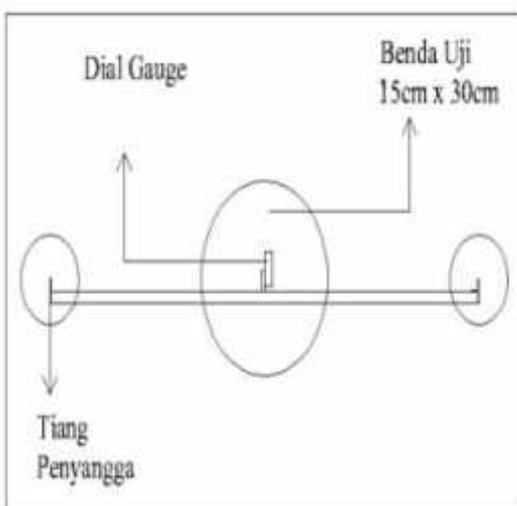
Benda Uji Silinder dengan Agregat Maksimum 25,4 mm						
No	FAS	Penambahan Air dan Semen (%)				Jumlah
		0	10	20	30	
1	0,3	M114-M116	M214-M216	M314-M316	M414-M416	12
2	0,4	M134-M136	M234-M236	M334-M336	M434-M436	12
3	0,5	M154-M156	M254-M256	M354-M356	M454-M456	12
Jumlah Benda Uji						36

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Berdasarkan Penambahan Air dan Semen Pada Masing-masing F.A.S untuk Pengukuran Susut Beton

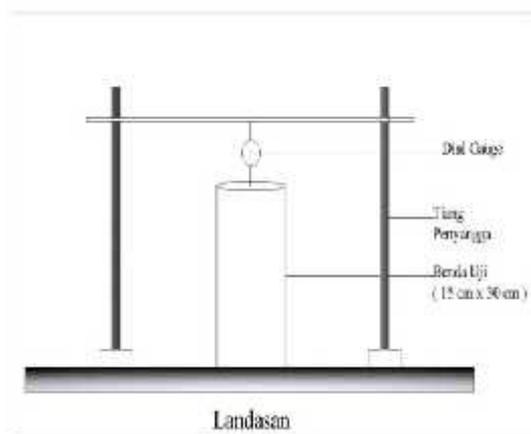
Benda Uji Silinder dengan Agregat Maksimum 25,4 mm						
No	FAS	Penambahan Air dan Semen (%)				Jumlah
		0	10	20	30	
1	0,3	M111-M113	M211-M213	M311-M313	M411-M413	12
2	0,4	M131-M133	M231-M233	M331-M333	M431-M433	12
3	0,5	M151-M153	M251-M253	M351-M353	M451-M453	12
Jumlah Benda Uji						36

Pengukuran Susut Beton

Benda uji silinder diletakkan di dalam ruangan atau lingkungan terlindung, kemudian dipasang dial gauge. Pengujian susut dilakukan dengan membaca jarum penunjuk pada dial gauge setiap hari pada waktu yang sama. Selanjutnya dilakukan pengukuran kelembaban udara menggunakan hygrometer dan pengukuran temperatur menggunakan thermometer. Gambar penempatan benda uji pada pengukuran susut beton dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Penempatan benda uji (tampak atas)



Gambar 2. Penempatan benda uji (tampak depan)

Pengujian kuat tarik belah beton

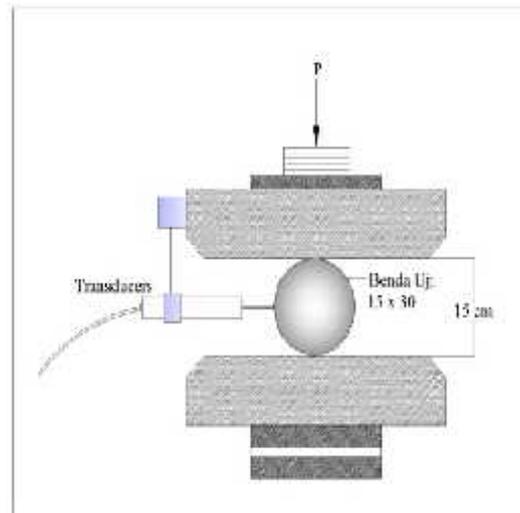
Uji belah silinder akan dilakukan untuk mengetahui kuat tarik belah beton yang dihasilkan. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan mesin pembebanan tekan (*compression loading machine*) merek Ton Industrie buatan Mannheim Jerman. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji ditimbang beratnya serta diukur diameter dan tingginya, kemudian sebuah *transducer* dipasang pada *frame gage* pada sisi lateral benda uji (kiri)

untuk diukur regangan tarik beton. Kemudian dilakukan pembacaan *deflection dial* dengan menggunakan *Portable Data Logger TDS – 302* buatan Jepang untuk memperoleh data regangan benda uji berdasarkan perpendekan *transducer*. Benda uji yang telah dipersiapkan ditempatkan di antara dua plat pembebanan. Benda uji tersebut diletakkan secara horizontal pada mesin uji pembebanan dengan sumbu silinder tegak lurus sumbu pembebanan. Pembebanan tekan dilakukan sampai benda uji terbelah sesuai dengan ASTM C 496 – 96. Pembacaan beban maksimum dilakukan pada saat turunnya angka pembebanan dan diikuti dengan terbelahnya benda uji. Beban yang me-nyebabkan benda uji terbelah merupakan data yang kemudian digunakan untuk memperoleh kuat tarik belah.

Pengujian absorpsi beton

Pengujian ini mencakup penentuan kerapatan, persentase penyerapan dan rongga dalam beton yang telah mengeras, pengujian berdasarkan acuan ASTM D C 642 – 97, *Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*.

Untuk pengujian absorpsi beton, benda uji balok terlebih dahulu di potong menjadi kubus 100 x 100 x 100 mm, sehingga didapat 3 buah kubus untuk masing-masing perlakuan. Kubus tersebut direndam selama 1x24 jam lalu ditimbang beratnya, setelah itu direndam kembali selama 1x24 jam dan ditimbang lagi beratnya, jika telah didapat berat yang sama dari berat pada perendaman pertama maka kubus di oven selama 1x24 jam pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tarik belah Beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Susut Beton

Pengujian susut dimulai pada saat beton berumur satu hari setelah cetakan dibuka. Pengujian susut dilakukan selama 28 hari. Pada saat berlangsung pengujian juga diperiksa suhu dan kelembaban udara dengan alat termometer dan *hygrometer*.

Pengukuran susut dilakukan setiap hari dengan membaca jarum penunjuk pada dial gauge pada waktu yang sama. Pada waktu pembacaan dial gauge, juga dilakukan pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara. Selanjutnya dilakukan perhitungan regangan susut ultimit (ϵ_{shu}). Perhitungan nilai rata-rata regangan susut ultimit beton untuk tiap nilai FAS dan persentase penambahan air dan semen diperlihatkan pada Tabel 4.

Perhitungan Tegangan-Regangan Beton

Data yang diperoleh dari pengujian kuat tarik belah beton, selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan-regangan beton untuk tiap benda uji sesuai dengan Persamaan 3 dan 4.

Hasil perhitungan kuat tarik belah benda

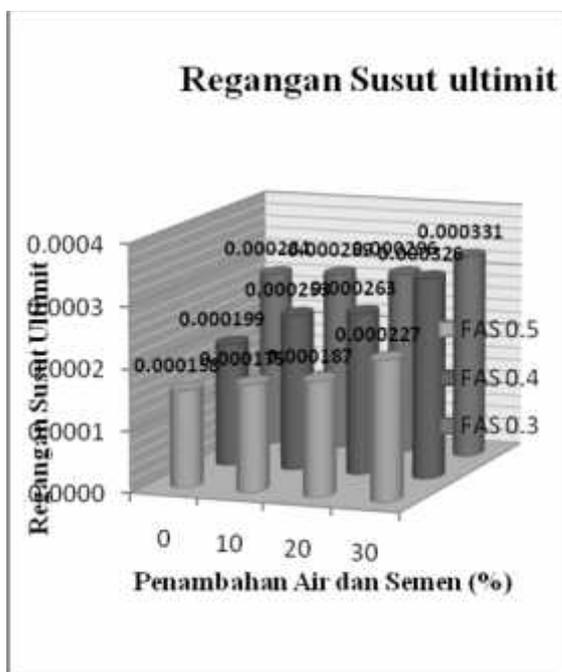
uji beton yang diperoleh untuk setiap persentase penambahan air dan semen serta umur benda uji diperlihatkan pada Tabel 5 dan 6.

Pengujian Absorpsi Beton

Pengukuran absorpsi beton rata-rata yang diperoleh untuk penambahan air dan semen diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 4. Data Nilai Rata-Rata Regangan Susut Ultimit Beton untuk Tiap Nilai FAS dan Persentase Penambahan Air dan Semen.

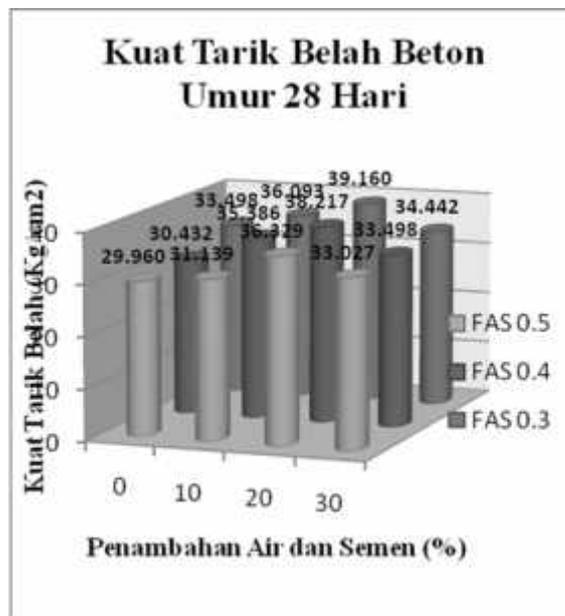
FAS	% Penambahan Air dan Semen	shu
0,3	0	0,000284
	10	0,000289
	20	0,000296
	30	0,000331
0,4	0	0,000199
	10	0,000253
	20	0,000263
	30	0,000326
0,5	0	0,000158
	10	0,000175
	20	0,000187
	30	0,000227



Gambar 4. Grafik Nilai Regangan Susut Ultimit untuk Masing-masing Nilai FAS dan Persentase Penambahan Air dan Semen

Tabel 5. Kuat Tarik Belah Rata-Rata Benda Uji Beton untuk Tiap Persentase Penambahan Air dan Semen

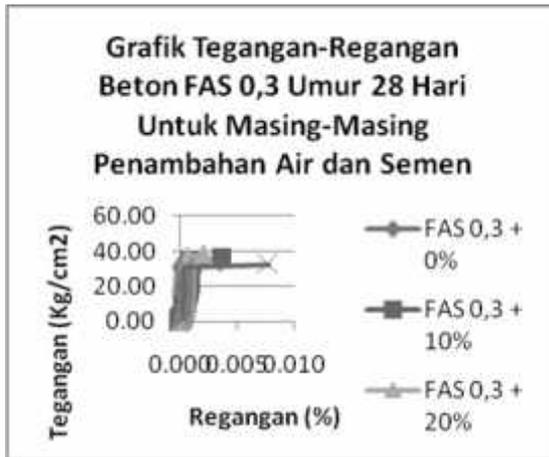
FAS	Umur	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (kg/cm ²) untuk Tiap Penambahan Air dan Semen			
		0%	10%	20%	30%
0,3	28 Hari	33,498	36,093	39,160	34,442
	0,4 Hari	30,432	35,386	38,217	33,498
0,5	28 Hari	29,960	31,139	36,329	33,027



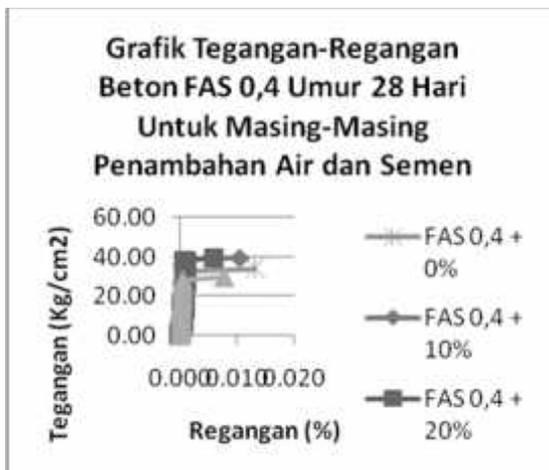
Gambar 5. Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Beton umur 28 hari untuk Masing-masing Nilai FAS dan Persentase Penambahan Air dan Semen

Tabel 6. Persentase Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari.

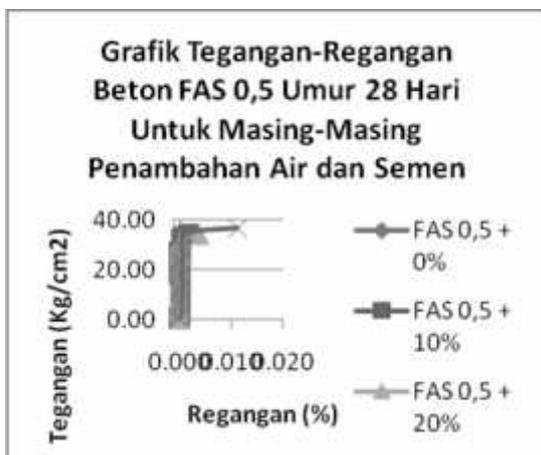
FAS	Umur	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (kg/cm ²) untuk Tiap Penambahan Air dan Semen			
		0%	10%	20%	30%
0,3	Kg/cm ²	33,498	36,093	39,160	34,442
	% peningkatan kuat tarik belah	0,000	7,746	16,901	2,817
0,4	Kg/cm ²	30,432	35,386	38,217	33,498
	% peningkatan kuat tarik belah	0,000	16,279	25,581	10,078
0,5	Kg/cm ²	29,960	31,139	36,329	33,027
	% peningkatan kuat tarik belah	0,000	3,937	3,937	-9,091



Gambar 6. Grafik Tegangan-Regangan Beton FAS 0,3 Umur 28 Hari Untuk Masing-Masing Penambahan Air dan Semen



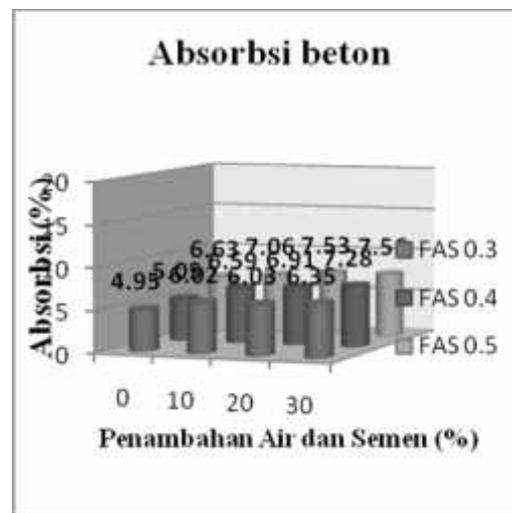
Gambar 7. Grafik Tegangan-Regangan Beton FAS 0,4 Umur 28 Hari Untuk Masing-Masing Penambahan Air dan Semen



Gambar 8. Grafik Tegangan-Regangan Beton FAS 0,3 Umur 28 Hari Untuk Masing-Masing Penambahan Air dan Semen

Tabel 7. Rata-rata Hasil Pengujian Absorpsi Beton

FAS	Umur	Absorpsi Beton Rata-rata Penambahan Air dan Semen (%)			
		0%	10%	20%	30%
0,3	W (%)	4.95	6.02	6.03	6.35
	% Peningkatan absorpsi	0.00	21.63	21.73	28.21
0,4	W (%)	5.05	6.59	6.91	7.28
	% Peningkatan absorpsi	0.00	30.55	36.90	44.16
0,5	W (%)	6.63	7.06	7.53	7.56
	% Peningkatan absorpsi	0.00	6.40	13.50	14.02



Gambar 8. Grafik Nilai Absorpsi Untuk Masing-Masing Penambahan Air dan Semen

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan air dan semen pada beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton serta meningkatkan susut beton.
2. Kuat tarik belah beton optimum terjadi pada penambahan 20% air dan semen untuk FAS 0,3 0,4 dan 0,5.
3. Semakin besar persentase penambahan air dan semen regangan susut ultimit beton

juga semakin besar.

4. Dengan dilakukan penambahan air dan semen, waktu pengikatan awal beton menjadi lebih lama dan nilai *slump* beton meningkat yang berarti workabilitas beton juga meningkat sehingga pengerjaan beton menjadi lebih mudah.
5. Semakin besar persentase penambahan air dan semen, nilai absorpsi beton menjadi semakin besar, menyebabkan nilai permeabilitas beton dapat meningkat. (lihat Tabel 7.)
6. Analisis varian yang dipilih adalah analisis varian klasifikasi dua arah. Berdasarkan analisis varian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata antara penambahan air dan semen terhadap kuat tarik belah beton, dimana F_0 hitung lebih besar dari F_0 tabel.

Hasil analisis varian pengaruh penambahan air dan semen terhadap kuat tekan beton adalah:

Beton umur 7 hari,

$$F_0 \text{ hitung} = 8,006 > F_{0,05;3;24} = 3,01;$$

Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna secara umum dalam ilmu tentang bahan bangunan dan khususnya dalam bidang teknologi beton serta dapat diterapkan secara praktis di lapangan dan penelitian diharapkan dapat diteliti lebih lanjut dengan memvariasikan penambahan air dan semen, dimana persentase penambahan air lebih sedikit dibandingkan dengan penambahan semen, atau dengan memvariasikan diameter agregat maksimum yang direncanakan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan. Terima kasih kepada Darmawan, para laboran, Nesri, Anwar, Rizwan dan Razali atas bantuan dalam pelaksanaan di Laboratorium.

KEPUSTAKAAN

- Anonim, 1979, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI-2), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Cetakan ketujuh, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Anonim, 1997, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91), American Concrete Institute.
- Anonim, 2002, Metode, Spesifikasi dan Tata Cara, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
- Anonim, 2004, Annual Book of ASTM Standard 2004, Section 4, Volume 04.02, Concrete and Aggregates, International Standards-Worldwide.
- Anonim, 2006, Buku Panduan Penulisan Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Dipohusodo, I., 1994, Struktur Beton

- Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hines, W.W dan Montgomery, D.C, 1990, Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen, Terjemahan Rudiensyah dan A. H. Manurung, Edisi II, Penerbit UI. Press.
- Magraini, F, 2010, Pengaruh Persentase Jumlah Agregat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah Beton, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Mulyono, T., 2004, Teknologi Beton, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brooks, K. M., 1991, Bahan dan Praktek Beton, terjemahan Hindarko, S., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nugraha, Paul, dan Antoni, 2007, Teknologi Beton (Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi), Penerbit ANDI
- Orchard, A.M., 1979, Concrete Technology Properties of Material, Applied Science Publishers Limited, London.
- Park, R And Paulay, T., 1975, Reinforce Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.
- Sagel, R. et al, Pedoman Pengerjaan Beton, Seri Beton 2, Erlangga, 1993.
- Suhut, H. R, 1997, Pengaruh Diskontinuitas Gradasi Butiran Terhadap Beberapa Sifat Beton, Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol. 4 No. 3
- Juli 1997.
- Troxel, 1968, Concrete Technology Properties of Material, London.