

PENGARUH PERAWATAN MORTAR YANG DIRENDAM DALAM AIR MENDIDIH TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKANNYA

Agus Salim¹⁾, Eko Darma²⁾, Elma Yulius³⁾

^{1,2,3)} Teknik Sipil Universitas Islam "45" Bekasi
Jl. Cut Meutia No. 83 Bekasi Telp. 021-88344436
Email: agussalim78@gmail.com

ABSTRAK

Perawatan beton diperlukan untuk mencegah terjadinya evaporasi berlebihan yang berdampak negatif terhadap beton. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap kuat tekan dari beton yang dirawat di dalam air mendidih selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam.

Penelitian ini menyangkut pengaruh perawatan beton dengan melakukan perendaman dalam air mendidih setelah beton selesai dicetak, sebagai alternatif metode perawatan untuk mempercepat pencapaian kuat tekan beton. Adapun penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji berukuran 5cm x 5cm x 5cm adukan mortar perbandingan standar SNI 03-6825-2002. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin tes tekan terhadap benda uji sampai benda uji runtuh (beban maksimal). Pengujian tekan dilakukan pada umur beton 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari untuk setiap variasi lama perendaman dalam air mendidih.

Terjadi peningkatan kuat tekan hingga 150% (19.33 Mpa) pada umur 1 hari dari beton yang direndam dalam air mendidih dibandingkan beton dengan perawatan standar (12.87 Mpa). Besarnya peningkatan kuat tekan tergantung dari lamanya perendaman dalam air mendidih. Semakin lama proses perendaman semakin tinggi kenaikan kuat tekannya pada umur 1 hari. Tetapi pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan hingga 10% (27.67 Mpa) dibandingkan perawatan standar (30.73 Mpa). Dimana semakin lama proses perendaman dalam air mendidih maka semakin besar penurunan kuat tekan terjadi, ini menunjukkan masih terjadi evaporasi berlebihan pada saat perawatan beton yang mempengaruhi proses hidrasi semen.

Kata kunci : Perawatan beton, perendaman, perkembangan kuat tekan beton

1. PENDAHULUAN

Kemajuan di bidang ilmu dan teknologi pada bidang konstruksi mengakibatkan kebutuhan pada bahan bangunan semakin meningkat. Baik secara kuantitas maupun kualitas yang tidak terlepas pula terhadap pertimbangan biayanya, dan dewasa ini yang menjadi primadona sebagai salah satu bahan utama untuk struktur bangunan adalah beton.

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang terdiri dari campuran dari agregat (halus dan kasar), air dan semen (sebagai pengikat) yang mempunyai persyaratan tertentu. Dalam bidang konstruksi beton digunakan hampir diseluruh elemen konstruksi,

mulai dari pondasi, kolom, plat lantai, dinding dan atap bahkan aksesoris dari bangunan tersebut.

Dalam praktek pelaksanaan konstruksi beton banyak digunakan karena beberapa keuntungan, yaitu; mudah diperoleh, kuat tekannya tinggi, dapat dibentuk sesuai keinginan, awet, dan relatif tidak memerlukan perawatan. Namun beton juga memiliki kekurangan dikarenakan kekuatannya tercapai 100% setelah berumur 28 hari. Sehingga dalam pembuatannya diperlukan tahapan percobaan terlebih dahulu untuk membuktikan benar tidaknya suatu komposisi campuran beton akan mencapai mutu beton yang dimaksud. Dan tidak hanya itu, pada saat proses pembuatannya diperlukan pengawasan yang ketat untuk memastikan nantinya mutu beton yang disyaratkan tersebut terpenuhi.

Terkait dengan hal tersebut suatu bangunan yang strukturnya terbuat dari bahan beton dapat difungsikan sebagaimana mestinya setelah beton berumur 28 hari. Apabila terjadi kegagalan pada mutu beton setelah berumur 28 hari akan berdampak pada struktur ataupun elemen lain yang berhubungan dengan beton tersebut. Sebagai contoh; pada awal bulan dilakukan pengecoran kolom lantai dasar, sehingga sampai dengan akhir bulan sudah dilakukan pengecoran plat lantai 3, ketika dilakukan pengujian pada umur 28 hari pada akhir bulan ternyata syarat mutu beton kolom lantai dasar tidak terpenuhi. Hal ini akan berdampak pada komponen struktur pada lantai 1, lantai 2 dan lantai 3, terlebih lagi kalau sampai harus dilakukan pembongkaran beton kolom lantai dasar yang mutunya tidak terpenuhi tersebut.

Melihat kendala yang ada pada bahan tersebut, kiranya diperlukan suatu alternatif metode untuk mempercepat pencapaian mutu beton yang tadinya 28 hari menjadi kurang dari 28 hari. Selama ini untuk tujuan mempercepat mutu dalam hal ini kuat tekan beton, dilakukan penambahan *admixture* (bahan tambah kimia) dengan tipe *accelerator* pada proses pembuatannya bahkan di perusahaan beton pracetak melakukan perawatan beton dengan metode *steam curing*. Adapun metode *steam curing* adalah memberikan uap air panas bersuhu ± 70 °C pada beton yang baru saja mengeras ruang tertutup selama beberapa jam sesuai target kuat tekan yang diharapkan, dalam hal ini mengacu pada *maturity concept* (konsep kematangan). Dari standar pengujian kuat tekan beton metode percepatan (ASTM C1768) dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam air mendidih selama 5 jam setelah benda uji dicetak selama 24 jam, tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui apakah campuran beton tersebut pada umur 28 hari apakah memenuhi syarat atau tidak. Sebagai alternatif proses tersebut akan dicoba melakukan perendaman beton yang baru saja mengeras (*initial setting*) dalam air mendidih (bersuhu 100 °C) selama beberapa waktu kemudian dilakukan pengamatan terhadap perkembangan kuat tekannya dibandingkan beton dengan perawatan normal (direndam dalam air bersuhu kamar). Metode ini diharapkan pula dapat menyimpulkan apakah beton yang baru saja dibuat akan terpenuhi syarat mutu umur 28 harinya melalui benda uji yang dibuat dalam waktu singkat, sehingga dampak kegagalan mutu beton dapat diminimalkan.

Untuk mengetahui perkembangan kuat tekan beton yang direndam dalam air mendidih maka akan dilakukan penelitian untuk memperoleh data-data terkait hal tersebut. Penelitian ini hanya membahas pengaruh perendaman menggunakan air mendidih terhadap perkembangan kuat tekan beton pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari, dengan variasi lama perendaman.

Tujuan Penelitian ini adalah mengetahui pengaruh lama perendaman beton menggunakan air mendidih terhadap perkembangan kuat tekannya dibandingkan beton yang diperlakukan menggunakan perawatan standart.

Manfaat penelitian ini adalah Sebagai alternatif metode perawatan beton untuk mempercepat pencapaian mutu (kuat tekan), sehingga konstruksi yang menggunakan material beton segera dapat difungsikan ataupun untuk mempercepat proses pelaksanaan konstruksi, Sebagai alternatif baru dalam hal kontrol kualitas campuran beton, meskipun beton baru saja dibuat namun dapat dipastikan mutu pada umur 28 hari nanti terpenuhi atau tidak. Sehingga dapat segera dilakukan tindakan - tindakan guna mencegah terjadinya kegagalan konstruksi yang berakibat negatif atau kerugian yang sangat besar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengujian dilakukan di Laboratorium PT. Adhimix Precast Indonesia, Plant Cibitung - Bekasi. Waktu penelitian dimulai pada bulan Desember 2013 sampai dengan Pebruari 2014.

Pengumpulan Data

- Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- a. *Mixer* pengaduk mortar
- b. Timbangan
- c. Sendok semen
- d. Cetakan kubus mortar dengan dimensi 50x50x50 mm dan tongkat pematik
- e. Mistar
- f. Alat uji tekan beton
- g. Tangki terbuat dari plat besi dengan kapasitas 30 liter
- h. Kompor dan tabung gas
- i. Scrap dan kunci untuk bongkar pasang cetakan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Semen type I (OPC) ex Indocement
- b. Agregat halus (pasir) standar SNI 03-6825-2002 yang didapat dari penyaringan pasir kwarsa ex pulau Bangka / Belitung
- c. Air dari sumber air tanah yang tersedia di Laboraturium Beton PT. Adhimix Precast Indonesia

- Persiapan Bahan

a. Semen:

Semen yang digunakan semen Tiga Roda tipe I. Semen harus dalam kondisi bagus yaitu tidak mengeras (membentuk gumpalan-gumpalan). Semen ini berupa semen curah (*bulk*) yang diambil langsung dari truk tangki semen yang didatangkan dari produsen ke tempat dimana penelitian ini dilaksanakan. Semen yang telah diambil disimpan dalam kantong plastik agar terhindar dari pengaruh udara lembab.

b. Pasir:

Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Silika yang berasal dari Pulau Bangka/Belitung. Sebelum digunakan pasir tersebut diproses terlebih dahulu supaya memenuhi standar pasir yang digunakan untuk percobaan mortar.

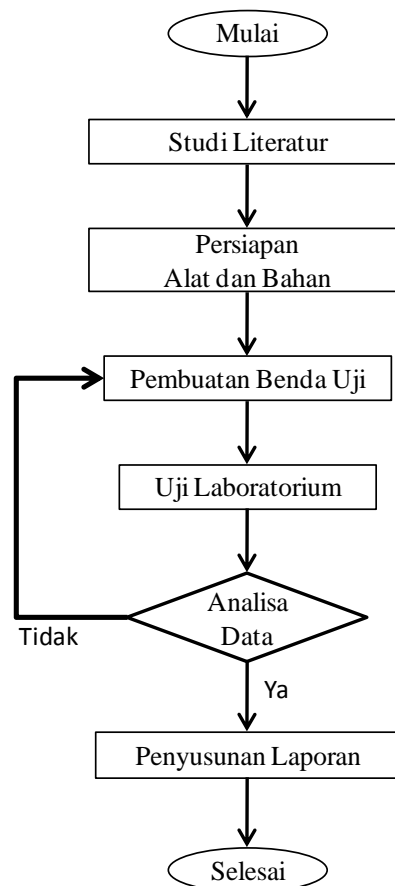
Untuk itu dilakukan pencucian dan penyaringan terhadap pasir kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110 ± 5 °C. Hal ini dimaksudkan untuk menyeragamkan kondisi pasir yang digunakan dan memenuhi standar gradasi pasir yang disyaratkan untuk percobaan mortar. Dengan demikian kondisi pasir tidak mempengaruhi variabel penelitian.

c. Air:

Air yang digunakan untuk pembuatan campuran adalah air yang didapat dari air tanah (sumur) dimana penelitian dilaksanakan. Air ini secara periodik (1 tahun) diadakan pengujian ke laboratorium external (Sucofindo). Air yang digunakan tidak boleh mengandung bahan-bahan yang merusak beton.

Bagan Alir Penelitian

Guna mempermudah proses pelaksanaan penelitian, maka dibuat dan dijalankan alur proses berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisa Data

1. Uji keseragaman hasil (Simpangan baku) dan varian
Untuk mengetahui keseragaman dan homogenitas data dari 3 hasil uji tiap variasi pada setiap umur pengujian, maka perlu dilakukan analisa pada simpangan baku yang terjadi. Adapun persamaan persamaan untuk menentukan simpangan baku adalah :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x-m)^2}{n-1}}$$

Di mana :

s	=	Simpangan baku
x	=	Kuat tekan masing-masing benda uji
m	=	Kuat tekan rata-rata benda uji
n	=	Jumlah benda uji

Uji simpangan baku ini bertujuan untuk mengetahui keseragaman dari hasil pengujian beberapa sample yang dibuat dari populasi tiap varian. Sekaligus untuk menentukan kelayakan data yang didapat sebagai dasar untuk pengolahan data yang akan menghasilkan kesimpulan.

Kemudian menentukan varian yang terjadi dari hasil pengujian pada kelompok data tiap variasi, dengan persamaan :

$$v = \frac{s}{m} \times 100\%$$

Di mana :

v	=	Varian %
s	=	Simpangan baku
m	=	Kuat tekan rata-rata benda uji

Dari varian inilah dapat ditentukan hasil pengujian 3 buah benda uji tersebut dapat digunakan keseluruhan data atau perlu dilakukan reduksi data. Hal ini dapat dilihat dari ketentuan pada “*Annual Book of ASTM Standards, C.109 “Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortar (Using 2-in. or [50 mm] cube specimens)*” :

Analisis Regresi

Untuk mengetahui perkembangan kuat tekan beton dari umur ke umur dan bagaimana pengaruh lamanya perendaman pada air mendidih digunakan analisis regresi. Dengan analisis regresi ini dapat pula diketahui ada tidaknya pengaruh variasi lama perendaman dalam air mendidih terhadap perkembangan kuat tekannya.

Persamaan regresi didapat dari program *Microsoft excel*, dengan persamaan umum, sebagai berikut:

- | | | |
|------------------------|---|-----------------------|
| 1. Regresi exponential | ; | $y = a.e^{(b.x)}$ |
| 2. Regresi linear | ; | $y = a.x - b$ |
| 3. Regresi logarithmic | ; | $y = a.ln(x) - b$ |
| 4. Regresi polynomial | ; | $y = a.x^2 - b.x + c$ |
| 5. Regresi power | ; | $y = a.x^b$ |

Dari regresi-regresi di atas akan diambil regresi yang mendekati dengan data-data yang diperoleh dari hasil uji sample penelitian, dengan melihat nilai $R^2 =$ mendekati 1 (satu). Persamaan regresi tidak digunakan jika diperoleh nilai $R^2 < 0,3$. Persamaan regresi jika memiliki R^2 kurang dari 0,3 maka garis yang dibentuk dari persamaan tersebut sangat menyimpang dari data-data original penelitian.

Komposisi Campuran

Komposisi campuran yang digunakan adalah komposisi standar SNI 03-6825-2002 (Standar Nasional Indonesia "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil") dengan perbandingan Semen : Pasir adalah 1 : 3 dan faktor air semen 0,485. Komposisi tersebut dihitung ulang untuk kebutuhan volume benda uji sebanyak 18 buah setiap variasi dengan bentuk kubus ukuran 5x5x5 cm.

Setelah didapat komposisi bahan dilakukan penakaran terhadap bahan-bahan tersebut untuk 6 (enam) variasi yang direncanakan bersamaan dan dimasukkan kantong plastik serta ditutup rapat, kecuali air dilakukan pengukuran saat pelaksanaan pencampuran adukan mortar. Hal ini dilakukan guna memperoleh keseragaman komposisi bahan yang digunakan untuk semua variasi.

Untuk komposisi yang dibutuhkan pada penelitian ini, yaitu untuk 18 buah benda uji kubus ukuran 5x5x5 cm, adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi campuran untuk percobaan mortar

Bahan	Jumlah	Satuan
Semen	1480	gram
Pasir	4070	gram
Air	718	mL (gram)
w/c	0,485	(faktor air semen)

Pencampuran Bahan (*Mixing*)

Pencampuran bahan pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan sesuai SNI 03-6825-2002 (Standar Nasional Indonesia "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil"), menggunakan *mixer* mortar.

Pembuatan Benda Uji

Setelah adukan mortar telah diperoleh dan siap untuk dibuat benda uji. Adapun benda uji yang dibuat adalah berbentuk kubus 5x5x5 cm sebanyak 18 buah setiap variasi. Pembuatan benda uji ini mengacu pada standar SNI 03-6825-2002 (Standar Nasional Indonesia "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil"), menggunakan *mixer* mortar.

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibuat 108 (seratus delapan) buah benda uji kubus berukuran 50x50x50 mm. Kubus disini merupakan campuran semen, air dan agregat halus (pasir). Kubus mortar tersebut akan direndam dalam air mendidih selama beberapa jam, kemudian diuji kuat tekannya. Dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Variasi lama perendaman dalam air mendidih ada 6 (enam), yaitu :
 - a) Perendaman M_0 kubus mortar pertama selama 0 (nol) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C), artinya benda uji diperlakukan perawatan normal dalam ruang dan bersuhu lingkungan.
 - b) Perendaman M_1 kubus mortarkeduaselama 1 (satu) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C).
 - c) Perendaman M_2 kubus mortarkeduaselama 2 (dua) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C).
 - d) Perendaman M_3 kubus mortarkeduaselama 3 (tiga) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C).
 - e) Perendaman M_4 kubus mortarkeduaselama 4 (empat) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C).
 - f) Perendaman M_5 kubus mortarkeduaselama 5 (lima) jam direndam dalam air mendidih (air bersuhu $\pm 100^0$ C).
- 2) Tiap variasi terdiri dari 18 (delapanbelas) buah benda uji kubus.
- 3) Perendaman benda uji didalam air mendidih dilaksanakan 5 (lima) jam setelah pencetakan (pengecoran) berikut cetakannya sampai lama perendaman variasi di atas.

Perawatan Benda Uji

Benda uji dilepas dari cetakan setelah 24 ± 8 jam dari pembuatan (pencetakan), kemudian dilakukan perawatan standar (direndam dalam air bersuhu kamar). Perawatan benda uji dengan perendaman dalam air ini dilakukan sampai dengan waktu test tekan yang telah direncanakan.

Pengujian Kuat Tekan

Tiap variasi dilakukan pengujian tekan pada umur 1, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Setiap umur pengujian terdiri dari 3 (tiga) buah benda uji kubus. Untuk pengujian pada umur 1 (satu) hari dilakukan segera setelah benda uji dilepas dari cetakan dan umurnya telah mencapai 24 jam.

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberi beban tekan axial di atas permukaan benda uji kubus menggunakan mesin tes tekan. Pemberian beban dilakukan terus menerus sampai benda uji retak (runtuh) sehingga diperoleh beban maksimum yang dapat dipikul benda uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur-umur sesuai rencana, yaitu : 1, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Sehari sebelum waktu pengujian, benda uji diangkat dari perendaman supaya kondisinya jenuh kering permukaan (SSD) dan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.

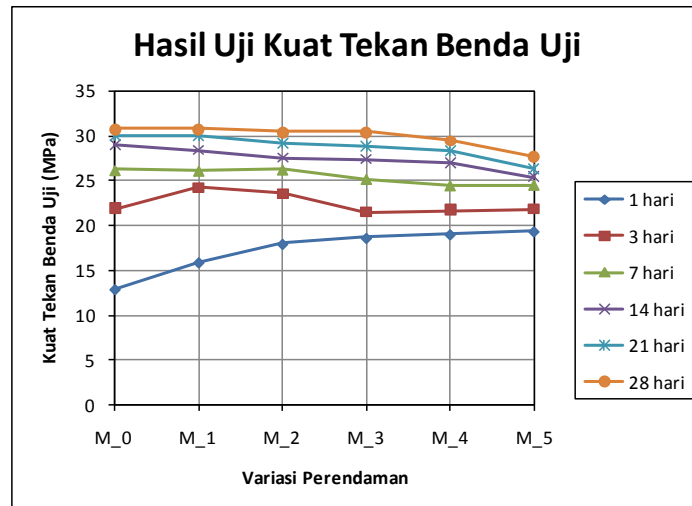
Pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberikan beban aksial menggunakan mesin test tekan terhadap benda uji berbentuk kubus ukuran 5x5x5 cm.

Tabel 2. Hasil tes kuat tekan benda uji kubus

Kode Sampel	Umur					
	1 hari Mpa	3 hari Mpa	7 hari Mpa	14 hari Mpa	21 hari Mpa	28 hari Mpa
M_0	12.87	21.87	26.13	29.00	29.93	30.73
M_1	15.87	24.20	26.07	28.33	30.00	30.67
M_2	17.93	23.53	26.20	27.53	29.13	30.40
M_3	18.60	21.47	25.13	27.33	28.80	30.33
M_4	19.00	21.67	24.40	26.93	28.33	29.47
M_5	19.33	21.80	24.47	25.33	26.27	27.67

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel di atas terlihat semakin lama perendaman dalam air mendidih maka semakin tinggi pula kuat tekan umur 1 (satu) hari, namun pada umur selanjutnya kuat tekan yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini dapat dilihat jelas dari grafik berikut ini :



Gambar 2. Grafik variasi lama perendaman terhadap kuat tekan berbagai umur

Hubungan Lama Perendamana Terhadap Kenaikan Kuat Tekan

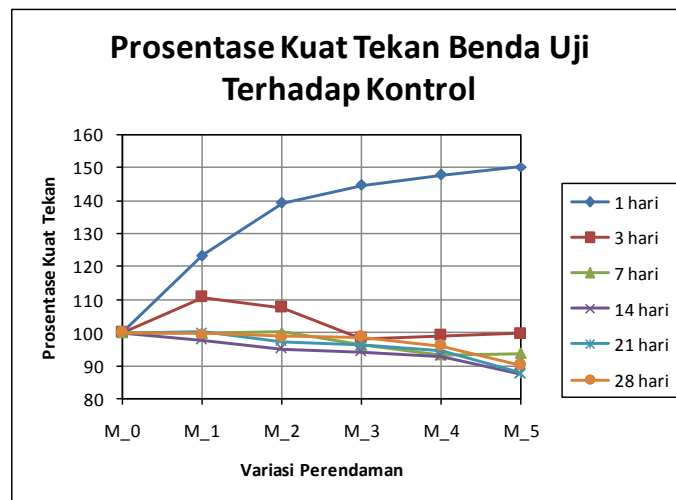
Dengan menaikkan suhu pada awal pengerasan beton mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan, hal ini dapat dilihat dari kuat tekan benda uji yang diperlakukan standar (code M_0) dibandingkan dengan benda uji yang direndam dalam air mendidih. Dalam hal ini dinyatakan dalam prosentase terhadap benda uji yang diperlakukan standar.

Tabel 3. Prosentase kuat tekan terhadap benda uji kontrol

Kode Sampel	Kuat Tekan Terhadap Benda Uji Kontrol					
	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
	%	%	%	%	%	%
M_0	100	100	100	100	100	100
M_1	123	111	100	98	100	100
M_2	139	108	100	95	97	99
M_3	145	98	96	94	96	99
M_4	148	99	93	93	95	96
M_5	150	100	94	87	88	90

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel di atas sangat jelas terlihat bagaimana kenaikan kuat tekan benda uji pada umur 1 (satu) hari bertambah tinggi seiring dengan semakin lamanya perendaman dalam air mendidih. Tetapi pada umur 3 (tiga) hari pengaruh perendaman dalam air mendidih terhadap kuat tekan beton sudah tidak terlihat. Sedangkan pada umur selanjutnya terjadi sebaliknya, kuat tekan benda uji yang direndam dalam air mendidih cenderung mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan dengan benda uji dengan perawatan standar, sebagaimana terlihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. Grafik prosentase kuat tekan benda uji terhadap kontrol (M₀) perawatan standar

Pengaruh Lama Perendaman Dalam Air Mendidih Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Benda Uji

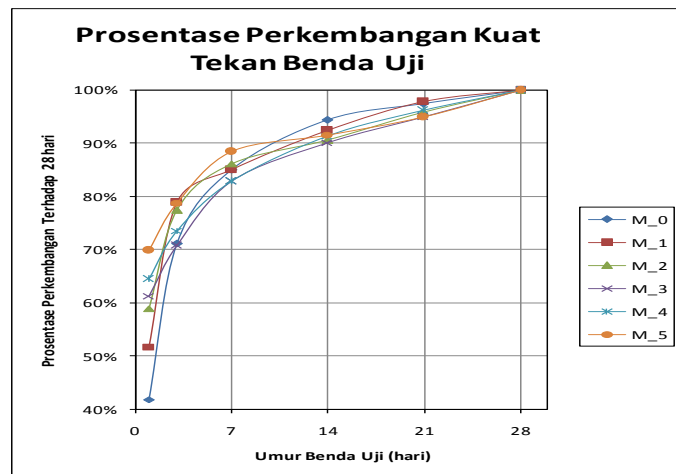
Dengan menaikkan suhu pada awal proses pengikatan beton berdampak pada prosentase pencapaian kuat tekan pada umur-umur awal terhadap umur beton 28 (duapuluh delapan) hari, sebagaimana data dalam Tabel berikut ini:

Tabel 4. Prosentase pencapaian kuat tekan beton dari umur ke umur terhadap kuat tekan 28 hari

Kode Sampel	Umur					
	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
	%	%	%	%	%	%
M ₀	42	71	85	94	97	100
M ₁	52	79	85	92	98	100
M ₂	59	77	86	91	96	100
M ₃	61	71	83	90	95	100
M ₄	64	74	83	91	96	100
M ₅	70	79	88	92	95	100

Sumber : Hasil perhitungan

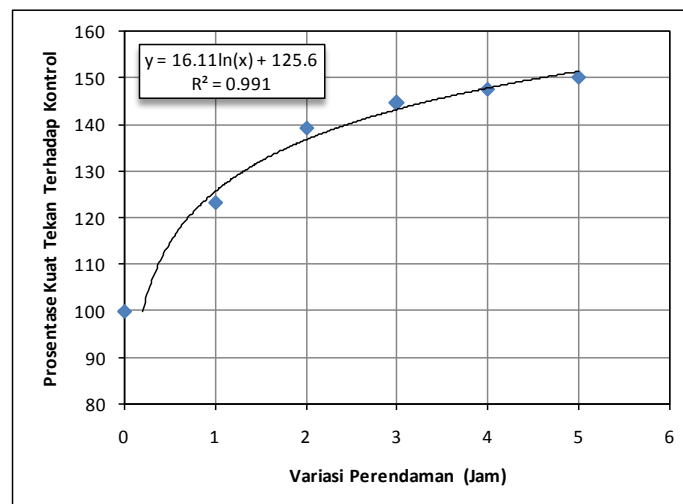
Dari Tabel diatas terlihat pada umur 1(satu) hari semakin lama perendaman maka prosentase pencapaian kuat tekan terhadap umur 28 (duapuluh delapan) hari semakin tinggi. Sampai dengan umur 3 (tiga) hari kecenderungan ini masih terlihat, mulai di umur 7(tujuh) hari peningkatan pencapaian kuat tekannya sudah tidak terlihat.



Gambar 4. Perkembangan kuat tekan beton dari umur ke umur dengan berbagai variasi lama perendaman

Pengaruh Perendaman Terhadap Pencapaian Kuat Tekan Dibanding Kondisi Normal

Berdasarkan uraian di atas menunjukkan adanya pengaruh kenaikan yang cukup besar dari lamanya perendaman terhadap kuat tekan benda uji yang dihasilkan pada umur 1 (satu) hari. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan lama perendaman terhadap kenaikan kuat tekannya dan didapatkan suatu persamaan regresi dari pola garis yang dibentuk.



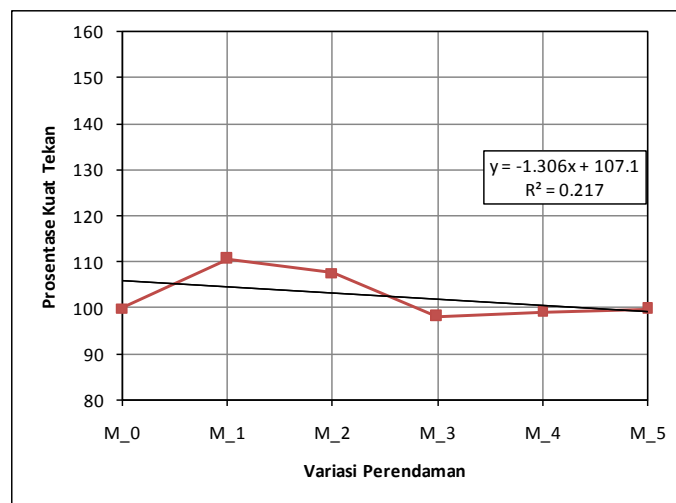
Gambar 5. Grafik regresi pengaruh lama perendaman terhadap kuat tekan dibanding perawatan standar pada umur 1 hari

Dengan melihat grafik pada Gambar 3.4. sangat terlihat bagaimana pengaruh perendaman terhadap kenaikan kuat tekan yang didapat terhadap beton yang dirawat

dengan kondisi atau prosedur perawatan standar. Dengan memanfaatkan program *excel* diperoleh pola regresi yang paling tepat adalah *type logarithmic*, dengan persamaan :

$$y = 16,11 * \ln (x) + 125,6 \quad \text{dengan } R^2 = 0,991$$

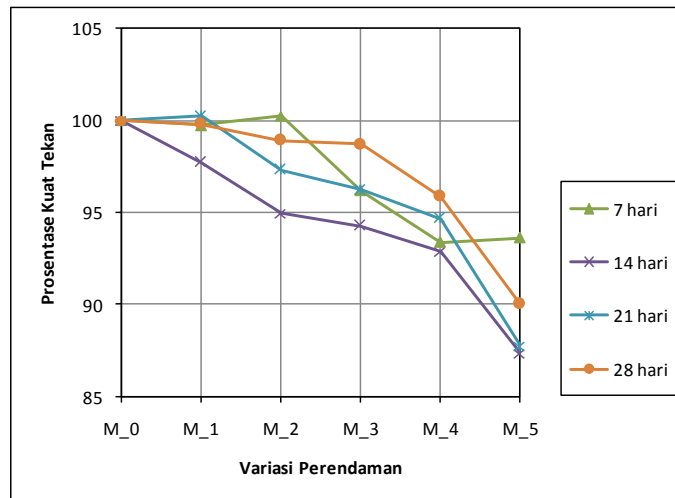
Kemudian pada umur 3 (tiga) hari dari Tabel 3.3. terlihat tidak ada pola yang jelas pengaruh dari perendaman dalam air mendidih terhadap pencapaian kuat tekannya. Jika dibuat grafik akan terlihat seperti dibawah ini:



Gambar 6. Grafik regresi hubungan lama perendaman terhadap pencapaian kuat tekan umur 3 (tiga) hari

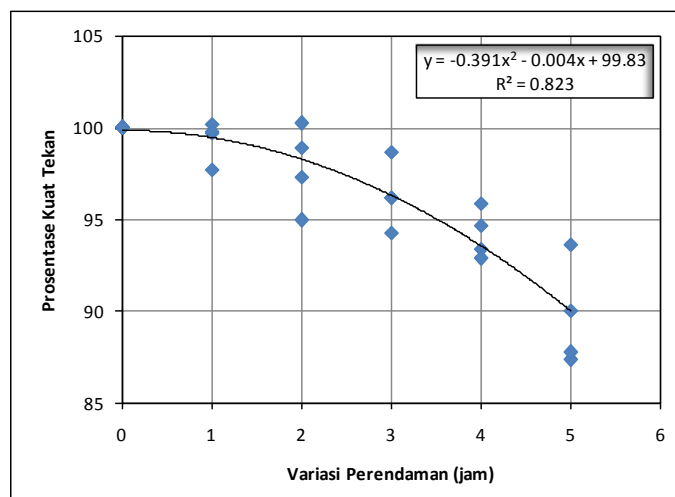
Dari Gambar di atas pada perendaman 1 dan 2 jam masih terlihat kenaikan kuat tekan yang dihasilkan, tetapi pada lama perendaman berikutnya terjadi sebaliknya kuat tekan yang diperoleh cenderung lebih rendah dari kondisi perawatan standar atau normal. Persamaan regresi untuk garis linier di atas tidak dapat digunakan karena nilai R^2 yang diperoleh adalah 0,217 kurang dari 0,3.

Pada pengamatan kuat tekan pada umur selanjutnya, yaitu umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari bila dibandingkan dengan kondisi normal, pencapaian kuat tekan yang dihasilkan dari perendaman dalam air mendidih cenderung terjadi penurunan.



Gambar 7. Grafik pengaruh perendaman terhadap kuat tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari dibanding kondisi normal

Dari Gambar di atas ditarik suatu garis regresi akan diperoleh grafik berikut ini :



Gambar 8. Grafik regresi pengaruh lama perendaman terhadap pencapaian kuat tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari dibanding kondisi normal

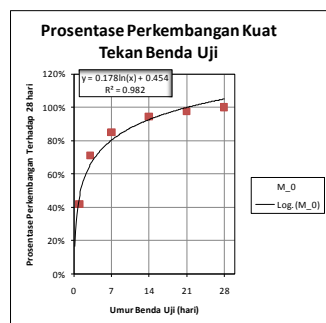
Pada Gambar 8. menunjukkan perendaman dalam air mendidih pada awal proses hidrasi semen mengakibatkan terjadi penurunan atau reduksi kuat tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari tergantung dari lamanya perendaman. Besarnya reduksi atau pencapaian kuat tekan terhadap kondisi normal dapat diperkirakan dengan persamaan regresi *polynomial*, yaitu :

$$y = (-0,391).x^2 - 0,004.x + 99,83 \quad \text{dengan } R^2 = 0,823$$

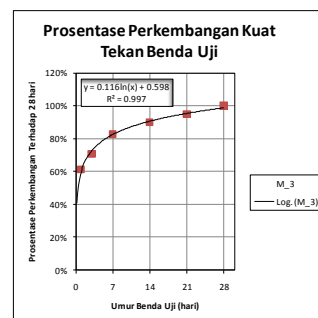
Pengaruh Perendaman Terhadap Perkembangan Kuat Tekan

Dengan menaikkan suhu pada awal sama halnya dengan mempercepat proses hidrasi semen yang berdampak meningkatkan pencapaian kuat tekan. Meskipun efektifitasnya hanya terjadi pada umur kurang dari 3 (tiga) hari dan terjadi penurunan kuat tekan pada umur selanjutnya dari yang seharusnya ketika benda uji diperlakukan sebagaimana perawatan standar.

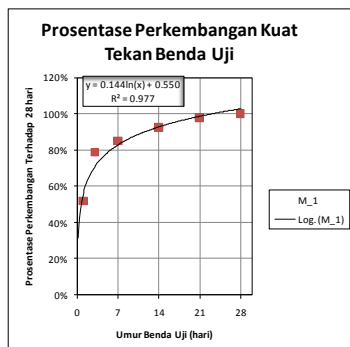
Perkembangan kuat tekan dari umur ke umur untuk tiap variasi perendaman berbeda, baik yang diperlakukan dengan perawatan standar maupun yang direndam dalam air mendidih, sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



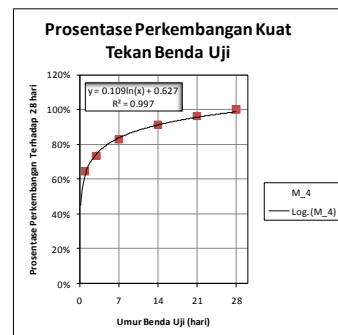
(a)



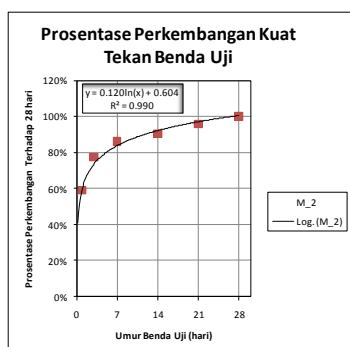
(d)



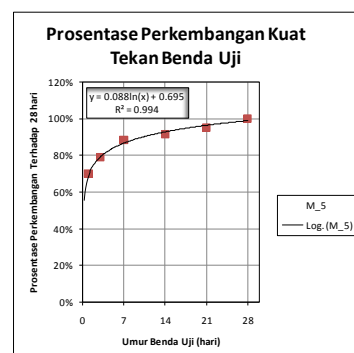
(b)



(e)



(c)



(f)

Gambar 9. (a) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_0 (perawatan standar), (b) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_1 (perendaman selama 1 jam), (c) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_2 (perendaman selama 2 jam), (d) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_3 (perendaman selama 3 jam), (e) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_4 (perendaman selama 4 jam), dan (f) Grafik perkembangan kuat tekan variasi M_5 (perendaman selama 5 jam)

Pembahasan

Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen yang disebut faktor air semen, dimana semakin kecil perbandingan air dan semen suatu campuran beton maka kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi. Sebaliknya semakin besar perbandingan air dan semen maka kekuatan yang dihasilkan semakin rendah.

Reaksi semen dan air dalam membentuk ikatan yang nantinya menentukan kekuatan beton dikenal dengan istilah *hidrasi* tidak seketika terjadi saat kedua bahan tersebut bertemu, proses ini memerlukan waktu 28 (duapuluh delapan) hari baru dinyatakan telah berhidrasi secara sempurna. Ketika reaksi hidrasi terjadi tentunya menghasilkan atau melepaskan panas. Maka dengan memberikan panas pada awal proses hidrasi dapat memacu proses tersebut sehingga kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi dari kondisi normal.

Campuran beton salah satunya adalah air, dan seperti kita tahu air akan menguap pada suhu 100°C. Maka ketika memberikan panas pada beton harus dipastikan bahwa semen dan air telah mengikat dengan sempurna (*ininitial setting*). Jika tidak, maka beton akan rusak dikarenakan air dalam campuran beton akan mendidih dan menguap, sehingga tidak terjadi ikatan yang baik antara semen dan air.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang bagaimana pengaruh beton yang direndam dalam air mendidih terhadap kuat tekan dengan variasi lama perendaman, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin lama perendaman beton dalam air mendidih semakin tinggi pula kuat tekan beton yang dihasilkan pada umur 1 hari.
2. Perendaman dalam waktu 5 jam mampu meningkatkan kuat tekan beton pada umur 1 hari sebesar 150% dari beton dengan perawatan standar.
3. Penambahan panas dari luar yang memacu reaksi semen dan air (hidrasi) terjadi lebih cepat.
4. Perendaman beton dalam air mendidih mengakibatkan penurunan kuat tekan beton yang dihasilkan pada umur 7 hari dan seterusnya, yang besarnya tergantung dari lamanya perendaman dibandingkan dengan beton yang dirawat standar.
5. Perendaman beton dalam air mendidih menyebabkan terjadinya evaporasi sehingga campuran beton kekurangan air untuk proses hidrasi semen pada umur lebih dari 1 hari.
6. Kekurangan air menyebabkan proses hidrasi tidak terjadi secara sempurna yang berakibat berkurangnya kuat tekan yang dihasilkan dari seharusnya yang dapat dicapai.

Saran

Untuk mendapatkan data yang benar-benar akurat, maka diperlukan perencanaan yang matang. Perencanaan tersebut meliputi, pengujian material campuran beton, variasi pengamatan serta peralatan yang diperlukan dalam rangka pengambilan data pengujian. Pada penelitian ini, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan agar kemungkinan tersebut dapat diperbaiki dikemudian hari, antara lain:

1. Lama perendaman dalam air mendidih sampai dengan 12 jam untuk mendapatkan kematangan kuat tekan beton sebagaimana umur 28 hari.
2. Percobaan pada campuran beton dan beberapa variasi mutu untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap campuran yang mengandung aggregate kasar dan dimensi benda uji yang lebih besar.
3. Variasi lama perendaman sebaiknya dilakukan terhadap campuran beton yang sama, supaya pengaruhnya dapat terlihat jelas tidak dipengaruhi oleh faktor lain, seperti: kesalahan pengukuran atau pun pelaksanaan serta lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Material (ASTM), 1993. “ *Concrete and Agregat*”.
Volume 04.02. Philadelphia,
- American Society for Testing Material (ASTM), 1993. “ *Concrete and Agregat*”.
Volume 04.01. Philadelphia,
- American Concrete Insitute, Building Code Requirements for Reinforced Conerete (ACI 318-83), Deboit, 1983.l*
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Standar Nasional Indonesia Untuk Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SNI 03-2834-2000*
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipilSNI – 03-6825-2002*
- PUSJATAN – BALITBANG PU. 1998 *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Dilapangan SNI 03-4810-1998*
- Candra Irawan, Januarti Jaya Ekaputri, Pujo Aji dan Triwulan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) : JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271, “Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran *Fly Ash* dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan”,
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan SK.SNI T-15-1990-03:1, LPMP, Bandung, 1991,*
- Departemen Pekerjaan Umum, Percturan Beton Indonesia I 971 , Jakarta, 1971,
- Departemen Pekerjaan Umurn, Buku Petunjuk Pelaksanaan Beton, Jakarta, 1S85,
- Departemen Pekerjaan Umum, Pemeriksaan Bahan Tahun I 989, Jakarta, 1 989,
- DPU, 1990, *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, SK SNI 03-2493-1991, yayasan LPMB, Bandung.*
- Mudock, L.J. dan Brook, K.M. 1978. *Bahan dan Praktek Beton*.edisi 5, Terjemahan oleh Stephanus, H. 1986. Jakarta : Erlangga.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J. 1998.*Concrete Technology*. Singapore: Longman Pub. Pte Ltd.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J. 1998.*Properties of Concrete*. Singapore: Longman Pub. Pte Ltd.
- Nawy, Edward G., *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach (Prentice-Hall international series in civil engineering and engineering mechanics)*, New York, 1985,
- Novi Angjaya, E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Samratulangi, Manado Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Februari 2013 (153-158), “ Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton Dengan Perawatan Pada Elevated Temperature & Perawatan Dengan Cara Perendaman Serta Tanpa Perawatan”
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1971),

- P. A. Surjadi, *Pendahuluan Teori Kemungkinan dan Statistika*. Bandung: Penerbit ITB (1989).
- Paul, N. dan Antoni, 2007. "Teknologi Beton", Andi, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo Kardiyono, 1996. "Teknologi Beton", Nafiri, Yogyakarta.
- Triwulan, Raka IGP, dan Sadjji, "Perubahan Kuat Tekan Pasta dan Beton dengan *Fly Ash* oleh pengaruh moist dan *steam curing*," *Media Teknik*, Vol. 4 (1998, Nop.) 66-71.