

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN SPESI DAN LAMA PERENDAMAN
DALAM AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh :
SAIFUDDIN AKHMAD
NIM. 0710610067-61**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
MALANG
2012**

PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan penelitian dengan judul” Pengaruh Variasi Campuran Spesi dan Lama Perendaman dalam Air laut terhadap Kuat Tekan Mortar” dengan baik.

Penulis menyadari tanpa bantuan dari berbagai pihak maka penulis akan mengalami kesulitan dalam menyelesaikan penelitian ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Ir. Sugeng P. Budio, MS. dan Ir. Siti Nurlina, MT. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Ir. Siti Nurlina, MT., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini.
3. Ir. Hendro Suseno, DEA., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Prof. Dr. Ir. Agoes SMD, MT., selaku dosen penguji.
5. Kedua Orang Tua, kakak, dan adik yang telah memberikan cinta, kasih sayang, dorongan, bantuan, semangat, dukungan dan doanya hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Rekan – rekan seperjuangan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan kesempurnaan skripsi ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
RINGKASAN	vii
 BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
 BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Semen	4
2.2. Agregat	6
2.3. Air.....	9
2.4. Mortar	14
2.5. Faktor Air Semen.....	17
2.6. Absorpsi.....	18
2.7. Permeabilitas.....	18
2.8. Kuat Tekan Mortar	19
2.9. Pengaruh Air Laut Terhadap Kuat Tekan Mortar.....	19
2.10. Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Mortar	21
2.11. Penelitian-penelitian Terdahulu.....	22
2.12. Hipotesis Penelitian	23
 BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2. Peralatan dan Bahan	24
3.3. Rancangan Penelitian.....	25
3.4. Prosedur Penelitian	26
3.5. Variabel Penelitian.....	26
3.6. Metode Pengumpulan Data.....	27
3.7. Analisis Data.....	27
3.8. Bagian Penelitian	29
 BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Bahan yang Digunakan.....	30
4.2. Pengujian Kuat Tekan Mortar	32
4.3. Analisis Statistik dengan Menggunakan Pengujian Hipotesis	37
4.4. Analisis Regresi	40
4.5. Pembahasan	47

BAB V : PENUTUP

5.1. Kesimpulan 51
5.2. Saran 51

DAFTAR PUSTAKA 52

LAMPIRAN..... 54



DAFTAR GAMBAR

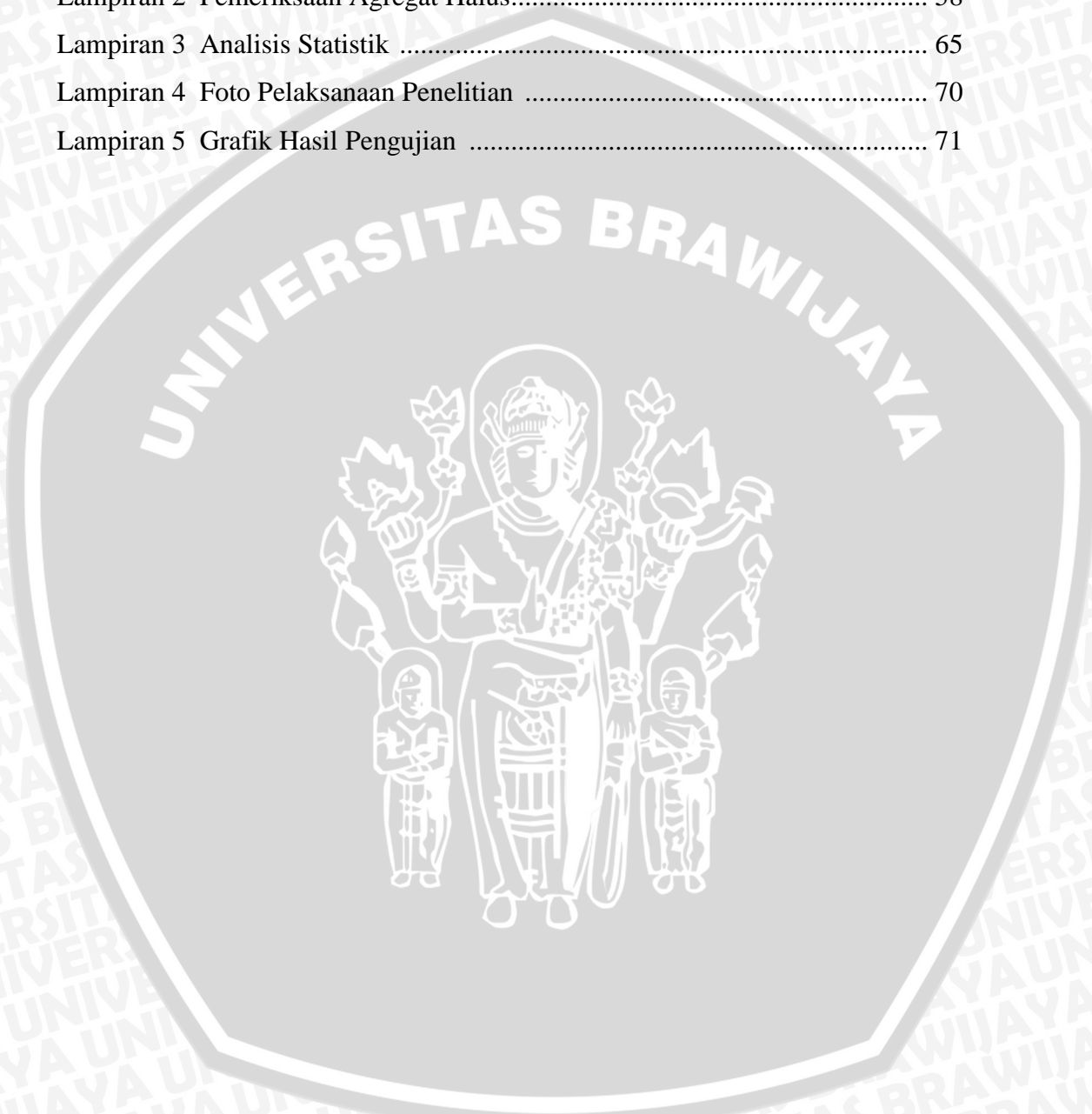
	Hal
Gambar 2.1	Klasifikasi agregat berdasarkan sumber material..... 7
Gambar 2.2	Perbandingan nilai kuat tekan terhadap pengaruh perendaman 21
Gambar 2.3	Pengaruh campuran mortar terhadap kuat mortar dan dinding 22
Gambar 3.1	Bagan penelitian 29
Gambar 4.1	Grafik lengkung agregat halus..... 31
Gambar 4.2	Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4..... 41
Gambar 4.3	Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5..... 42
Gambar 4.4	Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6..... 42
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan mortar pada variasi campuran spesi 43
Gambar 4.6	Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 15 hari 43
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 20 hari 44
Gambar 4.8	Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 25 hari 44
Gambar 4.9	Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 30 hari 45
Gambar 4.10	Grafik kuat tekan mortar pada variasi waktu perendaman 45
Gambar 4.11	Grafik perbandingan antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan yang tidak direndam 46
Gambar 4.12	Grafik kuat tekan rata-rata mortar pada variasi campuran spesi 46

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Unsur-unsur dalam air laut.....	11
Tabel 3.1 Hubungan variasi campuran dengan waktu perendaman	26
Tabel 4.1 Pemeriksaan gradasi pasir	30
Tabel 4.2 Pemeriksaan kadar air pasir	31
Tabel 4.3 Pemeriksaan berat isi pasir	31
Tabel 4.4 Pemeriksaan berat jenis pasir	32
Tabel 4.5 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4	33
Tabel 4.6 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5	33
Tabel 4.7 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6	34
Tabel 4.8 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4	35
Tabel 4.9 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5	35
Tabel 4.10 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6	36
Tabel 4.11 Rekapitulasi kuat tekan rata-rata mortar	36
Tabel 4.12 Penurunan kuat tekan rata-rata mortar yang direndam air laut terhadap kuat tekan rata-rata mortar yang tidak direndam.....	36
Tabel 4.13 Penurunan kuat tekan rata-rata mortar terhadap campuran spesi.....	37
Tabel 4.14 Ringkasan ANOVA dua arah.....	37
Tabel 4.15 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 4	39
Tabel 4.16 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 5.....	39
Tabel 4.17 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 6.....	39
Tabel 5.10 Ringkasan ANOVA 2 Arah untuk nilai kedalaman intrusi arah radial.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Data Pengujian Mortar.....	54
Lampiran 2 Pemeriksaan Agregat Halus.....	58
Lampiran 3 Analisis Statistik	65
Lampiran 4 Foto Pelaksanaan Penelitian	70
Lampiran 5 Grafik Hasil Pengujian	71



RINGKASAN

SAIFUDDIN AKHMAD, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2011, *Pengaruh Variasi Campuran Spesi dan Lama Perendaman dalam Air Laut Terhadap Kuat Tekan Mortar*. Dosen Pembimbing : Ir. Hendro Suseno, DEA dan Ir. Siti Nurlina, MT.

Intrusi air laut dapat memberikan efek yang merugikan untuk komponen struktural konstruksi bangunan. Hal paling membahayakan adalah timbulnya korosi pada tulangan struktur akibat kandungan ion klorida dan sulfat pada air laut yang bereaksi terhadap unsur kimia baja tulangan. Kedalaman intrusi air laut dalam mortar berhubungan erat dengan tingkat permeabilitas mortar tersebut. Mortar sebagai komponen yang melapisi elemen struktural bangunan berperan penting dalam menahan intrusi air laut. Semakin tinggi mutu mortar, maka semakin besar pula kepadatannya yang berarti pori-pori dalam mortar juga semakin kecil. Besar kecilnya mutu mortar ditentukan oleh perbandingan campuran semen dan pasir. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tentang pengaruh variasi campuran dan lama perendaman spesi dalam air laut terhadap kuat tekan mortar.

Pengujian dilakukan dengan membuat benda uji mortar dengan perbandingan campuran antara semen dan pasir yang berbeda-beda yaitu 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6. Selanjutnya benda uji direndam dalam air laut yang telah diberi warna selama 15, 20, 25 dan 30 hari. Kemudian dilakukan uji tekan setelah mortar berumur 28 hari untuk mengetahui kuat tekan mortar. Hasil pengujian dianalisis secara teoritis, sehingga dapat diketahui pengaruh campuran spesi dan lama perendaman di air laut terhadap kuat tekan mortar.

Hasil uji tekan mortar menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi campuran spesi dan lama perendaman dalam air laut terhadap kuat tekan mortar. Pada mortar yang direndam air laut selama 30 hari, mortar dengan campuran spesi 1 : 4, 1 : 5, dan 1 : 6 memiliki kuat tekan rata-rata 87.485 kg/cm^2 , 74.994 kg/cm^2 , dan 67.576 kg/cm^2 . Dari data tersebut dapat diketahui mortar dengan campuran spesi 1 : 4 mengalami penurunan 14.278 % terhadap mortar dengan campuran spesi 1 : 5, sedangkan mortar dengan campuran spesi 1 : 5 mengalami penurunan 9.891 % terhadap mortar dengan campuran spesi 1 : 6. Pada mortar dengan campuran spesi 1 : 4 yang tidak direndam air laut memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 114.827 kg/cm^2 , sedangkan mortar yang direndam selama 30 hari memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 87.485 kg/cm^2 , sehingga mortar tersebut mengalami penurunan sebesar 23.811 %. Dari hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi campuran spesi dan lama perendaman dalam air laut terhadap kuat tekan mortar. Hal ini dibuktikan dengan analisa statistik diperoleh nilai $F_{\text{hitung}} = 30.819$ dan $F_{\text{tabel}} = 3.40$ untuk pengaruh variasi campuran spesi terhadap kuat tekan mortar. Sedangkan untuk pengaruh variasi waktu perendaman dengan air laut terhadap kuat tekan mortar, dibuktikan dengan analisa statistik diperoleh nilai $F_{\text{hitung}} = 17.163$ dan $F_{\text{tabel}} = 3.01$.

Kata kunci : mortar, campuran spesi, waktu perendaman, kuat tekan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Intrusi air laut dapat memberikan efek yang merugikan untuk komponen struktural konstruksi bangunan. Hal paling membahayakan adalah timbulnya korosi pada tulangan struktur akibat kandungan ion klorida dan sulfat pada air laut yang bereaksi terhadap unsur kimia baja tulangan. Kedalaman intrusi air laut dalam mortar berhubungan erat dengan tingkat permeabilitas mortar tersebut. Mortar sebagai komponen yang melapisi elemen struktural bangunan berperan penting dalam menahan intrusi air laut. Semakin tinggi mutu mortar, maka semakin besar pula kepadatannya yang berarti pori-pori dalam mortar juga semakin kecil. Besar kecilnya mutu mortar ditentukan oleh perbandingan campuran semen dan pasir.

Mortar adalah campuran dari semen dan pasir dengan perbandingan tertentu kemudian dicampur dengan air sehingga berbentuk campuran yang plastis. Mortar ini digunakan sebagai penutup elemen struktural (misalnya pada pelat) ataupun sebagai penyusun elemen dinding bersama dengan batu bata.

Perbandingan campuran antara semen dan pasir pada mortar berhubungan dengan mutu (kekuatan) mortar. Peningkatan mutu bisa disebabkan karena semakin tingginya kepadatan mortar. Karena semakin besar mutu mortar, maka pori-pori dalam mortar tersebut akan semakin kecil (semakin padat) yang berakibat pada berat mortar yang semakin besar.

Selanjutnya, tingkat kepadatan pori dalam mortar dapat dihubungkan dengan permeabilitas mortar tersebut. Permeabilitas adalah tingkat kemudahan suatu cairan (misalnya air) untuk mengalir melalui suatu medium yang porus. Jadi, semakin besar dan banyak pori-pori dalam mortar, maka semakin mudah air mengalir sehingga tingkat permeabilitas mortar semakin besar.

Air laut adalah salah satu penyebab kegagalan pada struktur bangunan. Hal ini disebabkan kandungan sulfat dan ion klorida pada air laut yang bereaksi dengan unsur kimia pada semen yang terdapat didalam mortar. Magnesium sulfat merupakan salah satu garam yang terlarut dalam air laut. Magnesium sulfat akan

bereaksi dengan kalsium hidroksida menghasilkan kalsium sulfat (CaSO_4) dan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Selanjutnya kalsium sulfat bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat menghasilkan kalsium sulfo aluminat yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan kekeroposan dan keretakan pada mortar. Akibat dari retak-retak dan keropos yang terjadi pada mortar air laut dapat masuk ke dalam pori-pori mortar. Hal ini akan mengakibatkan mortar kehilangan sebagian massa dan kehilangan kekuatannya

Terdapat berbagai macam variasi bahan dan campuran yang dapat digunakan dalam pembuatan mortar. Variasi campuran dan bahan akan mempengaruhi mutu mortar, pengurangan jumlah pasir pada campuran mortar memungkinkan untuk meningkatkan kuat tekan mortar. Semakin sedikit jumlah pasir yang digunakan, kekuatan mortar akan meningkat. Peningkatan kuat tekan mortar tersebut terjadi karena pasta semen akan lebih banyak mengikat agregat sehingga ikatan butir antar pasir semakin kuat.

Sehubungan dengan uraian diatas, maka peneliti ingin mengetahui pengaruh variasi campuran dan lama perendaman spesi dalam air laut terhadap kuat tekannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas, yaitu :

1. Apakah variasi campuran spesi berpengaruh terhadap kuat tekan mortar?
2. Apakah waktu perendaman mortar dalam air laut berpengaruh terhadap kuat tekan mortar ?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian dapat berfokus pada tujuan yang ingin dicapai, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Faktor-faktor luar seperti cuaca, kelembapan dan sebagainya diabaikan
2. Penelitian hanya dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya

3. Tidak membahas secara lengkap unsur-unsur kimia yang terbentuk akibat penetrasi air laut, mikrostruktur mortar, permeabilitas pada benda uji.

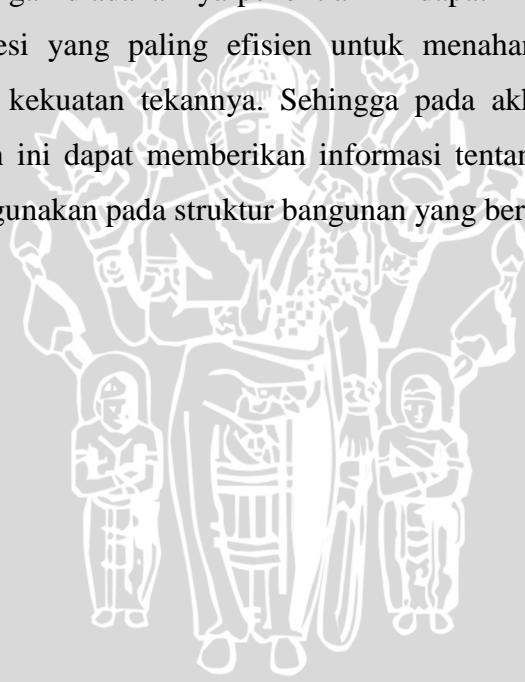
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran spesi terhadap kuat tekan mortar.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman mortar dalam air laut terhadap kuat tekan mortar.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan diadakannya penelitian ini dapat menambah wawasan tentang campuran spesi yang paling efisien untuk menahan intrusi air laut, terutama menyangkut kekuatan tekannya. Sehingga pada akhirnya, hasil yang didapat dari penelitian ini dapat memberikan informasi tentang campuran spesi yang optimal untuk digunakan pada struktur bangunan yang berada di laut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen

Mortar umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memegang peranan penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral. Agregat dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan.

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikatsilikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat.

Semen merupakan bahan pengikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar dan jika telah mengeras akan menjadi beton keras.

Semen merupakan jenis pengikat hidrolis yang artinya dapat mengeras bila bereaksi dengan air. Pada dasarnya semen portland terdiri dari 4 unsur yang paling penting, yaitu:

- a. Trikalsium silikat (C_3S) atau ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), sifatnya hampir sama dengan sifat semen yaitu jika ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. C_3S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 58 kalori/gram setelah 3 hari.
- b. Dikalsium silikat (C_2S) atau ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). Pada saat penambahan air setelah reaksi yang menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan panas 12 kalori/gram setelah 3 hari. Pasta akan mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S .

- c. Trikalsium aluminat (C_3A) atau ($3CaO.Al_2O_3$). Unsur ini apabila bereaksi dengan air akan menimbulkan panas hidrasi tinggi yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari. Perkembangan kekuatan terjadi satu sampai dua hari tetapi sangat rendah.
- d. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau ($Al_2O_3.Fe_2O_3$). Unsur ini saat bereaksi dengan air berlangsung sangat cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi 68 kalori/gram. Warna abu-abu pada semen disebabkan oleh unsur ini.

Dari senyawa tersebut, C_3S dan C_2S bersifat sebagai perekat dan memberi kekuatan pada semen bila bereaksi dengan air (Tri Mulyono, 2004).

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Penambahan air ini menyebabkan komponen kapur dilepaskan dari senyawanya, banyaknya kapur yang dilepaskan sekitar 20% dari berat semen. Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dan air. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO_2) dari lempung, Alumina (Al_2O_3) dari lempung, sedikit persentase Magnesia (MgO) dan terkadang terdapat Alkali. Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya (Nawy, 1990).

Di Indonesia semen yang umum digunakan dalam konstruksi adalah jenis Semen Portland yang memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan (Anonim¹,1982).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi menjadi lima jenis antara lain (Anonim¹,1982) :

- a. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.

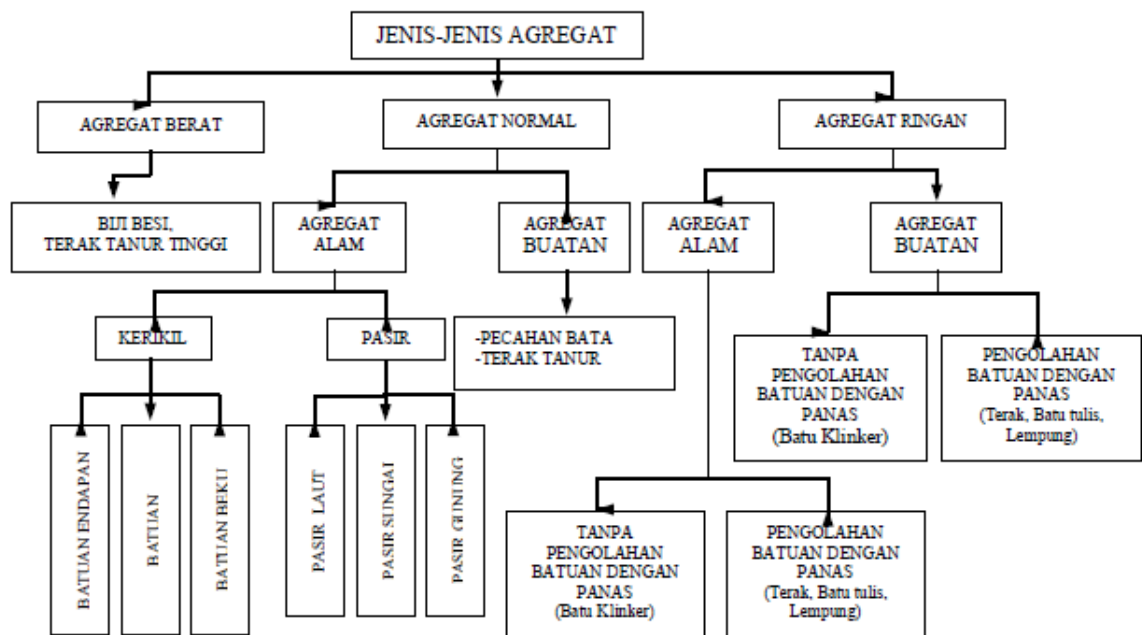
- b. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Kadar C_3S sedang sama besar dengan kadar C_3A yaitu maksimal 8 % alkali rendah.
- c. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C_3S -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus.
- d. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C_3S dan C_3A rendah.
- e. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.2 Agregat

Agregat merupakan material yang dominan pemakaiannya dalam dunia rekayasa sipil. Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sekitar 70% volume beton. Karena memiliki komposisi yang besar maka perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar yang akan dihasilkan. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas dan sifat-sifat mortar sehingga pemilihan agregat merupakan hal yang penting dalam pembuatan mortar.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat dapat dibedakan atas dua jenis yaitu: agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan buatan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi) dan tekstur permukaannya. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat pembagian jenis agregat berdasarkan sumber materialnya.



Gambar 2.1 Klasifikasi agregat berdasarkan sumber material
Sumber (Tri Mulyono, 2004)

Fungsi agregat pada mortar diantaranya :

1. Menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kekuatan besar pada mortar
3. Dengan gradasi yang baik dapat tercapai mortar yang padat
4. Mengurangi penyusutan pada pengerasan mortar

Agregat yang dipakai pada penelitian ini hanyalah agregat halus. Agregat merupakan komponen spesi yang paling berpengaruh dalam beratnya. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm, sedangkan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,75 mm. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya seperti pekerjaan jalan raya, tanggul, bendungan dan lainnya (Tri Mulyono, 2004).

2.2.1 Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (*stone crusher*). Syarat-syarat pasir yang dapat dipakai sebagai campuran mortar yaitu (Anonim³, 1971) :

1. Terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis.
4. Terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.
5. Pasir laut tidak boleh dijadikan bahan bangunan kecuali bila telah diadakan penelitian dan petunjuk dari ahli bangunan.

Secara umum harga agregat lebih murah dari semen sehingga penggunaannya selalu diusahakan dengan prosentase yang tertinggi tanpa harus mengurangi mutu mortar atau beton. Penggunaan dengan prosentase tertentu tersebut tentunya tetap memperhatikan sifat dari agregat karena sifat bukan hanya mempengaruhi sifat mortar akan tetapi juga daya tahan (*durability*), stabilitas volume dan juga kuat tekannya sehingga walaupun harganya murah takarannya tetap harus diperhatikan untuk mengontrol mutu mortar atau beton.

Agregat alami yang digunakan untuk agregat campuran mortar dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

a. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara mencucinya.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir – butir agak kurang karena butir yang bulat. Karena besar butir-butirnya kecil, maka baik dipakai untuk memplaster tembok, juga dapat dipakai untuk keperluan yang lain.

c. Pasir laut

Pasir laut ini adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

2.3. Air

Air di alam dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti sungai, laut, sumur artesis ataupun sumur terbuka. Namun, tidak semua air yang ada di permukaan bumi dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton yang dapat menghasilkan beton bermutu tinggi. Air yang dapat digunakan untuk pembuatan spesi harus air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan pasir. Kandungan zat yang dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kualitas spesi antara lain : minyak, asam, alkali, garam, limbah, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan.

Air diperlukan pada pembuatan mortar agar terjadi reaksi kimia antara pasir dengan semen, untuk membasahi agregat, memberikan kemudahan dalam pekerjaan dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dipadatkan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran mortar. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya atau tercemar oleh zat kimia bila dipakai untuk campuran mortar akan menurunkan kekuatannya dan dapat mengubah sifat-sifat semen. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1996).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di dalam penggunaannya, air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton atau mortar (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran mortar (Anonim¹,1982) :

1. Memenuhi persyaratan air minum.
2. Tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau.
3. Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan mutu mortar (zat kimia, zat organik, minyak, garam).

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen + pasir) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak selesai seluruhnya, sebagai akibatnya campuran spesi yang dihasilkan akan berkurang kekuatannya (Tri Mulyono, 2004).

2.3.1. Unsur-Unsur Merugikan Dalam Air

Unsur-unsur yang merugikan dalam air terdiri dari (Sjafei Amri, 2005) :

1. Kandungan Benda Padat

Pada air didalamnya terdapat zat padat terlarut, bila jumlahnya kurang dari 6% berat air maka cukup aman digunakan untuk pembuatan spesi. Sedangkan pada air sumur didalamnya mengandung jumlah padatan 5%, hal ini disebabkan karena air yang berasal dari alam belum tercemar sehingga konsentrasinya lebih kecil. Untuk air laut berbeda karena pada air laut mengandung garam sehingga dapat dikatakan bahwa air yang diperoleh dari alam yang belum tercemar dapat digunakan sebagai media pencampur.

2. Ion-ion

Air yang berasal dari alam yang didalamnya belum tercemar oleh limbah industri awalnya mengandung ion positif (kation) dan ion negatif (anion) yang berasal dari larutan anorganik. Misalnya : golongan kation yaitu kalsium(Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^{2+}), dll, sedangkan golongan anion yaitu Sulfat (SO_4), Klorida (Cl), Nitrat (NO^3), dll.

2.3.2. Air Laut

Laut merupakan wilayah yang paling luas di permukaan dunia, dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia. Air laut memiliki sifat korosifitas yang sangat agresif. Untuk itu, bangunan atau peralatan yang terpasang di laut dan terbuat dari logam, seperti jembatan, tiang pancang dermaga atau anjungan minyak, telah diberi proteksi untuk mengendalikan serangan korosi di lingkungan laut. Kandungan konsentrasi larutan garam pada air laut sekitar 3,5%, Secara umum, garam air laut mengandung 78% sodium klorida (NaCl), 15% klorida (Cl) dan magnesium sulfat (MgSO₄), sedangkan kandungan karbonat cukup rendah sekitar 75 ppm. Unsur-unsur yang terdapat dalam air laut dapat dilihat pada tabel 2.1 (Sjafei Amri, 2005).

Tabel 2.1 Unsur-unsur dalam air laut

Unsur Kimia	Kandungan (ppm)
Clorida (Cl)	19.000
Natrium (Na)	10.600
Magnesium (Mg)	1.270
Sulfur (S)	880
Calium (Ca)	400
Kalsium (K)	380
Brom (Br)	65
Carbon (C)	28
Cr	13
B	4,6

Sumber : Tri Mulyono, 2004

Air laut mengandung sampai 35000 ppm (3,5 %) garam. Intrusi air laut pada struktur sangat tidak dianjurkan untuk terjadi karena dapat menimbulkan bahaya korosi. Namun resiko korosi dapat dikurangi dengan menyediakan penutup tulangan yang baik, misalnya selimut beton. Daerah yang paling agresif pada lingkungan laut adalah zona atmosferik dan zona percikan (*splashing*), karena pada zona tersebut kandungan oksigen sangat tinggi, sehingga meningkatkan laju korosi. Bentuk-bentuk serangan korosi yang umum terjadi di lingkungan laut adalah korosi merata, korosi galvanik, korosi sumuran (*pitting*)

dan korosi celah (*crevice*). Agresivitas lingkungan laut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti :

1. Laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi
2. Kandungan oksigen terlarut cukup tinggi
3. Temperatur permukaan laut umumnya tinggi
4. Ion klorida pada air laut merupakan ion agresif
5. Adanya *biofouling*

Air laut mempunyai kandungan klorida dan sulfat yang tinggi sebagai campuran. Misalnya, batasan ion klorida 0,1% dari berat semen dalam suatu campuran dengan 300 kg/m^3 semen dan faktor air semen 0,5 akan membatasi kandungan ion klorida dalam campuran sebanyak $(0,001 \times 300)/150 = 0,002 \text{ kg}$ per kg air, atau 2000 ppm.

Secara umum garam yang terkandung di dalam air laut dapat memberikan tiga pengaruh, yaitu (Sjafei Amri, 2005) :

1. Kandungan unsur sodium klorida mempercepat waktu pengikatan dan pengerasan seperti halnya pengaruh kalsium klorida dalam kadar yang sama.
2. Garam muncul ke permukaan beton sebagai lapisan tipis berwarna keputih-putihan ketika beton mengeras.
3. Sodium klorida mengakibatkan korosi pada tulangan, apabila beton tidak mempunyai kualitas dan selimut beton yang mencukupi, karena air laut dapat mengakibatkan pengaruh korosi pada tulangan.

Garam-garam sodium yang terkandung dalam air laut dapat menghasilkan substansi yang bila berkombinasi dengan agregat alkali yang reaktif, sama seperti kombinasi dengan semen alkali. Oleh karena itu, air laut tidak boleh digunakan untuk mortar yang diketahui mempunyai potensi agregat alkali reaktif, bahkan bila kadar alkalinya rendah (Paulus Nugraha dalam Agung Wicaksono & Fauzan Faizirin, 2009).

Sebagian dari garam-garam ini akan bereaksi secara kimiawi dengan semen dan mengubah atau memperlambat proses pengikatan semen, jenis-jenis lainnya dapat mengurangi kekuatan mortar. Selain reaksi kimia, kristalisasi garam dalam rongga mortar dapat mengakibatkan kehancuran akibat tekanan kristalisasi tadi. Karena kristalisasi terjadi pada titik penguapan air, bentuk serangan terjadi di

dalam mortar diatas permukaan air. Garam naik di dalam mortar dengan aksi kapiler, jadi serangan terjadi hanya jika air dapat terserap dalam mortar. Pengurangan kekuatan ini dapat dikurangi dengan mengurangi faktor air semen (Paulus Nugraha dalam Agung Wicaksono & Fauzan Faizirin, 2009).

2.3.3. Ion Klorida

Ion klorida yang berada dalam mortar, dapat berasal dari bahan-bahan pembentuk mortar ketika proses pembuatannya (misal dari agregat, air yang dipakai mencampur, atau zat *additive*) atau dari lingkungan luar mortar, seperti air laut, Mekanisme masuknya ion klorida ke dalam mortar dapat berlangsung dengan berbagai cara seperti difusi, penghisapan kapiler, permeasi dan kondensasi/evaporasi/kristalisasi. Selain itu, yang dapat mendominasi masuknya ion klorida ke dalam mortar tergantung dari lingkungan mortar berada. Misalnya pada lingkungan laut, mortar dapat berda didaerah terendam, pasang surut, daerah pecahnya gelombang atau di udara terbuka.

Mekanisme masuknya ion klorida kedalam mortar dapat dijelaskan sebagai berikut (Wayan Armaja, 2001) :

1. Permeasi

Didefinisikan sebagai proses mengalirnya aliran tiap unit volume per unit luas permukaan tiap satuan waktu pada temperatur yang tetap. Permeasi terjadi akibat tekanan hidrolik dan menyebabkan ion klorida yang terlarut pada air laut akan ikut ke dalam mortar. Dalam kaitannya dengan permeasi, koefisien permeabilitas mortar menjadi karakteristik penting, karena menunjukkan tingkat kemudahan suatu cairan dapat merembes melalui material tersebut.

2. Penghisapan Kapiler

Didefinisikan sebagai mekanisme masuknya suatu cairan ke dalam material berpori akibat tegangan permukaan yang terjadi didalam lubang-lubang kapiler. Proses masuknya cairan dalam mekanisme ini dipengaruhi oleh karakteristik cairan seperti viskositas, densitas dan tegangan permukaan.

3. Difusi

Didefinisikan sebagai perpindahan massa dengan gerakan acak dari molekul atau ion kedalam pori-pori larutan yang menghasilkan jaringan aliran dari daerah konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Dari ketiga jenis mekanisme tersebut penetrasi tersebut, difusi merupakan mekanisme paling dominan dalam penetrasi klorida kedalam mortar, terutama pada daerah *submerged* (terendam air). Dimana pada daerah tersebut, pori-pori pada mortar terisi penuh oleh air.

2.4. Mortar

Mortar adalah campuran antara semen, pasir dan air dengan komposisi tertentu. Perbandingan massa semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memenuhi syarat adalah 1 : 2,75 : 0,5. Standar mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi spesi ataupun plasteran dinding sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (Anonim², 1990).

Mortar dapat dibedakan menjadi 4 macam, yaitu (Scott, 1993) :

- a. Mortar lumpur, dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan juga air.
- b. Mortar kapur, dibuat dari campuran pasir, kapur dan air.
- c. Mortar semen, dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan yang tepat.
- d. Mortar khusus, dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar b dan c di atas dengan tujuan tertentu misalnya dengan penambahan serat, bubuk batu api dan sebagainya.

Mortar semen adalah mortar yang tersusun atas campuran semen Portland, pasir, dan air dengan komposisi tertentu. Komposisi bahan susun mortar semen, umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1: 2 sampai 1: 6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Mortar semen lebih kuat daripada ketiga jenis mortar diatas (mortar lumpur, mortar kapur, dan mortar khusus). Umumnya mortar semen ini digunakan sebagai plesteran dinding, bahan pelapis, dan perekat (spesi) pasangan batu bata, spesi batu kali, plesteran pemasangan tegel, dan sebagainya. Pada industri bahan bangunan, mortar semen biasanya

digunakan sebagai bahan untuk membuat tegel, batako, looster, *paving block*, buis beton, dan sebagainya.

Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik atau tinggi jika memakai pasir kasar dan bersih (tidak mengandung lumpur) serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butir (segregasi) pada semen dan pasir, yang berakibat membesarnya penyusutan dan mengurangi daya rekat (*adhesiveness*). Dengan demikian, akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

Sifat penting dari mortar adalah kuat tekan yang dapat menentukan kualitas mortar, sedangkan kualitas mortar bergantung pada kualitas bahan penyusunnya. Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori-pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang, dan mudah terjadi *slip* antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang (Gideon Kusuma, 1993).

Kandungan spesi dapat dikerjakan berdasarkan proporsi yang akan diberikan pada campuran sesuai dengan tegangan rencana yang diinginkan. Proporsi tersebut didasarkan pada perbandingan berat ataupun volume. Proporsi dari semen-pasir sesuai dengan perbandingan yang umum dipakai oleh masyarakat pada pembuatan dinding batu bata. Perbandingan air-semen dapat diambil berdasarkan kualitas dan kemudahan pengerjaan spesi. Pada umumnya FAS diambil sekitar 0,4. Pencampuran sebaiknya dilakukan dengan memakai mesin pengaduk / molen. Proses pengadukan dilakukan dengan mencampur semen dan pasir kemudian ditambahkan air hingga merata. (Paul dan Pana, 1978)

Faktor semen sangatlah mempengaruhi karakteristik campuran mortar. Kandungan semen hidrolik yang tinggi akan memberikan banyak keuntungan antara lain dapat membuat campuran mortar menjadi lebih kuat, lebih padat, lebih tahan air, lebih cepat mengeras dan juga memberikan rekatan yang lebih baik. Kerugiannya adalah dengan cepat campuran mengeras, maka dapat menyebabkan

susut kering yang lebih tinggi pula. Mortar dengan kandungan hidraulik rendah akan lebih lemah dan mudah dalam pergerakan.

Kekuatan mortar akan bertambah jika kandungan pori dalam mortar semakin kecil. Terjadi hubungan langsung antara kekuatan dengan kandungan pori dalam agregat. Semakin tinggi angka pori dalam agregat berarti semakin tinggi angka pori dalam mortar yang pada akhirnya akan menyebabkan turunnya kekuatan mortar.

Agregat yang digunakan dalam campuran mortar dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik. Agregat harus kuat, tahan lama dan bersih. Jika terdapat debu dan partikel-partikel lain, debu dan partikel tersebut akan mengurangi ikatan antara pasta semen dengan agregatnya. Kekuatan agregat memberikan pengaruh penting pada kekuatan mortar dan sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi daya tahan mortar (Tri Mulyono, 2004).

Jumlah air dalam pembuatan mortar harus cukup supaya terjadi rekatan yang benar-benar kuat antar partikel didalam campuran tersebut tetapi jumlahnya tidak boleh berlebih karena akan menimbulkan rongga-rongga dalam mortar dan kekuatannya akan menurun.

Di dalam penggunaannya, mortar harus memenuhi standar untuk digunakan sebagai bahan bangunan Mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1996) :

- a. Murah.
- b. Tahan lama.
- c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan).
- d. Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.
- e. Cepat kering dan mengeras.
- f. Tahan terhadap rembesan air.
- g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang

Pemakaian mortar pada kondisi bangunan tertentu disyaratkan untuk memenuhi mutu adukan yang tertentu pula. Sebagai contoh untuk bangunan gedung bertingkat banyak diisyaratkan menggunakan mortar yang kuat tekan minimumnya 3,0 Mpa.

2.5 Faktor Air Semen

Air merupakan bahan dari pembuat mortar yang diperlukan sebagai bahan pencampur semen dengan agregat, sehingga proses kimiawi semen dapat berlangsung dan mengikat agregat tersebut.

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen pada suatu pembuatan adonan mortar yang telah direncanakan. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna, pada umumnya dipakai nilai fas 0,40-0,60 tergantung mutu mortar yang dikehendaki. Semakin tinggi mutu mortar yang ingin dicapai umumnya nilai fas rendah, sedangkan di lain pihak untuk menambah daya *workability* diperlukan nilai fas yang tinggi (Istimawan Dipohusodo, 1999).

Faktor air semen (FAS) merupakan indikator yang penting dalam perancangan campuran beton. Pada umumnya semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu beton. Namun demikian, nilai FAS yang rendah tidak selalu berarti kekuatan betonnya semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pemadatan yang akan mengakibatkan mutu beton menurun.

Kekuatan mortar akan turun jika air yang ditambahkan dalam campuran semakin banyak. Oleh karena itu, penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai. FAS yang rendah menyebabkan air yang berada diantara bagian-bagian semen sedikit dan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya, massa semen lebih menunjukkan keterkaitannya (kekuatan awal lebih berpengaruh).

Semen Portland akan terus bereaksi dengan air saat pengikatan terjadi. Setelah 24 jam pada temperatur kamar, 30%-40% semen biasanya mengalami proses hidrasi, pembentukan lapisan penutup dengan bertambahnya kepadatan dan ketebalan yang melapisi partikelnya. Hidrasi patikel klinker yang besar secara parsial dan keseluruhan akan membentuk beton. Suatu ukuran dari pengerjaan

beton diperoleh dengan percobaan slump, dimana lebih kecil slump, lebih kaku dan lebih sukar pengerjaan beton. Bertambahnya FAS hingga lebih dari 0,6 akan menurunkan kekuatan beton untuk beton yang berumur 28 hari (Tri Mulyono, 2004).

2.6 Absorpsi

Absorpsi merupakan salah satu tolak ukur yang dapat dijadikan pedoman untuk menentukan keawetan beton / mortar. Absorpsi pada beton / mortar dapat diukur setelah berumur 28 hari. Pada hidrasi semen dengan derajat yang sama, permeabilitas akan menurun pada faktor air semen yang rendah. faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya absorpsi pada beton / mortar antara lain :

1. Faktor air semen (FAS)

Besarnya kadar air yang ada dalam campuran mortar ditentukan oleh faktor air semen, adanya fas yang tinggi , maka kadar air yang ada pada campuran mortar juga tinggi dan hal ini mengakibatkan absorpsi yang besar pula.

2. Susunan butir (gradasi) agregat

Pada mortar yang menggunakan bahan agregat bergradasi baik umumnya mempunyai nilai absorpsi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan mortar yang menggunakan agregat bergradasi kurang baik. Celah-celah yang ada diantara butiran yang lebih besar dapat terisi oleh butiran berukuran kecil dan dapat membentuk massa yang padat setelah dicampur dengan semen dan air. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terbentuknya rongga untuk diisi air sisa proses hidrasi.

2.7 Permeabilitas

Permeabilitas mortar adalah kemudahan mortar untuk dapat dilalui zat cair. Jika mortar tersebut dapat dilalui zat cair, maka mortar tersebut dikatakan permeabel. Jika sebaliknya, maka mortar tersebut dikatakan impermeabel. Maka sifat permeabilitas yang penting pada mortar adalah permeabilitas terhadap air. Besar-kecilnya tingkat permeabilitas ditunjukkan dengan koefisien permeabilitas (k). Koefisien permeabilitas dapat dihitung dengan rumus Darcy (Handoko Sugiharto *et al*, 2004) :

$$k = \frac{\rho g L Q}{P A} \quad (2-1)$$

keterangan :

k = koefisien permeabilitas (cm/det)

ρ = massa jenis air (kg/cm²)

g = percepatan gravitasi (cm/det²)

L = panjang atau tinggi sampel (cm)

Q = debit aliran air (cm²/det)

P = tekanan air (kg cm/det²/cm²)

A = luas penampang sampel (cm²)

2.8 Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar pada dasarnya adalah sebuah fungsi dari volume pori/rongga dari mortar itu sendiri. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji. Kuat tekan mortar dapat diperoleh dengan persamaan (Anonim², 1990) :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2-2)$$

keterangan :

σ = kuat tekan (N/m²)

P = beban maksimum (N)

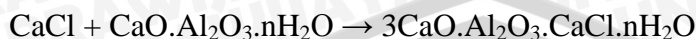
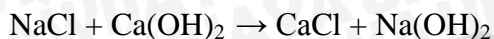
A = luas bidang permukaan (m²)

2.9 Pengaruh Air Laut Terhadap Kuat Tekan Mortar

Air laut memiliki kandungan garam yang tinggi dan dapat menggerogoti kekuatan mortar. Hal ini disebabkan klorida yang terdapat di air laut merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain, termasuk mortar. Kerusakan dapat terjadi akibat reaksi antara air laut yang terpenetrasi kedalam mortar dengan senyawa- senyawa didalam mortar sehingga mengakibatkan mortar kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan, dan mempercepat proses pelapukan.

Dalam proses hidrasi semen selain menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat, kalsium aluminat hidrat, dan kalsium aluminoferrit yang bersifat sebagai perekat juga menghasilkan kalsium hidroksida yang kelarutannya tinggi dan

bersifat basa. Kalsium hidroksida akan bereaksi dengan natrium klorida yang terdapat dalam air laut sehingga menghasilkan kalsium klorida dan natrium hidroksida.



Selanjutnya kalsium klorida bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat ($\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.n\text{H}_2\text{O}$) menghasilkan kalsium kloro aluminat yang bersifat mengembang. Karena terjadi pengembangan volume yang melebihi volume asalnya maka akan menimbulkan retak-retak, penggelembungan dan selanjutnya kerusakan ke dalam mortar.

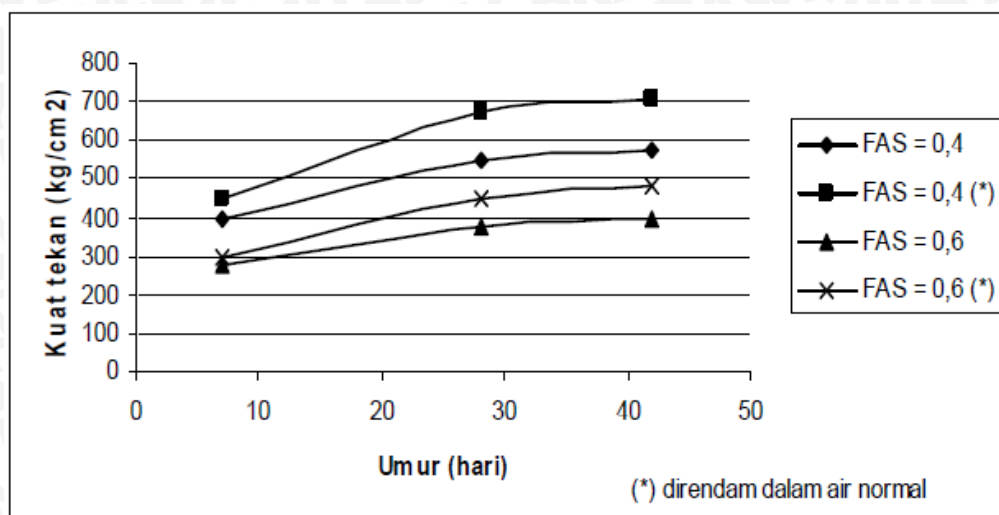
Magnesium sulfat merupakan salah satu garam yang terlarut dalam air laut. Dasar dari serangan sulfat ini adalah pembentukan kalsium sulfat dan kalsium sulfo aluminat. Reaksinya sebagai berikut :



Magnesium sulfat akan bereaksi dengan kalsium hidroksida menghasilkan kalsium sulfat (CaSO_4) dan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Selanjutnya kalsium sulfat bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat menghasilkan kalsium sulfo aluminat yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan kekeroposan pada mortar (Paulus Nugraha dalam Ngk. Md. Anom Wiriyasa, I. B. Dharma Giri & I Dewa Gede Muliarta, 2006).

Akibat dari retak-retak dan keropos yang terjadi pada mortar air laut dapat masuk ke dalam pori-pori mortar. Hal ini akan mengakibatkan mortar kehilangan sebagian massa dan kehilangan kekuatannya.

Pengaruh waktu perendaman terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 2.2. Gambar ini menunjukkan pengaruh perendaman terhadap kuat tekan yang dilakukan dengan membandingkan antara kuat tekan kubus beton yang direndam dalam larutan NaCl 10% dengan beton yang direndam dalam air biasa mulai umur 1 hari – 42 hari (Lien Suharlinah & Hadi Gunawan Sonjaya, 2009).



Gambar 2.2 Perbandingan nilai kuat tekan terhadap pengaruh perendaman
Sumber : Lien Suharlinah & Hadi Gunawan Sonjaya, 2009

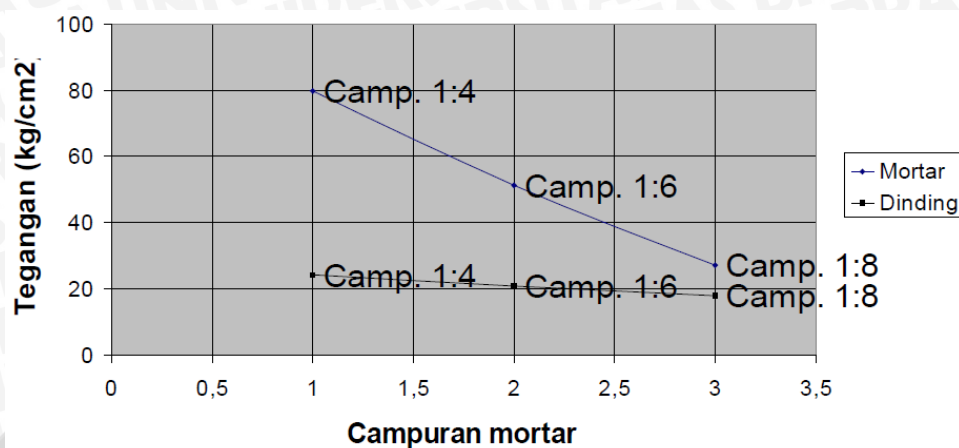
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa kuat tekan beton yang direndam dalam air biasa lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang direndam dalam larutan NaCl 10%. Nilai kuat tekan akan naik secara signifikan antara umur 10 – 30 hari, setelah itu kuat tekannya akan mengalami kenaikan yang relatif kecil. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan waktu perendaman selama 15, 20, 25, 30 hari.

2.10 Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Mortar

Mortar sebagai komponen yang melapisi elemen struktural bangunan berperan penting dalam menahan intrusi air laut. Semakin tinggi mutu mortar, maka semakin besar pula kepadatannya yang berarti pori-pori dalam mortar juga semakin kecil. Besar kecilnya mutu mortar ditentukan oleh perbandingan campuran semen dan pasir.

Di dalam pembuatan mortar terdapat berbagai macam variasi bahan dan campuran yang dapat digunakan. Variasi campuran dan bahan akan mempengaruhi mutu mortar. Pengurangan jumlah pasir pada campuran mortar memungkinkan untuk meningkatkan kuat tekan mortar. Semakin sedikit jumlah pasir yang digunakan, kekuatan mortar akan meningkat. Peningkatan kuat tekan mortar tersebut terjadi karena pasta semen akan lebih banyak mengikat agregat sehingga ikatan butir antar pasir semakin kuat.

Secara signifikan pengaruh komposisi campuran menentukan kekuatan tekan mortar dan dapat dilihat pada grafik berikut ini (Wisnumurti, 2004) :



Gambar 2.3 Pengaruh campuran mortar terhadap kuat mortar dan dinding
Sumber : Wisnumurti, 2004

2.11 Penelitian - Penelitian Terdahulu

2.11.1 Wachid Zaenal (1997)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Wachid Zaenal (1997) tentang pengaruh umur perendaman beton dalam air laut terhadap nilai kuat tarik belah yang menggunakan semen tipe I dan *Portland Pozolan Cement (PPC)* menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil regresi yang ada, akibat perendaman dengan air laut pada semen tipe I memiliki nilai kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Portland Pozolan Cement (PPC)*.
2. Perawatan dengan cara perendaman pada pemakaian semen tipe I mengalami kenaikan tertinggi pada umur perendaman 3 sampai 7 hari yaitu sekitar 17,58% / hari. Sedangkan pada PPC kenaikan tertinggi terjadi pada umur 7 sampai 14 hari yaitu sekitar 6,25% / hari.
3. Perawatan dengan cara perendaman dalam air laut sampai umur 3 hari tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kuat tarik belahnya. Tetapi antara umur 7 sampai 28 hari perbedaan itu akan tampak secara nyata.

2.11.2 Agung Wicaksono dan Fauzan Faizirin (2009)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Agung Wicaksono dan Fauzan Faizirin (2009) tentang pengaruh air laut pada perawatan beton terhadap kuat

tekan dan absorpsi beton dengan variasi fas dan durasi perawatan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi fas 0,45 : 0,50; dan 0,55 memberikan perbedaan terhadap kuat tekan beton serta ada perbedaan antara kuat tekan beton yang menggunakan air laut dengan kuat tekan beton yang menggunakan air bersih. Beton yang menggunakan air bersih memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang memakai air laut.
2. Sedangkan untuk durasi curing dengan air laut selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari terdapat perbedaan kuat tekan beton yang relatif kecil. Terjadi sedikit penurunan dari 1 ke 3 hari untuk fas 0,45 dan 0,50 serta terjadi sedikit kenaikan dari 1 ke 3 hari untuk fas 0,55.
3. Absorpsi yang terjadi pada beton dipengaruhi oleh variasi durasi *curing* air laut selama 1, 2, dan 3 hari serta variasi fas 0,45; 0,50 dan 0,55. Semakin lama masa *curing* dan semakin besar fas maka semakin besar pula absorpsi yang terjadi.

2.12 Hipotesis Penelitian

Dari beberapa kajian pustaka yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini dapat diambil hipotesis sebagai berikut :

1. Diduga variasi campuran spesi berpengaruh pada kuat tekan mortar.
2. Diduga waktu perendaman mortar dalam air laut berpengaruh terhadap kuat tekan mortar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dimulai pada bulan Agustus sampai dengan selesai.

3.2 Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Peralatan yang digunakan:

a. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan gradasi agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2 % terhadap benda uji.
- 2) Satu set saringan :4,75 mm (no.4); 2,36 mm (no.8);1,18 (no.16);0,6 mm (no.30); 0,3mm (no.50); 0,15 mm (no.100); 0,075 mm (no.200).
- 3) Oven pengatur kapasitas suhu (110 ± 5)°C.
- 4) Mesin pengguncangan saringan.
- 5) Talam dan kuas.

b. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut:

- 1)Timbangan yang mempunyai kapasitas lebih dari 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2)Piknometer kapasitas 500 ml.
- 3)Kerucut terpancung diameter atas (40+3) diameter bawah (90+3) mm dan tinggi (75+3) mm dibuat dari logam dengan tebal 0,8 mm.
- 4)Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340+15) gram dan diameter (25+3) mm.
- 5)Saringan no.4 (4,475 mm).
- 6)Oven pengatur suhu kapasitas (110+5)°C

- c. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat isi agregat halus adalah sebagai berikut:
 - 1) Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram
 - 2) Tongkat pemadat baja dengan panjang masing-masing ± 600 mm dan berdiameter ± 16 mm
 - 3) Kotak takar atau ember
 - d. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan kadar air agregat adalah sebagai berikut:
 - 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat benda uji
 - 2) Oven pengatur suhu
 - 3) Talam.
 - e. Peralatan yang digunakan pada pembuatan dan pengujian benda uji adalah sebagai berikut:
 - 1) Cetakan dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm
 - 2) Tongkat pemadat baja yang bersih dan bebas karat.
 - 3) Mesin pengaduk
 - 4) Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat contoh
 - 5) *Prooving ring* untuk membaca kuat tekan
 - 6) Peralatan tambahan : ember, sekop, sendok, perata, talam
 - f. Peralatan yang digunakan untuk perendaman dengan air laut berupa bak perendaman yang telah diisi dengan air laut.
2. Bahan yang diperlukan antara lain :
- a. Semen Gresik tipe I
 - b. Agregat halus
 - c. Air dari PDAM
 - d. Air laut
 - e. Bahan pewarna

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kuat tekan mortar akibat perendaman dengan air laut dengan variasi waktu perendaman masing-masing selama 10, 15, 20, 25 hari. Pemodelan dilakukan dengan membuat model mortar

dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm dengan perbandingan campuran semen dan pasir yang berbeda-beda. Benda uji kemudian didiamkan selama 28 hari lalu direndam dengan air laut sesuai waktu yang direncanakan, lalu dilakukan pengujian kuat tekan. Rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hubungan variasi campuran dengan waktu perendaman

Perbandingan (semen : pasir)	Waktu Perendaman (hari)				
	0	15	20	25	30
1 : 4	3	3	3	3	3
1 : 5	3	3	3	3	3
1 : 6	3	3	3	3	3

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini sebagai berikut :

- a. Persiapan alat dan bahan
- b. Pengujian agregat dan perencanaan campuran
- c. Pembuatan benda uji
- d. Setelah 1 hari, cetakan dibuka dan benda uji dibiarkan selama 28 hari.
- e. Masukkan air laut ke dalam bak lalu tambahkan pewarna campur sampai rata
- f. Masukkan benda uji ke dalam bak, lalu rendam sesuai waktu yang telah ditentukan.
- g. Setelah dilakukan perendaman, benda uji ditempatkan di tempat yang kering.
- h. Kemudian sampel di uji tekan dan dicatat beban maksimumnya.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah variasi perbandingan campuran pada mortar dan lama perendaman dalam air laut.

2. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan mortar.

3.6 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Metode eksperimen digunakan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat dan besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimen dan menyediakan kontrol pembanding

Pada uji tekan mortar, dimaksudkan untuk mendapatkan besarnya kuat tekan mortar (*compressive strength*) secara aksial sampai mortar tersebut patah (*failure*). Uji kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat benda uji berupa kubus mortar dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm, minimal 3 buah benda uji, cetakan kubus mortar harus terbuat dari metal/logam agar pada saat dipakai tidak terjadi penyerapan air oleh cetakan. Nilai kuat tekan diperoleh dengan membagi besar beban maksimum dengan luas penampang.

3.7 Analisis Data

Dari hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian benda uji kemudian diolah dan dianalisis menurut prosedur analisis statistik. Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi perbandingan campuran spesi dan variasi waktu perendaman dalam air laut terhadap kuat tekan mortar, digunakan analisis varian dua arah.

Pernyataan ada tidaknya pengaruh variasi perbandingan campuran spesi dan variasi waktu perendaman dalam air laut terhadap kuat tekan spesi dinyatakan secara statistik sebagai berikut :

- a. Menentukan hipotesis

$$H_0^1 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_k = 0$$

$$H_1^1 : \text{Sekurang-kurangnya satu } \alpha_1 \neq 0$$

$$H_0^2 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1^2 : Sekurang-kurangnya satu $\beta_1 \neq 0$

H_0^3 : $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = (\alpha\beta)_{13} = \dots = (\alpha\beta)_{ij} = 0$

H_1^3 : Sekurang-kurangnya satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

α = varian pengaruh waktu perendaman dalam air laut

β = varian pengaruh perbandingan campuran spesi

$\alpha\beta$ = varian pengaruh interaksi waktu perendaman dalam air laut dan perbandingan campuran spesi

Dengan H_0 : Tidak ada pengaruh variasi waktu perendaman dalam air laut, variasi campuran spesi dan interaksi keduanya pada kuat tekan mortar

H_1 : Ada pengaruh variasi waktu perendaman dalam air laut, variasi campuran spesi dan interaksi keduanya pada kuat tekan mortar

b. Menentukan *level of significant* $\alpha = 0.05$

c. Menentukan kriteria pengujian

Menentukan F_{tabel} dengan rumus : $F_{\text{tabel}} = F_{(1-\alpha)(db_A, db_B)}$ hitung $< F\{\alpha, (k-(n-1))\}$

d. Menghitung nilai uji F_{hitung}

e. Kesimpulan

Jika $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$, maka tolak H_0 dan H_1 diterima

Jika $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$, maka tolak H_1 dan H_0 diterima

Untuk mendapatkan grafik yang menggambarkan hubungan antar variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekannya berdasarkan hasil penelitian ini, maka dilakukan dengan permodelan sederhana menggunakan analisis regresi. Analisis regresi menjelaskan hubungan antara satu variabel terikat yang tergantung pada satu variabel bebas.

Pada penelitian ini untuk analisis regresi kuat tekan mortar setiap komposisinya akan digunakan program Microsoft Office Excel 2007.

3.8 Bagan Penelitian

Penelitian dilakukan secara analitis dan eksperimen sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Bahan yang Digunakan

4.1.1. Semen

Dalam penelitian ini semen yang dipakai adalah semen portland tipe 1 yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik. Semen ini dianggap telah memenuhi syarat Standart Industri Indonesia (SII) sebagai bahan pengikat dalam campuran mortar sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis lagi.

4.1.2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alam. Dari data analisis pasir sebagai berikut :

A. Pemeriksaan Gradasi Pasir

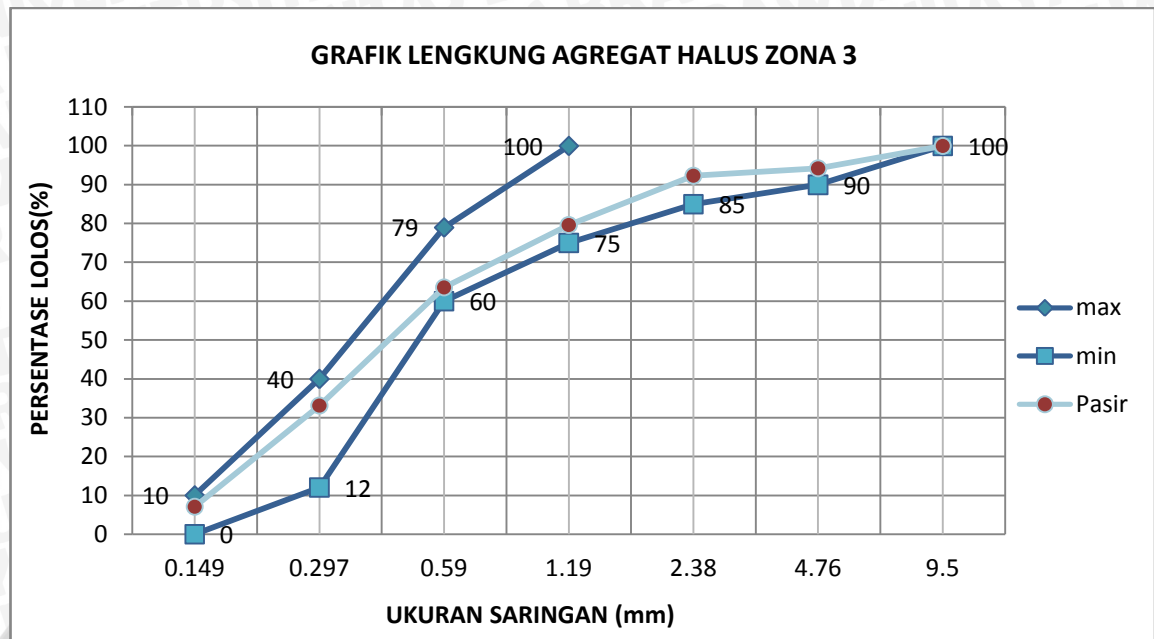
Tabel 4.1 Pemeriksaan gradasi pasir

Lubang Saringan		Pasir Tertinggal		Persentase Kumulatif	
no	mm	Gram	Persen	Tertinggal	Lolos
3"	76.2	-	-	-	-
2.5"	63.5	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-
1.5"	38.1	-	-	-	-
1"	25.4	-	-	-	-
3/4"	19.1	-	-	-	-
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	100
4	4.76	55.4	5.75	5.75	94.25
8	2.38	18.2	1.89	7.64	92.36
16	1.19	122.8	12.75	20.40	79.60
30	0.59	154.8	16.08	36.48	63.52
50	0.297	293	30.43	66.91	33.09
100	0.149	250.8	26.05	92.96	7.04
200	0.075	45.8	4.76	97.71	2.29
Pan		22	2.29	100.00	0.00
Jumlah		962.8	100		

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/8" \text{ sampai no } 100}{100}$$

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{230.14}{100} = 2.3014$$

$$\text{Zona Gradasi Agregat Halus} = \text{Zona } 3$$



Gambar 4.1 Grafik lengkung agregat halus

B. Pemeriksaan Kadar Air Pasir

Tabel 4.2 Pemeriksaan kadar air pasir

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	112	110
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	111.5	109.5
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0.5	0.5
4	Berat Talam	(gr)	36.2	34.4
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	75.3	75.1
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0.6640	0.6658
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0.6649	

C. Pemeriksaan Berat Isi Pasir

Tabel 4.3 Pemeriksaan berat isi pasir

1	Berat takaran	(gr)	1061.4	1061.4
2	Berat takaran + air	(gr)	3075	3075
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	2013.6	2013.6
4	Volume air = (3) / 1	(cc)	2013.6	2013.6
CARA			RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1061.4	1061.4
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	4188.6	3548.8
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3127.2	2487.4
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1.5530	1.2353
9	Berat isi agregat kasar rata-rata	(gr/cc)	1.3942	

D. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

Tabel 4.4 Pemeriksaan berat jenis pasir

NOMOR CONTOH			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	(gr)	500
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	495.2
Berat benda uji dalam air	B	(gr)	652.4
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt	(gr)	957.2
Berat Jenis Curah (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	Bk/(B+500-Bt)		2.54
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (<i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i>)	500/(B+500-Bt)		2.56
Berat Jenis Semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>)	Bk/(B+Bk-Bt)		2.60
Penyerapan (%) (<i>Absorption</i>)	(500-Bk)/Bkx100%		0.969

4.1.3. Air

Air yang dipakai dalam pembuatan benda uji adalah air bersih dari PDAM Kota Malang. Air ini dianggap telah memenuhi syarat sebagai bahan pelumas dan pencampur semen dengan agregat, sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis lagi.

4.1.4. Air Laut

Air laut yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari daerah pantai Bajulmati.

4.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Dalam penelitian ini, setelah benda uji direndam sesuai waktu yang ditentukan kemudian benda uji dites dengan alat uji tekan menggunakan *prooving ring*. Hasil pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.5 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5	5.025	5.085	264.6	25.125	2744.055
	2	5.025	5.23	5.085	281.8	26.281	2853.455
	3	5.015	5.18	5.15	275.5	25.978	3291.055
15 hari	1	5.1	5.11	5	264.8	26.061	2853.455
	2	5	5.11	5.055	282.4	25.550	2962.855
	3	5.15	5.05	5.1	283.2	26.008	2744.055
20 hari	1	5.165	5.035	5.155	289	26.006	2470.555
	2	5.03	5.135	5.05	284.6	25.829	2689.355
	3	5.15	4.95	5.15	277	25.493	2470.555
25 hari	1	5.03	4.975	5.1	258.6	25.024	2142.355
	2	5.1	5.145	5.23	288.4	26.240	2415.855
	3	5.02	5.125	5.145	287.4	25.728	2470.555
30 hari	1	5.025	5.105	5.14	284	25.653	2415.855
	2	5.085	5.035	5.24	279.8	25.603	2361.155
	3	5.1	5.1	5.15	283.6	26.010	1978.255

Tabel 4.6 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5.025	5.01	5.11	265	25.175	2361.155
	2	5.045	4.975	5.11	260	25.099	2853.455
	3	5.07	5.02	5.07	250.6	25.451	2142.355
15 hari	1	5.1	5.085	5.235	286.8	25.934	2744.055
	2	5.055	5.025	5.1	272.6	25.401	2361.155
	3	5.055	5.015	5.125	275	25.351	2197.055
20 hari	1	5.025	5.145	5.165	281.2	25.854	2115.005
	2	5	5.1	5.16	277.6	25.500	2005.605
	3	5.04	5.035	5.045	270.6	25.376	2306.455
25 hari	1	5.15	5.025	5.085	280	25.879	2197.055
	2	5.1	5.07	5.08	276.6	25.857	2087.655
	3	5.1	5.05	5.11	272.8	25.755	1923.555
30 hari	1	5.065	5.01	5.1	273.6	25.376	1814.155
	2	5.12	5.12	5.225	282.6	26.214	1978.255
	3	5.06	5.08	5.115	281.8	25.705	2005.605

Tabel 4.7 Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5.04	5.025	5.06	261.8	25.326	2087.655
	2	5.02	5.04	5.11	256.6	25.301	2197.055
	3	5.04	5.125	5.1	259	25.830	2525.255
15 hari	1	5	5.1	5.12	263.4	25.500	2032.955
	2	5.135	5.1	5.24	287.4	26.189	2197.055
	3	5.01	5.1	5.15	275.2	25.551	2497.905
20 hari	1	5.09	5.03	5.135	269	25.603	2032.955
	2	5.145	4.98	5.09	272.2	25.622	2087.655
	3	5.11	5.01	5.15	275.8	25.601	1841.505
25 hari	1	5.1	5.025	5.1	270.6	25.628	1650.055
	2	5.1	5.09	5.21	282	25.959	1923.555
	3	5.065	5.1	5.235	277	25.832	1868.855
30 hari	1	5.05	5.01	5.07	262.6	25.301	1622.705
	2	5.11	5.015	5.12	268.4	25.627	1704.755
	3	5.05	5.135	5.125	271.4	25.932	1868.855

Dari hasil pengujian diatas maka dapat dihitung nilai kuat tekan mortar dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan mortar dari tabel 4.1 untuk waktu perendaman 0 hari

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2744.055}{25.125} = 109,216 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.8 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	109.216
	2	108.576
	3	126.688
15 hari	1	109.491
	2	115.963
	3	105.510
20 hari	1	95.000
	2	104.121
	3	96.913
25 hari	1	82.624
	2	92.069
	3	96.028
30 hari	1	94.176
	2	92.222
	3	76.057

Tabel 4.9 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	93.789
	2	113.689
	3	84.174
15 hari	1	105.811
	2	92.954
	3	86.666
20 hari	1	81.807
	2	78.651
	3	90.890
25 hari	1	84.898
	2	80.738
	3	74.687
30 hari	1	71.492
	2	75.464
	3	78.025

Tabel 4.10 Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	82.431
	2	86.837
	3	97.764
15 hari	1	79.724
	2	83.894
	3	97.762
20 hari	1	79.404
	2	81.479
	3	71.931
25 hari	1	64.386
	2	74.100
	3	72.348
30 hari	1	64.137
	2	66.523
	3	72.068

Tabel 4.11 Rekapitulasi kuat tekan rata-rata mortar

Waktu Perendaman	Campuran Spesi		
	1 : 4	1 : 5	1 : 6
0 hari	114.827	97.217	89.011
15 hari	110.322	95.144	87.126
20 hari	98.678	83.783	77.605
25 hari	90.241	80.108	70.278
30 hari	87.485	74.994	67.576

Tabel 4.12 Penurunan kuat tekan rata-rata mortar yang direndam air laut terhadap kuat tekan rata-rata mortar yang tidak direndam

Waktu Perendaman	Campuran Spesi		
	1 : 4	1 : 5	1 : 6
15 hari	3.923 %	2.133 %	2.117 %
20 hari	14.063 %	13.819 %	12.815 %
25 hari	21.411 %	17.599 %	21.046 %
30 hari	23.811 %	22.860 %	24.081 %

Tabel 4.13 Penurunan kuat tekan rata-rata mortar terhadap campuran spesi

Waktu Perendaman	Campuran Spesi			Penurunan	
	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 4 ke 1 : 5	1 : 5 ke 1 : 6
0 hari	114.827	97.217	89.011	15.336 %	8.441 %
15 hari	110.322	95.144	87.126	13.758 %	8.426 %
20 hari	98.678	83.783	77.605	15.095 %	7.374 %
25 hari	90.241	80.108	70.278	11.229 %	12.271 %
30 hari	87.485	74.994	67.576	14.278 %	9.891 %

4.3. Analisis Statistik dengan Menggunakan Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui seberapa besar air laut terabsorpsi pada mortar maka dilakukan analisa statistik dengan menggunakan metode pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis dilakukan dengan teknik analisis statistik anova dua arah. Hipotesis yang diambil untuk pengaruh durasi waktu perendaman dan campuran spesi terhadap kuat tekan mortar sebagai berikut :

H_{0A} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antara waktu perendaman terhadap kuat tekan mortar

H_{0B} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antara campuran spesi terhadap kuat tekan mortar

H_{0AB} : Tidak ada interaksi yang signifikan antara waktu perendaman dan campuran spesi

Hasil perhitungan dari analisis statistik anova dua arah untuk pengaruh durasi waktu perendaman terhadap kuat tekan mortar dapat dilihat pada tabel 4.14, dan untuk perhitungan yang selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

Tabel 4.14 Ringkasan ANOVA dua arah

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat Rerata	F _{hitung}	F _{$\alpha=0,05$}
Pengaruh A	2264.8769	3	754.959	17.163	3.01
Pengaruh B	2711.3108	2	1355.655	30.819	3.40
Pengaruh A dan B	30.7075	6	5.118	0.116	2.51
Galat	1055.7045	24	43.988		
Total	6062.5998	35			

Berdasarkan Tabel 4.14 didapatkan bahwa :

1. Untuk pengaruh waktu perendaman mortar terhadap kuat tekan mortar, maka $F_{hitung} > F_{Tabel}$. Dengan hasil perhitungan F_{hitung} sebesar 17.163 lebih besar dari nilai F_{Tabel} sebesar 3.01, maka diambil keputusan untuk menolak H_{0A} dan menerima H_{1A} untuk resiko kesalahan 5 % sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel waktu perendaman mortar memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan mortar.
2. Untuk pengaruh variabel perbandingan spesi terhadap kuat tekan mortar, maka $F_{hitung} > F_{Tabel}$. Dengan hasil perhitungan F_{hitung} sebesar 30.819 lebih besar dari nilai F_{Tabel} sebesar 3.40, maka diambil keputusan untuk menolak H_{0B} dan menerima H_{1B} untuk resiko kesalahan 5 % sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel campuran spesi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan mortar.
3. Untuk pengaruh variabel interaksi antara variabel waktu perendaman mortar dan variabel perbandingan spesi terhadap kuat tekan mortar, maka $F_{hitung} < F_{Tabel}$. Dengan hasil perhitungan F_{hitung} sebesar 0.116 lebih kecil dari nilai F_{Tabel} sebesar 2.51, maka diambil keputusan untuk menerima H_{0AB} dan menolak H_{1AB} untuk resiko kesalahan 5 % sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi antara waktu perendaman dengan campuran spesi.

Untuk mengetahui seberapa besar tingkat signifikansi penurunan kuat tekan mortar yang direndam air laut, maka dilakukan pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis merupakan salah satu bagian terpenting dalam teknik pengambilan keputusan untuk mengetahui apakah suatu pernyataan atau hipotesis suatu masalah diterima atau ditolak. Keputusan diambil dengan membandingkan nilai signifikansi variabel bebas dengan taraf signifikansi atau $\alpha = 5\%$ dengan pedoman :

- Nilai $-t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima
- Nilai $t_{hitung} < -t_{tabel}$ atau $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_1 diterima

Dengan :

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang nyata antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan kuat tekan mortar yang tidak direndam.

H_1 : Terdapat perbedaan yang nyata antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan kuat tekan mortar yang tidak direndam.

Dari hasil perhitungan untuk kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4 yang direndam 15 hari, diperoleh nilai $t_{hitung} = 0.8273$ dan $t_{tabel} = -2.776$ atau 2.776 sehingga $-t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan kuat tekan mortar yang tidak direndam. Sedangkan untuk hasil perhitungan yang lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.15 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 4

Perbandingan		t_{hitung}	t_{tabel}	Hubungan
Tidak direndam	Rendam 15 hari	0.6755	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 20 hari	2.4650	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 25 hari	3.4423	2.776	Nyata
	Rendam 30 hari	3.3115	2.776	Nyata

Tabel 4.16 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 5

Perbandingan		t_{hitung}	t_{tabel}	Hubungan
Tidak direndam	Rendam 15 hari	0.2002	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 20 hari	1.4242	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 25 hari	1.8633	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 30 hari	2.4981	2.776	Tidak Nyata

Tabel 4.17 Perbandingan kuat tekan mortar campuran spesi 1 : 6

Perbandingan		t_{hitung}	t_{tabel}	Hubungan
Tidak direndam	Rendam 15 hari	0.2652	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 20 hari	2.1116	2.776	Tidak Nyata
	Rendam 25 hari	3.4370	2.776	Nyata
	Rendam 30 hari	4.1803	2.776	Nyata

Dari tabel diatas dapat kita ketahui bahwa pada mortar campuran spesi 1 : 4 dan 1 : 6 dengan lama perendaman 20 hari masih belum terjadi penurunan kuat tekan yang nyata. Penurunan kuat tekan akan tampak nyata mulai waktu waktu perendaman 25 hari. Sedangkan pada mortar campuran spesi 1 : 5 sampai waktu perendaman 30 hari masih belum mengalami penurunan kuat tekan yang nyata. Hal ini dikarenakan mortar dengan campuran spesi 1 : 5 mengalami penurunan kuat tekan yang lebih kecil dibanding mortar yang lain.

4.4. Analisis Regresi

Dari data penelitian kemudian dapat digambarkan grafik hubungan antara kuat tekan mortar dengan waktu perendaman air laut dan grafik hubungan antara kuat tekan mortar dengan perbandingan spesi. Analisa data pada penelitian ini menggunakan analisis regresi sesuai dengan trend data pengamatan dan pendekatan tertentu. Selanjutnya persamaan regresi diuji dengan koefisien determinasi R^2 .

Proses penentuan suatu fungsi pendekatan yang menggambarkan kecenderungan data dengan simpangan minimum antara nilai fungsi dan data disebut regresi. Jika pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel tak bebas, maka analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel tersebut. Regresi dilakukan terhadap mortar untuk mendapatkan hubungan antara variasi waktu perendaman mortar di air laut dengan nilai kuat tekan mortar dan variasi perbandingan spesi dengan nilai kuat tekan mortar. Jika absis (x) menyatakan variasi waktu perendaman mortar di air laut sedangkan ordinat (y) menyatakan nilai kuat tekan mortar maka $f(x)$ merupakan suatu fungsi polinomial untuk menyatakan hubungan x dan y.

Data primer yang diperoleh dalam bentuk sekumpulan nilai. Maka perlu dilakukan pengujian statistik serta mencari bentuk kurva yang dapat mewakili data primer tersebut. Dalam upaya mencari persamaan regresi yang paling tepat (dengan nilai galat terkecil) pendugaan parameter regresi dapat dibayangkan sebagai upaya memilih model yang membuat jumlah kuadrat simpangan/galat terhadap pengamatan sekecil-kecilnya. Misal data : $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ dengan x_n adalah variabel bebas dan y_n adalah variabel terikat maka persamaan regresi yang terbentuk :

$$Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

n : derajat dari polinomial yang dipergunakan

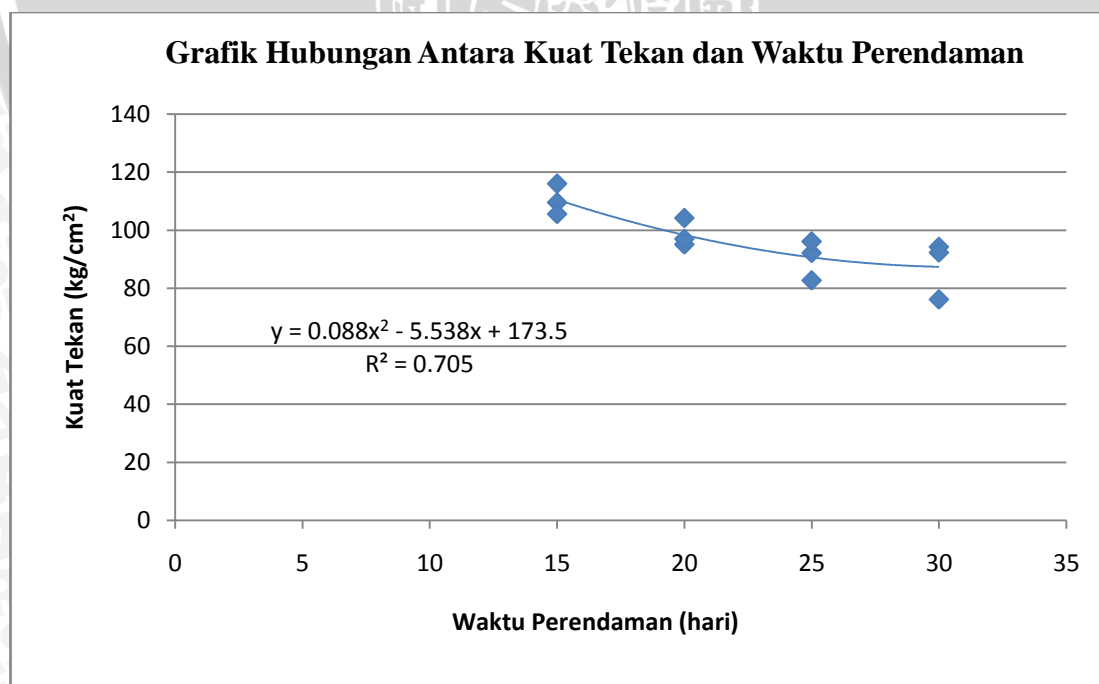
Apabila :

$$Y = a_0 + a_1 x \quad \text{merupakan bentuk kurva linier}$$

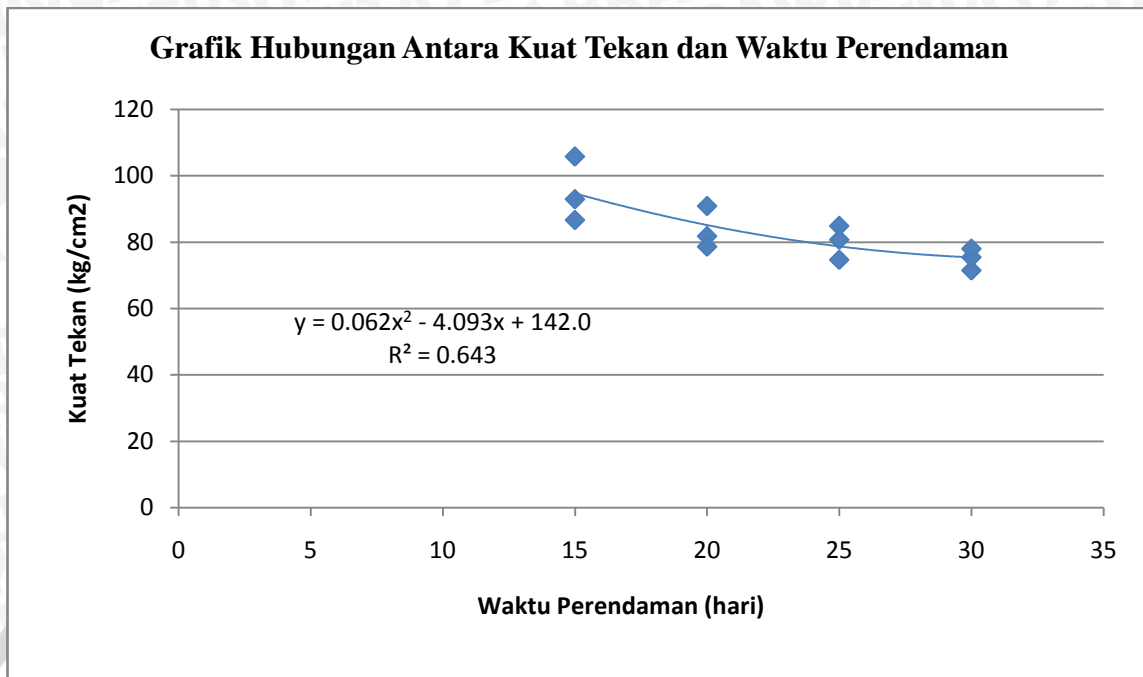
$$Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \quad \text{merupakan bentuk kurva derajat dua}$$

Pada penelitian ini regresi dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara variasi perbandingan spesi dan variasi waktu perendaman dalam air laut terhadap nilai kuat tekan mortar. Tingkat ketepatan dari fungsi regresi yang diperoleh diukur dari nilai koefisien determinasinya (R^2). Koefisien determinasi (R^2) merupakan nilai yang menyatakan besarnya nilai keterandalan model yaitu menyatakan besarnya variabel Y (nilai kuat tekan mortar) yang dapat diterangkan oleh variabel bebas X menurut persamaan regresi yang diperoleh. Besarnya nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati nilai 1 maka model yang digunakan semakin tinggi keterandalannya dan jika mendekati nilai 0 derajat keterandalannya rendah.

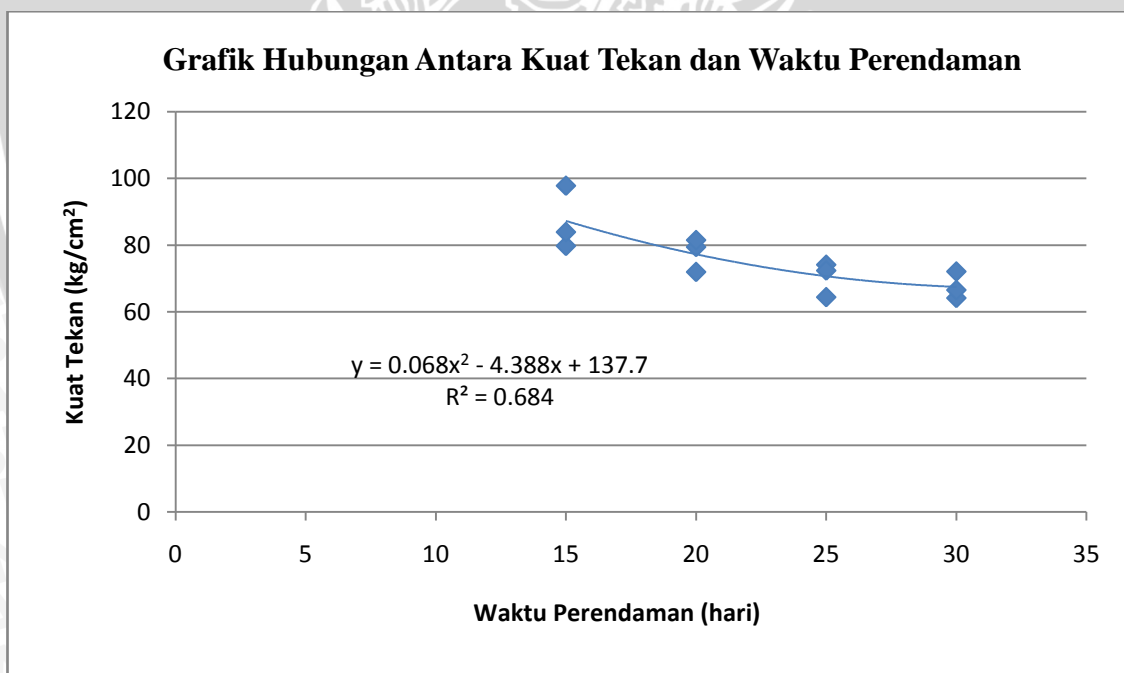
Hubungan pada setiap kejadian dalam penelitian ini dapat dinyatakan dengan perhitungan korelasi antara dua variabel. Koefisien korelasi (R) adalah suatu ukuran asosiasi (linier) relatif antara dua variabel yang menyatakan besarnya derajat keeratan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi dapat bervariasi dari -1 sampai 1. Jika $0 < R < 1$ maka dua variabel dikatakan berkorelasi positif dan jika $-1 < R < 0$ maka dua variabel dikatakan berkorelasi negatif. Nilai 0 (nol) menunjukkan tidak adanya hubungan antar variabel sedangkan nilai 1 atau -1 menunjukkan adanya hubungan sempurna antar variabel. Hasil analisa regresi adalah sebagai berikut :



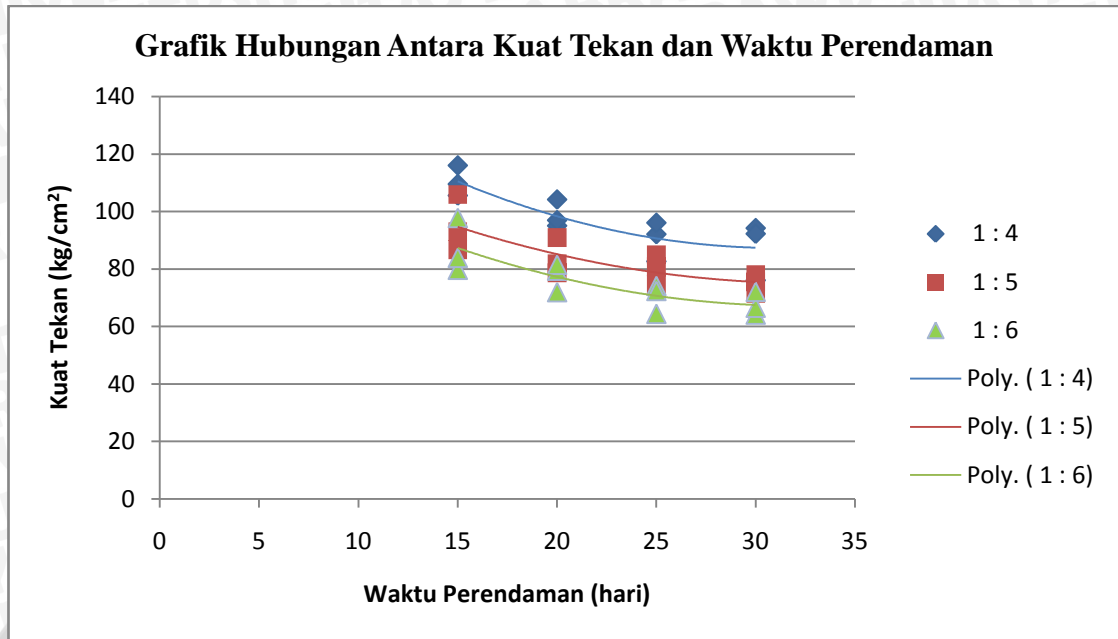
Gambar 4.2 Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4



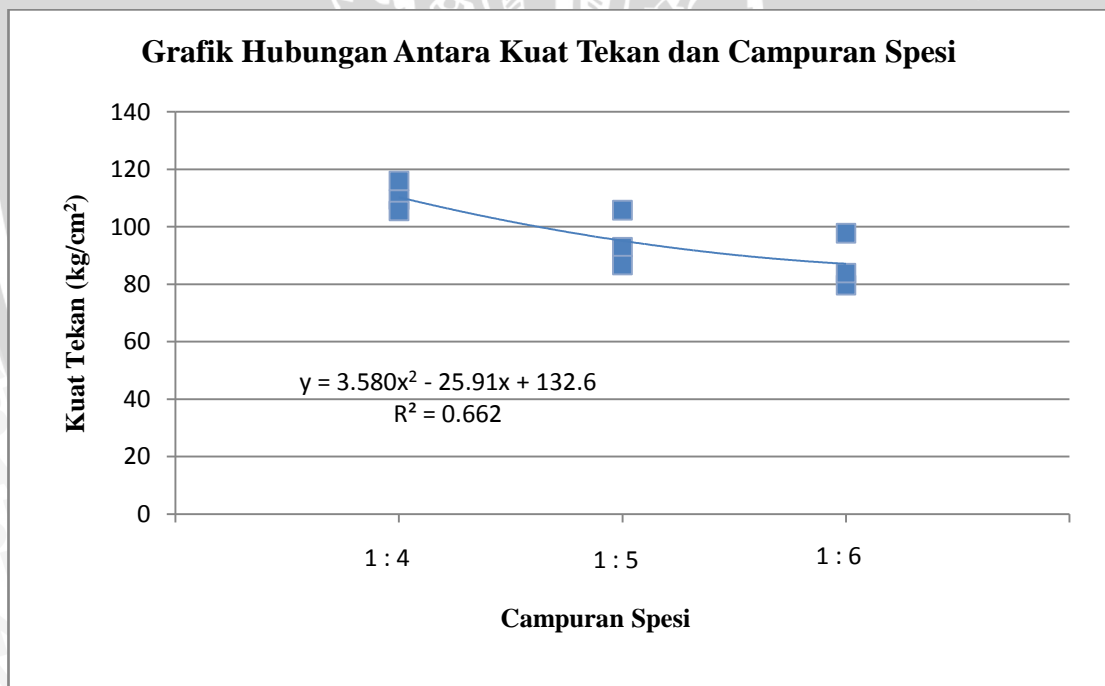
Gambar 4.3 Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5



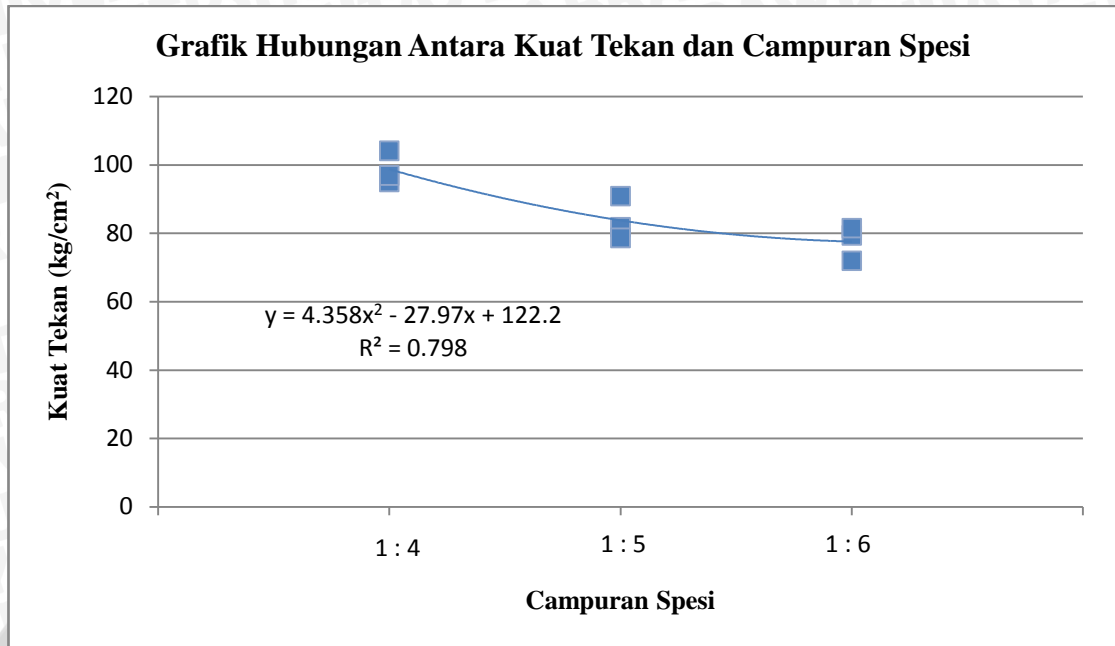
Gambar 4.4 Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6



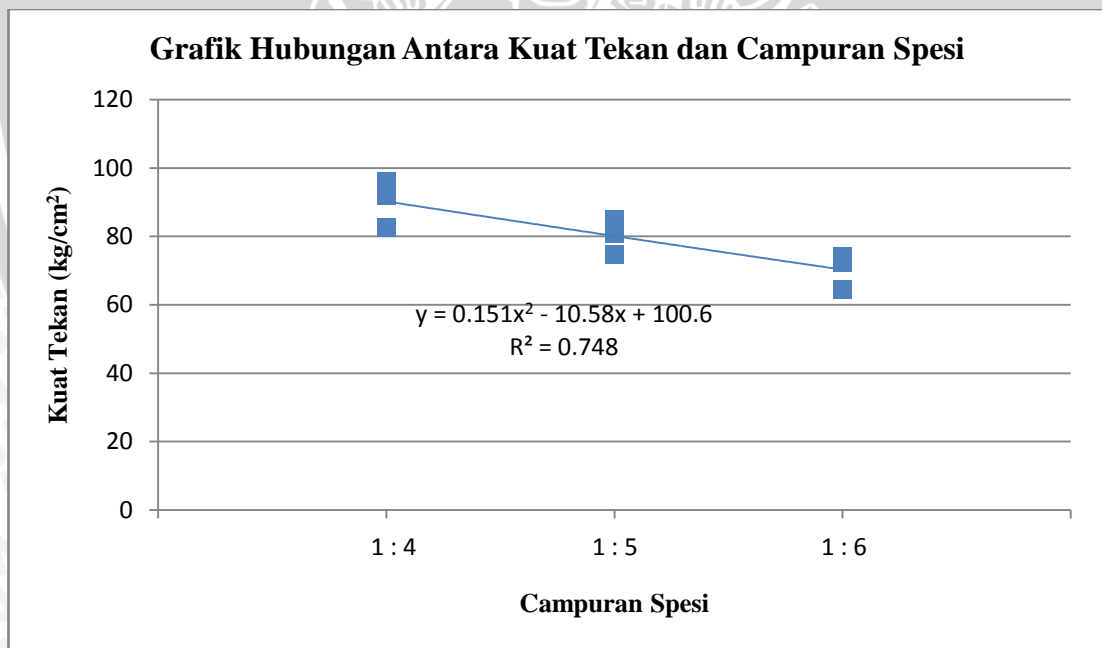
Gambar 4.5 Grafik kuat tekan mortar pada variasi campuran spesi



Gambar 4.6 Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 15 hari

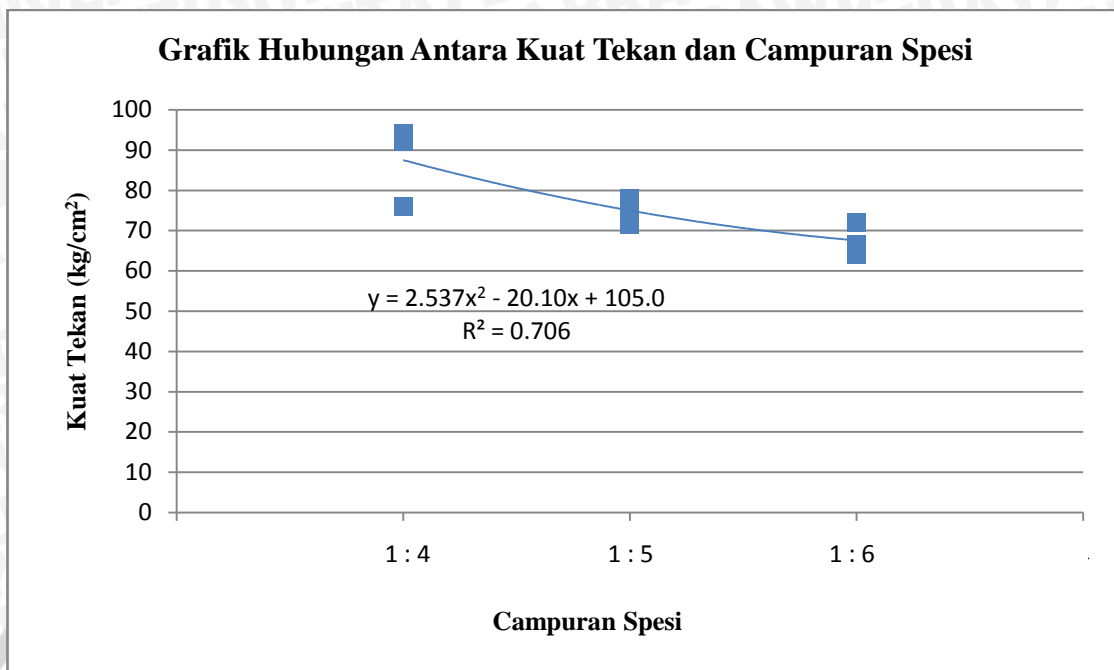


Gambar 4.7 Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 20 hari

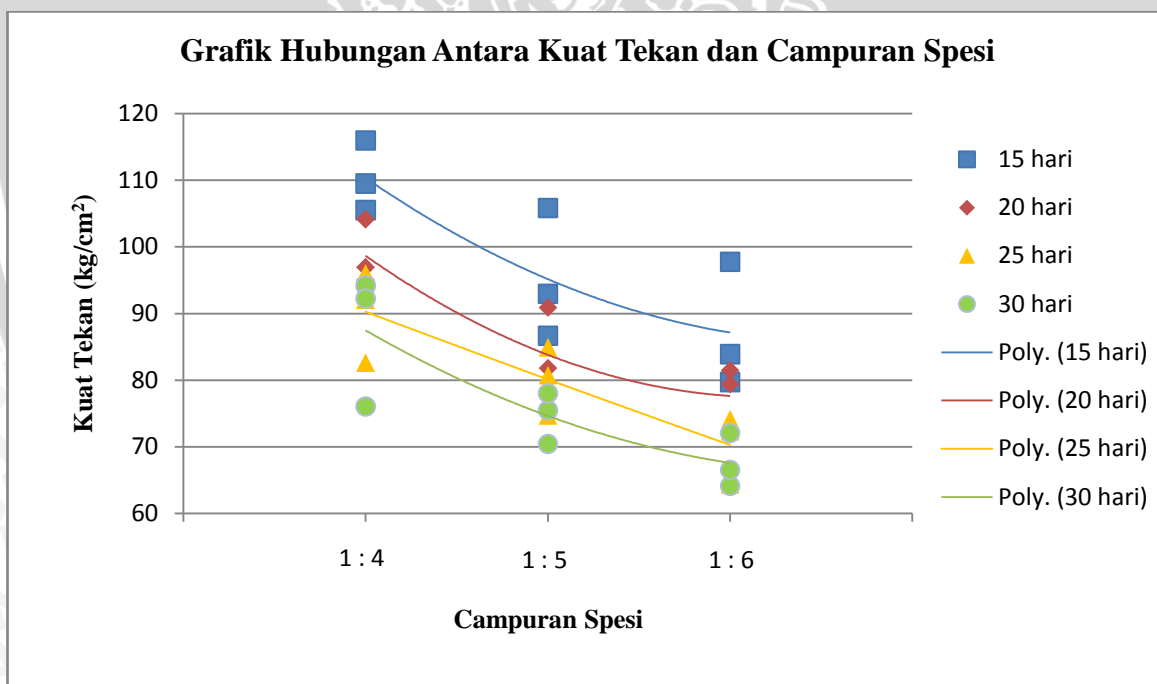


Gambar 4.8 Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 25 hari

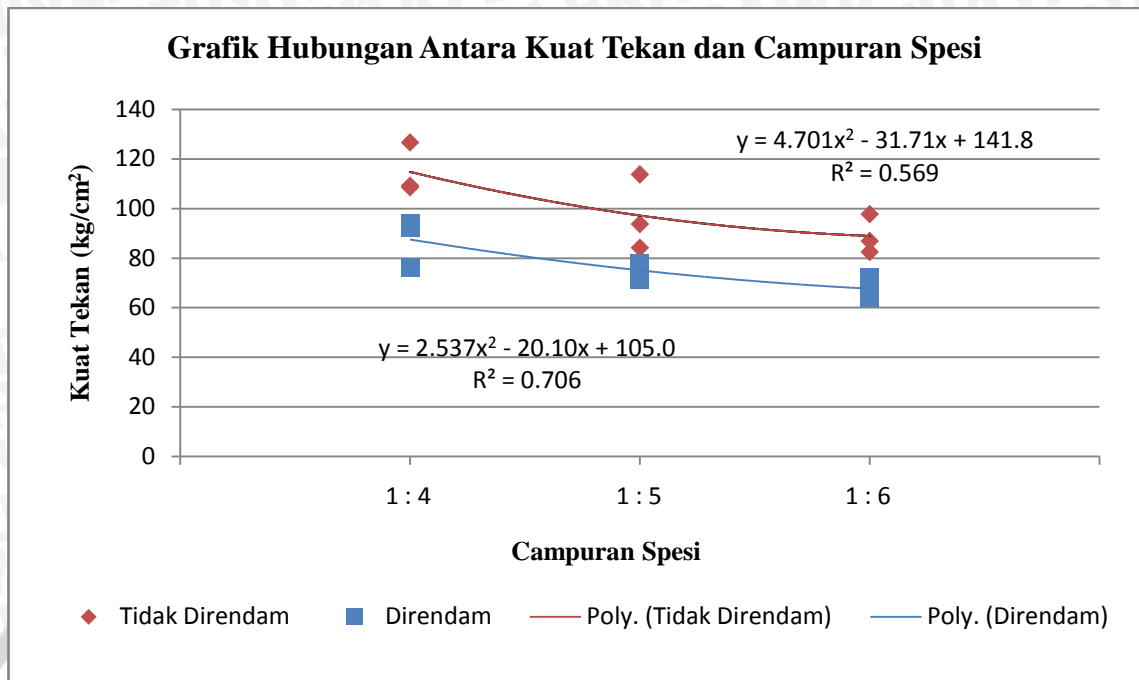




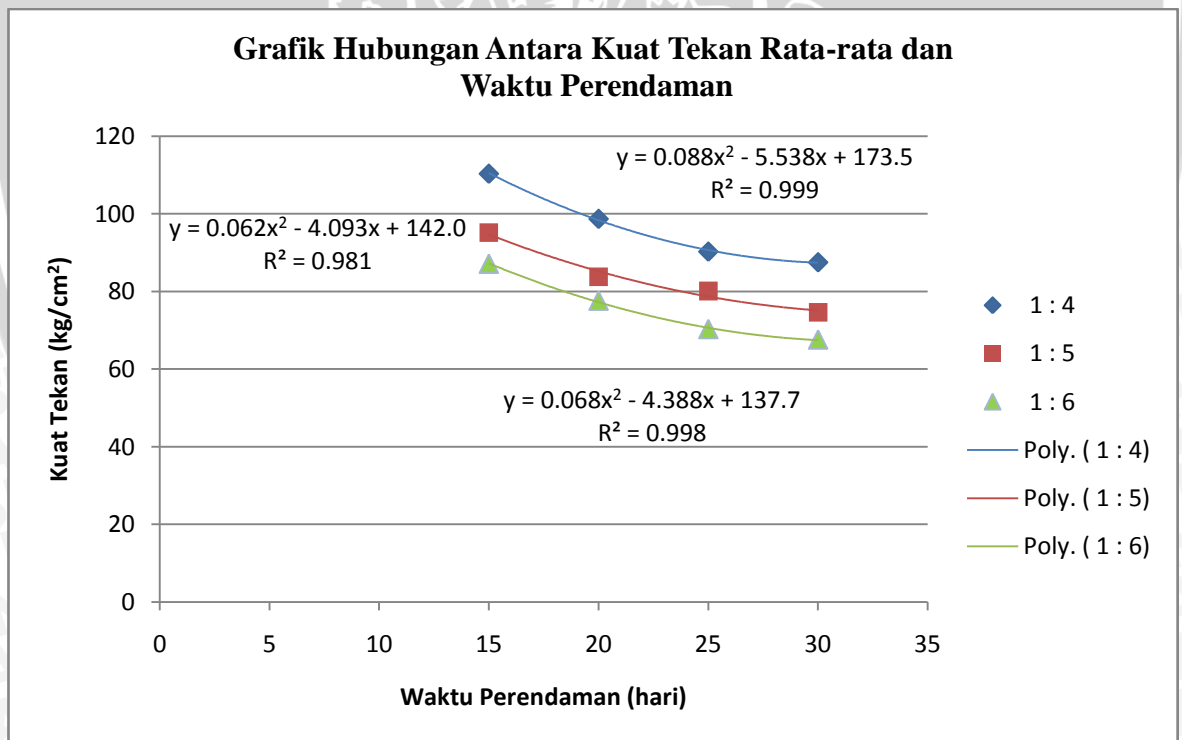
Gambar 4.9 Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 30 hari



Gambar 4.10 Grafik kuat tekan mortar pada variasi waktu perendaman



Gambar 4.11 Grafik perbandingan antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan yang tidak direndam



Gambar 4.12 Grafik kuat tekan rata-rata mortar pada variasi campuran spesi

4.5. Pembahasan

4.5.1. Pengaruh Variasi Waktu Perendaman terhadap Kuat Tekan Mortar

Dari hasil uji statistik dengan menggunakan ANOVA 2 arah maka diperoleh hasil bahwa $F_{hitung} > F_{Tabel}$, hal ini menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya variasi waktu perendaman berpengaruh terhadap nilai kuat tekan mortar dengan resiko kesalahan 5 %..

Dari persamaan regresi diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\text{Waktu perendaman 15 hari} \quad y = 3.580x^2 - 25.91x + 132.6$$

$$R^2 = 0.662 \quad R = 0.813$$

$$\text{Waktu perendaman 20 hari} \quad y = 4.358x^2 - 27.97x + 122.2$$

$$R^2 = 0.798 \quad R = 0.893$$

$$\text{Waktu perendaman 25 hari} \quad y = 0.151x^2 - 10.58x + 100.6$$

$$R^2 = 0.748 \quad R = 0.865$$

$$\text{Waktu perendaman 30 hari} \quad y = 2.537x^2 - 20.10x + 105.0$$

$$R^2 = 0.706 \quad R = 0.840$$

Dengan :

x = Waktu perendaman mortar di air laut (hari)

y = Nilai kuat tekan mortar (kg/cm^2)

Dari analisa regresi diatas dapat diketahui besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) pada mortar dengan waktu perendaman di air laut selama 15 hari adalah 0.662 yang artinya sebanyak 66.2 % nilai kuat tekan mortar (variabel y) dipengaruhi oleh besarnya waktu perendaman mortar di air laut (variabel x) sedangkan sisanya sebanyak 33.8 % nilai kuat tekan mortar dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain. Demikian pula dengan nilai koefisien determinasi pada variasi waktu perendaman yang lainnya.

Koefisien determinasi (R^2) dan derajat keeratan hubungan variabel (R) yang paling tinggi yaitu pada mortar dengan waktu perendaman di air laut selama 20 hari. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada mortar dengan dengan waktu perendaman di air laut selama 20 hari memiliki tingkat keterandalan yang tinggi. Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang terkecil yaitu pada mortar dengan dengan waktu perendaman di air laut selama 15

hari, sehingga dapat dikatakan bahwa pada mortar dengan waktu perendaman di air laut selama 15 hari memiliki tingkat keterandalan yang rendah.

4.5.2. Pengaruh Campuran Spesi terhadap Kuat Tekan Mortar

Dari hasil uji statistik dengan menggunakan ANOVA 2 arah maka diperoleh hasil bahwa $F_{hitung} > F_{Tabel}$, hal ini menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya variasi campuran spesi berpengaruh terhadap nilai kuat tekan mortar dengan resiko kesalahan 5 %..

Dari persamaan regresi diperoleh hasil sebagai berikut :

Campuran spesi 1 : 4	$y = 0.088x^2 - 5.538x + 173.5$	$R^2 = 0.705$	$R = 0.840$
Campuran spesi 1 : 5	$y = 0.062x^2 - 4.093x + 142.0$	$R^2 = 0.643$	$R = 0.802$
Campuran spesi 1 : 6	$y = 0.068x^2 - 4.388x + 137.7$	$R^2 = 0.684$	$R = 0.827$

Dengan :

- x = Campuran spesi
- y = Nilai kuat tekan mortar (kg/cm^2)

Dari analisa regresi diatas dapat diketahui besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) pada mortar dengan campuran spesi 1 : 4 adalah 0.705 yang artinya sebanyak 70.5 % nilai kuat tekan mortar (variabel y) dipengaruhi oleh besarnya campuran spesi (variabel x) sedangkan sisanya sebanyak 29.5 % nilai kuat tekan mortar dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain. Demikian pula dengan nilai koefisien determinasi pada variasi campuran spesi yang lainnya.

Koefisien determinasi (R^2) dan derajat keeratan hubungan variabel (R) yang paling tinggi yaitu pada mortar dengan campuran spesi 1 : 4. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada mortar dengan campuran spesi 1 : 4 memiliki tingkat keterandalan yang tinggi. Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang terkecil yaitu pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5, sehingga dapat dikatakan bahwa pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5 memiliki tingkat keterandalan yang rendah.

4.5.3. Hubungan Antara Waktu Perendaman dan Campuran Spesi terhadap Nilai Kuat Tekan Mortar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu perendaman mortar di air laut dan variasi campuran spesi berpengaruh terhadap nilai kuat tekan mortar. Dari hasil analisis varian dua arah diperoleh nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{Tabel} maka dapat diambil kesimpulan untuk menolak H_0 dan menerima H_1 . Berdasarkan Gambar 4.5 dapat terlihat bahwa pada hasil pengujian kuat tekan mortar dengan variasi campuran spesi dan variasi waktu perendaman di air laut, campuran spesi dan waktu perendaman di air laut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan mortar. Mortar dengan campuran spesi 1 : 4 memiliki nilai kuat tekan mortar lebih tinggi dari pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5 dan 1 : 6. Selanjutnya setelah dilakukan analisa regresi, pengujian tersebut memperlihatkan adanya pengaruh positif antara campuran spesi dengan nilai kuat tekan mortar.

Sedangkan mortar dengan waktu perendaman 15 hari memiliki nilai kuat tekan mortar lebih tinggi dari pada mortar dengan waktu perendaman 20, 25, dan 30 hari. Selanjutnya setelah dilakukan analisa regresi, pengujian tersebut memperlihatkan adanya pengaruh positif antara waktu perendaman mortar di air laut dengan nilai kuat tekan mortar. Dengan demikian dapat terlihat bahwa semakin besar perbandingan spesi (semen-pasir) maka semakin kecil nilai kuat tekannya dan semakin lama waktu perendaman mortar di air laut maka semakin kecil pula nilai kuat tekannya.

Dari hasil ini dapat terlihat bahwa faktor campuran spesi memberikan pengaruh terhadap penurunan kuat tekan mortar. Hal ini disebabkan penambahan jumlah pasir pada campuran mortar memungkinkan untuk menurunkan kuat tekan mortar. Semakin banyak jumlah pasir yang digunakan, kekuatan mortar akan menurun. Penurunan kuat tekan mortar tersebut terjadi karena pasta semen akan lebih sedikit mengikat agregat sehingga ikatan butir antar pasir semakin lemah.

Sedangkan faktor waktu perendaman di air laut juga memberikan pengaruh terhadap penurunan kuat tekan mortar. Hal ini disebabkan air laut memiliki kandungan garam yang tinggi dan dapat menggerogoti kekuatan mortar sehingga ion-ion klorida yang terdapat di air laut yang merupakan garam dengan

sifat agresif terhadap bahan lain, dapat masuk ke pori-pori mortar. Kerusakan dapat terjadi akibat reaksi antara air laut yang terpenetrasi kedalam mortar dengan senyawa-senyawa didalam mortar sehingga mengakibatkan mortar kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan, dan mempercepat proses pelapukan.

Dari data-data diatas dapat terlihat bahwa kapasitas mortar dalam memikul beban mengalami penurunan seiring semakin besarnya campuran spesi. Pada mortar yang direndam air laut selama 15 hari dengan campuran spesi 1 : 4 didapat kuat tekan rata-rata 110.322 kg/cm^2 , sedangkan pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5 didapat kuat tekan rata-rata 95.144 kg/cm^2 , dan pada mortar dengan campuran spesi 1 : 6 didapat kuat tekan rata-rata 87.126 kg/cm^2 . Jika dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata mortar dengan campuran spesi 1 : 4 maka mortar dengan campuran spesi 1 : 5 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 13.758 %, sedangkan kuat tekan rata-rata mortar dengan campuran spesi 1 : 6 jika dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata mortar dengan campuran spesi 1 : 5 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 8.426 %.

Selain itu, kapasitas mortar dalam memikul beban mengalami penurunan seiring semakin lamanya waktu perendaman dalam air laut. Pada mortar yang tidak direndam air laut dengan campuran spesi 1 : 4 didapat kuat tekan rata-rata $114,827 \text{ kg/cm}^2$, pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5 didapat kuat tekan rata-rata 97.217 kg/cm^2 , dan pada mortar dengan campuran spesi 1 : 6 didapat kuat tekan rata-rata 89.011 kg/cm^2 . Sedangkan pada mortar yang direndam air laut selama 30 hari dengan campuran spesi 1 : 4 didapat kuat tekan rata-rata 87.485 kg/cm^2 , sedangkan pada mortar dengan campuran spesi 1 : 5 didapat kuat tekan rata-rata 74.994 kg/cm^2 , dan pada mortar dengan campuran spesi 1 : 6 didapat kuat tekan rata-rata 67.576 kg/cm^2 . Sehingga mortar dengan campuran spesi 1 : 4 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 23.811%, mortar dengan campuran spesi 1 : 5 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 22.860 %, dan mortar dengan campuran spesi 1 : 6 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 24.081 %.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang diuraikan pada bab sebelumnya maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi campuran spesi menunjukkan adanya pengaruh terhadap kuat tekan mortar. Semakin besar campuran spesi pada mortar maka nilai kuat tekan mortar akan semakin kecil.
2. Variasi waktu perendaman mortar dalam air laut menunjukkan adanya pengaruh terhadap kuat tekan mortar. Semakin lama waktu perendaman mortar dalam air laut maka nilai kuat tekan mortar akan semakin kecil.

5.2. Saran

Untuk mendapatkan data yang benar-benar akurat, maka diperlukan perencanaan yang matang. Perencanaan tersebut meliputi persiapan bahan dan alat uji, pembuatan benda uji harus direncanakan dengan baik karena ketersediaan cetakan yang terbatas. Beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian ini, antara lain :

1. Dalam pembuatan benda uji sebaiknya dibuat dalam jumlah yang lebih banyak sehingga jika ada benda uji yang jelek dapat dibuang dan diganti benda uji lain.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan variabel yang lain misalnya FAS.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan waktu perendaman yang lebih lama misalnya 2 bulan.

Dari saran-saran tersebut, diharapkan penelitian ini bisa disempurnakan untuk mendapat hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Wicaksono & Fauzan Faizirin. 2009. *Pengaruh Air Laut pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Variasi Fas dan Durasi Perawatan*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Anonim¹, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 (PUBI-1982)*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. Balitbang Dep. PU
- Anonim², 1990. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Teknik Sipil (SNI M-111-1990-03)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim³, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Gideon Kusuma. 1993. *Pedoman pengerjaan beton berdasar SK-SNI T-15-1991-03*. Jakarta : Erlangga.
- Handoko Sugiharto *et al.* 2004. *Rancang Bangun Alat Uji Permeabilitas Beton*. Civil Engineering Dimension Volume 6 Nomor 2 September 2004.
- Istimawan Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kardiyono Tjokrodimoeljo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : NAFIRI
- Lien Suharlinah & Hadi Gunawan Sonjaya. 2009. *Pengaruh Penggunaan Fly Ash dan Mikrosilika terhadap Korosifitas Beton Jembatan*. Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan TA.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc. Bandung: PT Refika Aditama.
- Ngk. Md. Anom Wiryasa, I.B. Dharma Giri & I Dewa Gede Muliarta. 2006. *Pengaruh Nacl dan MgSO₄ Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Batu Padas Buatan*. (Online), (<http://www.google.com>, diakses 10 Mei 2011).
- Scott, John. S. 1993. *Kamus Lengkap Teknik Sipil Edisi Ke-4*. Jakarta: Erlangga.
- Sjafei Amri. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech Idetama.
- Tri Mulyono. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : ANDI
- Walpole, Ronald E. 1995. *Pengantar Statistika*, Edisi ke-3. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Wayan Armaja. 2001. *Prediksi Pengaruh Nisbah Air Semen dan Abu Terbang Suralaya Sebagai Substitusi Semen pada Difusitas Efektif Cl^- dalam Specimen Mortar dengan Metode yang Dipercepat*. Tugas Akhir tidak dipublikasikan, Bandung: ITB.

Wisnumurti (2004), *Pengaruh Komposisi Mortar Terhadap Kuat Geser dan Hancur Tekan Searah Bidang pada Dinding Pasangan Bata Merah*. Jurnal Rekayasa Volume 1 Nomor 2 Desember 2004.



Lampiran 1 Data Pengujian Mortar

Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5	5.025	5.085	264.6	25.125	2744.055
	2	5.025	5.23	5.085	281.8	26.281	2853.455
	3	5.015	5.18	5.15	275.5	25.978	3291.055
15 hari	1	5.1	5.11	5	264.8	26.061	2853.455
	2	5	5.11	5.055	282.4	25.550	2962.855
	3	5.15	5.05	5.1	283.2	26.008	2744.055
20 hari	1	5.165	5.035	5.155	289	26.006	2470.555
	2	5.03	5.135	5.05	284.6	25.829	2689.355
	3	5.15	4.95	5.15	277	25.493	2470.555
25 hari	1	5.03	4.975	5.1	258.6	25.024	2142.355
	2	5.1	5.145	5.23	288.4	26.240	2415.855
	3	5.02	5.125	5.145	287.4	25.728	2470.555
30 hari	1	5.025	5.105	5.14	284	25.653	2415.855
	2	5.085	5.035	5.24	279.8	25.603	2361.155
	3	5.1	5.1	5.15	283.6	26.010	1978.255

Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5.025	5.01	5.11	265	25.175	2361.155
	2	5.045	4.975	5.11	260	25.099	2853.455
	3	5.07	5.02	5.07	250.6	25.451	2142.355
15 hari	1	5.1	5.085	5.235	286.8	25.934	2744.055
	2	5.055	5.025	5.1	272.6	25.401	2361.155
	3	5.055	5.015	5.125	275	25.351	2197.055
20 hari	1	5.025	5.145	5.165	281.2	25.854	2115.005
	2	5	5.1	5.16	277.6	25.500	2005.605
	3	5.04	5.035	5.045	270.6	25.376	2306.455
25 hari	1	5.15	5.025	5.085	280	25.879	2197.055
	2	5.1	5.07	5.08	276.6	25.857	2087.655
	3	5.1	5.05	5.11	272.8	25.755	1923.555
30 hari	1	5.065	5.01	5.1	273.6	25.376	1814.155
	2	5.12	5.12	5.225	282.6	26.214	1978.255
	3	5.06	5.08	5.115	281.8	25.705	2005.605

Gaya tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6

Waktu Perendaman	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)
		(cm)					
0 hari	1	5.04	5.025	5.06	261.8	25.326	2087.655
	2	5.02	5.04	5.11	256.6	25.301	2197.055
	3	5.04	5.125	5.1	259	25.83	2525.255
15 hari	1	5	5.1	5.12	263.4	25.500	2032.955
	2	5.135	5.1	5.24	287.4	26.189	2197.055
	3	5.01	5.1	5.15	275.2	25.551	2497.905
20 hari	1	5.09	5.03	5.135	269	25.603	2032.955
	2	5.145	4.98	5.09	272.2	25.622	2087.655
	3	5.11	5.01	5.15	275.8	25.601	1841.505
25 hari	1	5.1	5.025	5.1	270.6	25.628	1650.055
	2	5.1	5.09	5.21	282	25.959	1923.555
	3	5.065	5.1	5.235	277	25.832	1868.855
30 hari	1	5.05	5.01	5.07	262.6	25.301	1622.705
	2	5.11	5.015	5.12	268.4	25.627	1704.755
	3	5.05	5.135	5.125	271.4	25.932	1868.855

Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	109.216
	2	108.576
	3	126.688
15 hari	1	109.491
	2	115.963
	3	105.510
20 hari	1	95.000
	2	104.121
	3	96.913
25 hari	1	82.624
	2	92.069
	3	96.028
30 hari	1	94.176
	2	92.222
	3	76.057

Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	93.789
	2	113.689
	3	84.174
15 hari	1	105.811
	2	92.954
	3	86.666
20 hari	1	81.807
	2	78.651
	3	90.890
25 hari	1	84.898
	2	80.738
	3	74.687
30 hari	1	71.492
	2	75.464
	3	78.025

Kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6

Waktu Perendaman	No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 hari	1	82.431
	2	86.837
	3	97.764
15 hari	1	79.724
	2	83.894
	3	97.762
20 hari	1	79.404
	2	81.479
	3	71.931
25 hari	1	64.386
	2	74.100
	3	72.348
30 hari	1	64.137
	2	66.523
	3	72.068

Rekapitulasi kuat tekan rata-rata mortar

Waktu Perendaman	Campuran Spesi		
	1 : 4	1 : 5	1 : 6
0 hari	114.827	97.217	89.011
15 hari	110.322	95.144	87.126
20 hari	98.678	83.783	77.605
25 hari	90.241	80.108	70.278
30 hari	87.485	74.994	67.576

Penurunan kuat tekan rata-rata mortar yang direndam air laut terhadap kuat tekan rata-rata mortar yang tidak direndam

Waktu Perendaman	Campuran Spesi		
	1 : 4	1 : 5	1 : 6
15 hari	3.923 %	2.133 %	2.117 %
20 hari	14.063 %	13.819 %	12.815 %
25 hari	21.411 %	17.599 %	21.046 %
30 hari	23.811 %	22.860 %	24.081 %

Penurunan kuat tekan rata-rata mortar terhadap campuran spesi

Waktu Perendaman	Campuran Spesi			Penurunan	
	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 4 ke 1 : 5	1 : 5 ke 1 : 6
0 hari	114.827	97.217	89.011	15.336 %	8.441 %
15 hari	110.322	95.144	87.126	13.758 %	8.426 %
20 hari	98.678	83.783	77.605	15.095 %	7.374 %
25 hari	90.241	80.108	70.278	11.229 %	12.271 %
30 hari	87.485	74.994	67.576	14.278 %	9.891 %

Lampiran 2 Pemeriksaan Agregat Halus

PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Tujuan Percobaan

Adapun tujuan diadakannya percobaan ini adalah :

1. Untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus (pasir).
2. Untuk menentukan modulus lembut pasir

Bahan yang Digunakan

Pasir alam dengan berat 1000 gram.

Peralatan Yang Digunakan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2% dari berat benda uji.
- b. Satu set ayakan ; 4.76 mm (no. 4); 2.38 mm (no. 8); 1.19 mm (no. 16); 0.59 mm (no. 30); 0.297 mm (no. 50); 0.149 mm (no. 100); 0.075 mm (no. 200).
- c. Oven pengatur suhu kapasitas 110°C
- d. Mesin pengguncang saringan
- e. Talam-talam dan kuas

Pelaksanaan Percobaan

- a. Bahan ditimbang seberat 1000 gram, lalu memasukan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam sampai berat tetap.
- b. Bahan dikeluarkan dari oven lalu didinginkan dan digunakan alat pemisah untuk memperoleh benda uji yang acak.
- c. Bahan diayak dengan susunan ayakan : 9.52 mm, 4.76 mm, 2.38 mm, 1.18 mm, 0.59 mm, 0.297 mm, 0.149 mm, dan 0.075mm, selama 5 menit.
- d. Bahan ditimbang yang tertahan pada masing-masing ayakan.

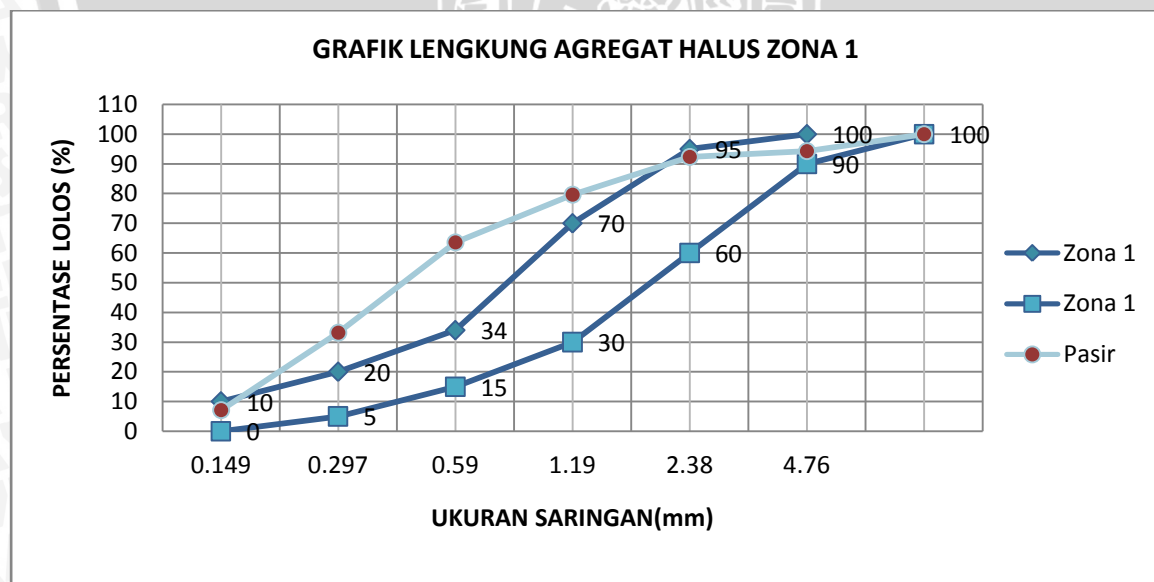
Hasil Pengujian

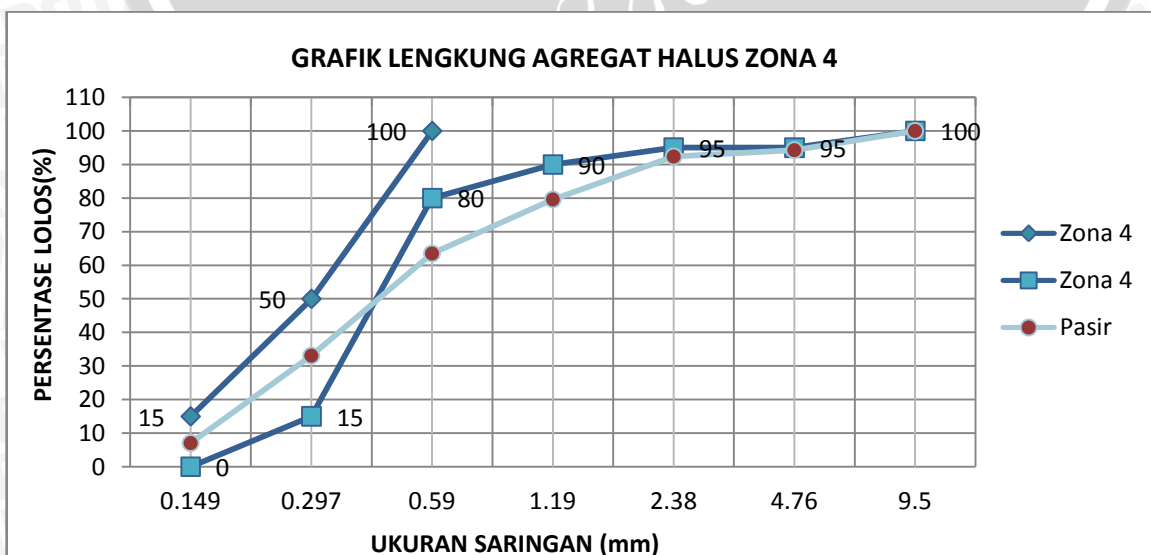
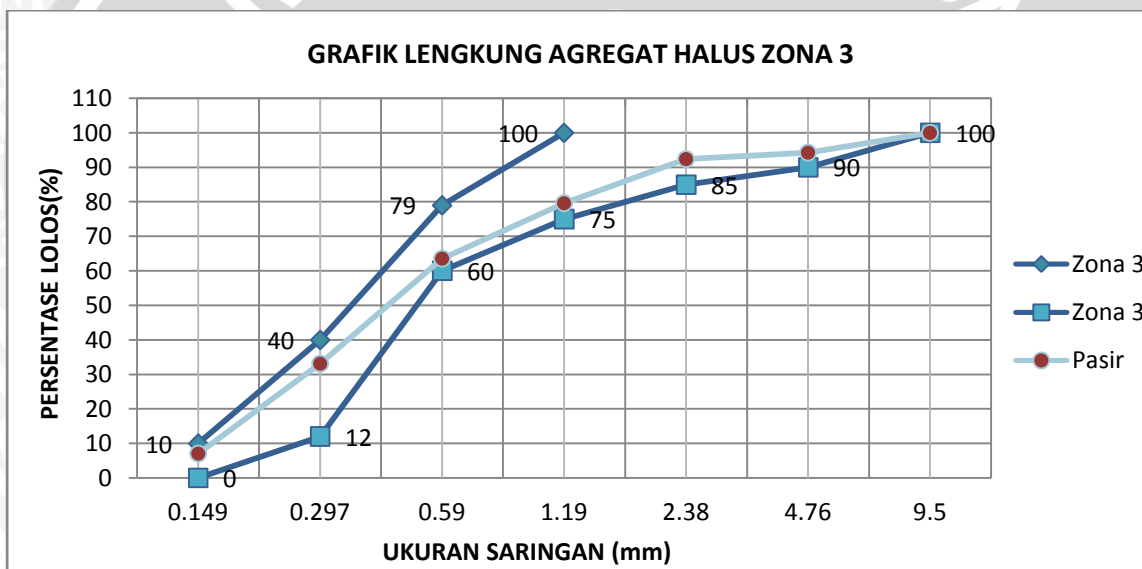
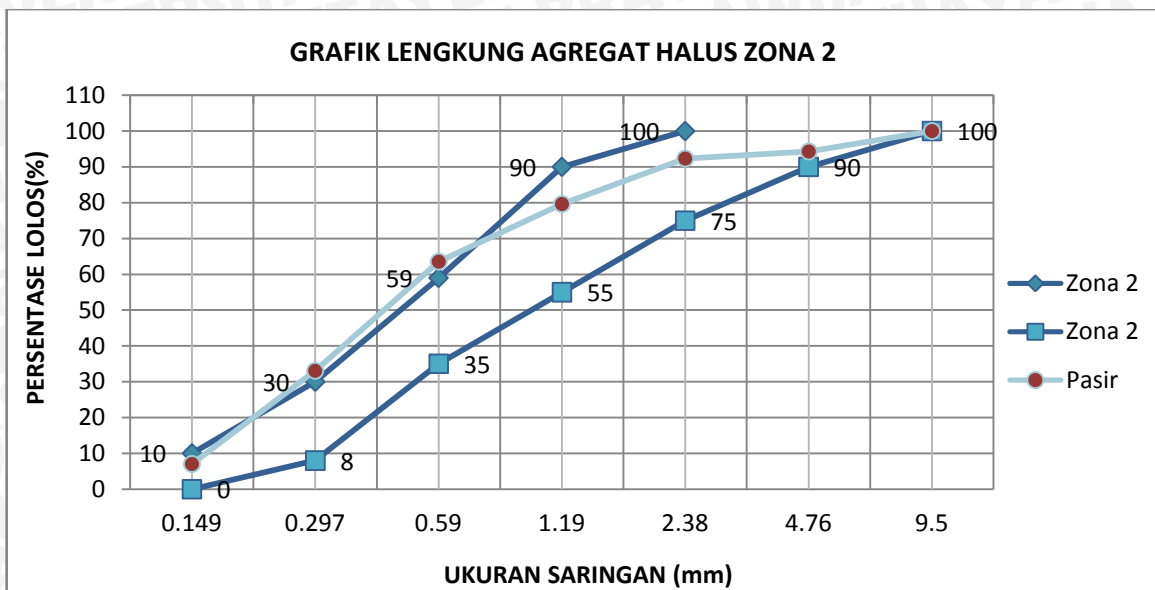
Lubang Saringan		Pasir Tertinggal		Persentase Kumulatif	
no	mm	Gram	Persen	Tertinggal	Lolos
3"	76.2	-	-	-	-
2.5"	63.5	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-
1.5"	38.1	-	-	-	-
1"	25.4	-	-	-	-
3/4"	19.1	-	-	-	-
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	100
4	4.76	55.4	5.75	5.75	94.25
8	2.38	18.2	1.89	7.64	92.36
16	1.19	122.8	12.75	20.40	79.60
30	0.59	154.8	16.08	36.48	63.52
50	0.297	293	30.43	66.91	33.09
100	0.149	250.8	26.05	92.96	7.04
200	0.075	45.8	4.76	97.71	2.29
Pan		22	2.29	100.00	0.00
Jumlah		962.8	100		

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/8" \text{ sampai no } 100}{100}$$

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{230.14}{100} = 2.3014$$

$$\text{Zona Gradasi Agregat Halus} = \text{Zona } 3$$





PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Tujuan

Untuk menentukan prosentase kadar air yang dikandung agregat halus

Bahan Yang Digunakan

Pasir alam dari sungai.

Peralatan Yang Digunakan

- Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat benda uji
- Oven pengatur suhu kapasitas (100-110)⁰ C
- Talam

Pelaksanaan Percobaan

- Letakan bahan yang sudah SSD pada talam dan ditimbang.
- Dimasukan dalam oven dengan suhu 110⁰C sampai beratnya tetap.
- Setelah dikeluarkan dari oven, didinginkan.
- pasir ditimbang dengan menggunakan timbangan untuk mengetahui berat kering agregat.

Hasil Pengujian

Nomor Contoh		1		
Nomor Talam		A	B	
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	112	110
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	111.5	109.5
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0.5	0.5
4	Berat Talam	(gr)	36.2	34.4
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	75.3	75.1
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0.6640	0.6658
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0.6649	

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Tujuan

Untuk mengetahui berat isi agregat

Bahan Yang Digunakan

Pasir alam atau buatan dari sungai atau dari gunung seberat 5 kg.

Peralatan yang Digunakan

- Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- Tongkat tumbuk baja panjang \pm 600 mm dengan diameter \pm 16 mm
- Kotak takaran atau ember.

Pelaksanaan Percobaan

- Pasir SSD direndam selama 24 jam, permukannya disapu dengan lap lembap
- Timbang kotak takar kosong
- Timbang kotak takar berisi air penuh
- Isi masing-masing kotak takar dengan benda uji dalam 3 lapisan sama, kemudian tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali (metode *Rodded*)
- Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar. Cara ini disebut *Rodded*
- Timbang kotak takar dan isi lagi dengan benda uji
- Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimaksudkan dengan singku da tinggi tidak lebih dari 2 inci diatas kotak takar. Cara ini disebut *Shovelling*
- Ratakan muka benda ujinya dengan mistar atau tangan
- Timbang kotak takar berisi benda uji

Hasil Pengujian

1	Berat takaran	(gr)	1061.4	1061.4
2	Berat takaran + air	(gr)	3075	3075
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	2013.6	2013.6
4	Volume air = (3) / 1	(cc)	2013.6	2013.6
	CARA		RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1061.4	1061.4
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	4188.6	3548.8
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3127.2	2487.4
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1.5530	1.2353
9	Berat isi agregat kasar rata-rata	(gr/cc)	1.3942	

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Tujuan Percobaan

- Menetapkan berat jenis curah.
- Menetapkan berat jenis kering permukaan jenuh.
- Menetapkan berat jenis semu.
- Menentukan absorpsi pada agregat halus.

Bahan yang Digunakan

- Pasir alam dari sungai, dengan berat 500 gr.
- Pasir lolos saringan 4,75 mm

Peralatan yang Digunakan

- Timbangan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0.1 gram
- Picnometer kapasitas 500 ml
- Kerucut terpancung diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam
- Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter (25 ± 3) mm
- Oven pengatur suhu kapasitas $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$

Pelaksanaan Percobaan

- Pasir 500 gr dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 100°C sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruangan lalu rendam dalam air selama 24 jam.
- Pasir setelah dikeringkan ditaruh diatas talam.
- Pasir dikeringkan dengan sinar matahari sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD), dengan cara membalik-balikkan benda uji.
- Memeriksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam cetakan kerucut terpancung sampai 1/3 penuh kemudian permukaan pasir ditumbuk sebanyak 25 X. Diperlukan sama pada 2/3 penuh dan penuh. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh (turun sepertiganya) tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- Pasir yang sudah SSD sebanyak 500 gr dimasukan ke dalam picnometer, dan memasukan air suling sampai tanda batas pada piknometer, sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung di dalamnya.

- f. Merendam picnometer dalam air dan ukur suhu air dan ukur suhunya untuk penyesuaian hitungan pada suhu standard 25° C.
- g. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- h. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gram (Bt).
- i. Mengeluarkan benda uji kemudian dioven selama 24 jam dengan suhu 110° C sampai berat tetap, keluarkan dan dinginkan dengan desikator. Setelah dingin lalu ditimbang (Bk)
- j. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan mengukur suhu standart 25° C (B).

Hasil Pengujian

NOMOR CONTOH			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	(gr)	500
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	495.2
Berat benda uji dalam air	B	(gr)	652.4
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt	(gr)	957.2

NOMOR CONTOH		A
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+500-Bt)$	2.54
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500/(B+500-Bt)$	2.56
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2.60
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk)/Bk \times 100\%$	0.969

Lampiran 3 Analisis Statistik

Hipotesis yang diambil untuk pengaruh durasi waktu perendaman dan perbandingan spesi terhadap kuat tekan mortar sebagai berikut :

H_{O_A} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antara waktu perendaman terhadap kuat tekan mortar

H_{O_B} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antara campuran spesi terhadap kuat tekan mortar

$H_{O_{AB}}$: Tidak ada interaksi yang signifikan antara waktu perendaman dan campuran spesi

Waktu Perendaman	Campuran Spesi		
	1 : 4	1 : 5	1 : 6
15 hari	109.491	105.811	79.724
	115.963	92.954	83.894
	105.510	86.666	97.762
20 hari	95.000	81.807	79.404
	104.121	78.651	81.479
	96.913	90.890	71.931
25 hari	82.624	84.898	64.386
	92.069	80.738	74.100
	96.028	74.687	72.348
30 hari	94.176	71.492	64.137
	92.222	75.464	66.523
	76.057	78.025	72.068

Waktu Perendaman	Campuran Spesi			Total
	1 : 4	1 : 5	1 : 6	
15 hari	330.965	285.431	261.379	877.775
20 hari	296.035	251.348	232.814	780.196
25 hari	270.722	240.323	210.834	721.879
30 hari	262.455	224.981	202.728	690.165
Total	1160.176	1002.084	907.755	3070.015

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F _{Hitung}	F _{Tabel}
Pengaruh A	2264.8769	3	754.959	17.163	3.01
Pengaruh B	2711.3108	2	1355.655	30.819	3.40
Pengaruh A dan B	30.7075	6	5.118	0.116	2.51
Galat	1055.7045	24	43.988		
Total	6062.5998	35			

Diketahui :

$$\text{Jumlah baris (r)} = 4$$

$$\text{Jumlah kolom (c)} = 3$$

$$\text{Jumlah ulangan (n)} = 3$$

Menghitung Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\text{JKT} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T^2}{rcn} = 109.491^2 + \dots + 72.068 - \frac{3070.015^2}{4 \times 3 \times 3} = 6062.5998$$

Menghitung Jumlah Kuadrat Pengaruh A (JKA)

$$\text{JKA} = \frac{\sum_{i=1}^r T_j^2}{cn} - \frac{T^2}{rcn} = \frac{877.775^2 + \dots + 690.165^2}{3 \times 3} - \frac{3070.015^2}{4 \times 3 \times 3} = 2264.8769$$

Menghitung Jumlah Kuadrat Pengaruh B (JKB)

$$\text{JKB} = \frac{\sum_{j=1}^c T_i^2}{rn} - \frac{T^2}{rcn} = \frac{1160.176^2 + 1002.084^2 + 907.755^2}{4 \times 3} - \frac{3070.015^2}{4 \times 3 \times 3} = 2711.3108$$

Menghitung Jumlah Kuadrat Pengaruh A dan B (JKAB)

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^r T_{i.}^2}{cn} - \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j}^2}{rn} + \frac{T^2}{rcn} \\ &= \frac{330.965^2 + \dots + 202.728^2}{3} - \frac{877.775^2 + \dots + 690.165^2}{3 \times 3} - \frac{1160.176^2 + 1002.084^2 + 907.755^2}{4 \times 3} \\ &\quad + \frac{3070.015^2}{4 \times 3 \times 3} = 30.7075 \end{aligned}$$

Menghitung Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 6062.5998 - 2264.8769 - 2711.3108 - 30.7075 \\ &= 1055.7045 \end{aligned}$$

$$\text{db}_A = r - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{db}_B = c - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{db}_{AB} = (r - 1)(c - 1) = (4 - 1)(3 - 1) = 6$$

$$\text{db}_D = rc(n - 1) = 4 \times 3(3 - 1) = 24$$

$$\text{db}_T = rcn - 1 = (4 \times 3 \times 3) - 1 = 35$$

Menghitung Kuadrat Tengah Pengaruh A

$$\text{KTA} = \frac{\text{JKA}}{\text{db}_A} = \frac{2264.8769}{3} = 754.959$$

Menghitung Kuadrat Tengah Pengaruh B

$$KTB = \frac{JKB}{db_B} = \frac{2711.3108}{2} = 1355.655$$

Menghitung Kuadrat Tengah Pengaruh A dan B

$$KTAB = \frac{JKABK}{db_{AB}} = \frac{30.7075}{6} = 5.118$$

Menghitung Kuadrat Tengah Galat

$$KTG = \frac{JKG}{db_D} = \frac{1055.7045}{24} = 43.988$$

Menghitung $F_{Hitung A}$

$$F_{Hitung A} = \frac{KTA}{KTG} = \frac{754.959}{43.988} = 17.163$$

Menghitung $F_{Hitung B}$

$$F_{Hitung B} = \frac{KTB}{KTG} = \frac{1355.655}{43.988} = 30.819$$

Menghitung $F_{Hitung AB}$

$$F_{Hitung AB} = \frac{KTAB}{KTG} = \frac{5.118}{43.988} = 0.116$$

Uji t

Benda uji	Kuat Tekan Mortar (kg/cm ²)	
	Tidak Direndam	Direndam 15 hari
1	109.216	109.491
2	108.576	115.963
3	126.688	105.510
Mean	114.827	110.322

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\text{Derajat kebebasan} = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4$$

➤ Kuat Tekan Mortar Tidak Direndam

$$\bar{X} = \frac{109.216 + 108.576 + 126.688}{3} = 114.827$$

$$S_1^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n - 1)}$$

$$\sum X^2 = (109.216)^2 + (108.576)^2 + (126.688)^2 = 39766.6559$$

$$S_1^2 = \frac{3 \times 339766.6559 - 344.4797^2}{3(3-1)} = 105.6174$$

➤ Kuat Tekan Mortar Direndam

$$\bar{X} = \frac{109.491 + 115.963 + 105.510}{3} = 110.322$$

$$S_1^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

$$\sum X^2 = (109.491)^2 + (115.963)^2 + (105.510)^2 = 36568.1791$$

$$S_1^2 = \frac{3 \times 339766.6559 - 344.4797^2}{3(3-1)} = 27.8325$$

Variansi gabungan

$$S_p = \sqrt{\frac{(n-1)S_1^2 + (n-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} = \sqrt{\frac{2(105.6174) + 2(27.8325)}{3 + 3 - 2}} = 8.1685$$

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{(114.827 - 110.322) - 0}{8.1685 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} = 0.6755$$

Taraf signifikansi $\alpha = 0.05 \rightarrow$ uji 2 arah, $\alpha/2 = 0.025$ derajat kebebasan = 4 maka

$t(0.025; 4) = 2.776$ atau $t(0.025; 4) = -2.776$ (dari tabel)

$-2.776 < 0.6755 < 2.776$

Maka disimpulkan : Kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan kuat tekan mortar yang tidak direndam tidak berbeda secara nyata

Selanjutnya perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Kuat tekan mortar 1 : 4

	Kontrol 1:4	rendam 15 hr 1:4	Kontrol 1:4	rendam 20 hr 1:4	Kontrol 1:4	rendam 25 hr 1:4	Kontrol 1:4	rendam 30 hr 1:4
	109.216	109.491	109.216	95.000	109.216	82.624	109.216	94.176
	108.576	115.963	108.576	104.121	108.576	92.069	108.576	92.222
	126.688	105.510	126.688	96.913	126.688	96.028	126.688	76.057
Rataan	114.827	110.322	114.827	98.678	114.827	90.240	114.827	87.485
SD	10.2770	5.2756	10.2770	4.8099	10.2770	6.8866	10.2770	9.9447
n	3	3	3	3	3	3	3	3
v	4		4		4		4	
Sp	8.1685		8.0235		8.7476		10.1122	
t	0.6755		2.4650		3.4423		3.3115	
t kritis	2.776		2.776		2.776		2.776	
Ket	Tidak Nyata		Tidak Nyata		Nyata		Nyata	

Kuat tekan mortar 1 : 5

	Kontrol 1;5	rendam 15 hr 1;5	Kontrol 1;5	rendam 20 hr 1;5	Kontrol 1;5	rendam 25 hr 1;5	Kontrol 1;5	rendam 30 hr 1;5
	93.789	105.811	93.789	81.807	93.789	84.898	93.789	71.492
	113.689	92.954	113.689	78.651	113.689	80.738	113.689	75.464
	84.174	86.666	84.174	90.890	84.174	74.687	84.174	78.025
Rataan	97.217	95.144	97.217	83.783	97.217	80.108	97.217	74.994
SD	15.0528	9.7586	15.0528	6.3540	15.0528	5.1348	15.0528	3.2916
n	3	3	3	3	3	3	3	3
v	4		4		4		4	
Sp	12.6850		11.5534		11.2462		10.8955	
t	0.2002		1.4242		1.8633		2.4981	
t kritis	2.776		2.776		2.776		2.776	
Ket	Tidak Nyata		Tidak Nyata		Tidak Nyata		Tidak Nyata	

Kuat tekan mortar 1 : 6

	Kontrol 1;6	rendam 15 hr 1;6	Kontrol 1;6	rendam 20 hr 1;6	Kontrol 1;6	rendam 25 hr 1;6	Kontrol 1;6	rendam 30 hr 1;6
	82.431	79.724	82.431	79.404	82.431	64.386	82.431	64.137
	86.837	83.894	86.837	81.479	86.837	74.100	86.837	66.523
	97.764	97.762	97.764	71.931	97.764	72.348	97.764	72.068
Rataan	89.011	87.126	89.011	77.604	89.011	70.278	89.011	67.576
SD	7.8943	9.4434	7.8943	5.0219	7.8943	5.1771	7.8943	4.0690
n	3	3	3	3	3	3	3	3
v	4		4		4		4	
Sp	8.7034		6.6159		6.6754		6.2800	
t	0.2652		2.1116		3.4370		4.1803	
t kritis	2.776		2.776		2.776		2.776	
Ket	Tidak Nyata		Tidak Nyata		Nyata		Nyata	

LAMPIRAN 4 Foto Pelaksanaan Penelitian



Foto mortar yang direndam air laut



Foto mortar yang hancur setelah diuji tekan

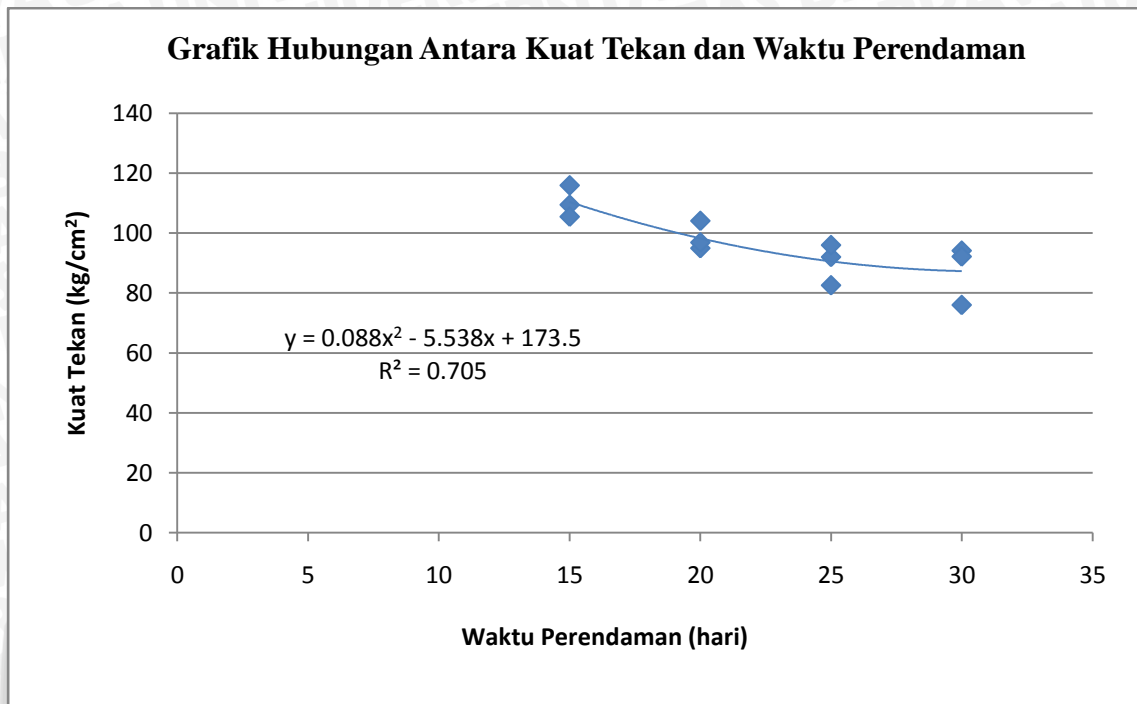


Prooving Ring

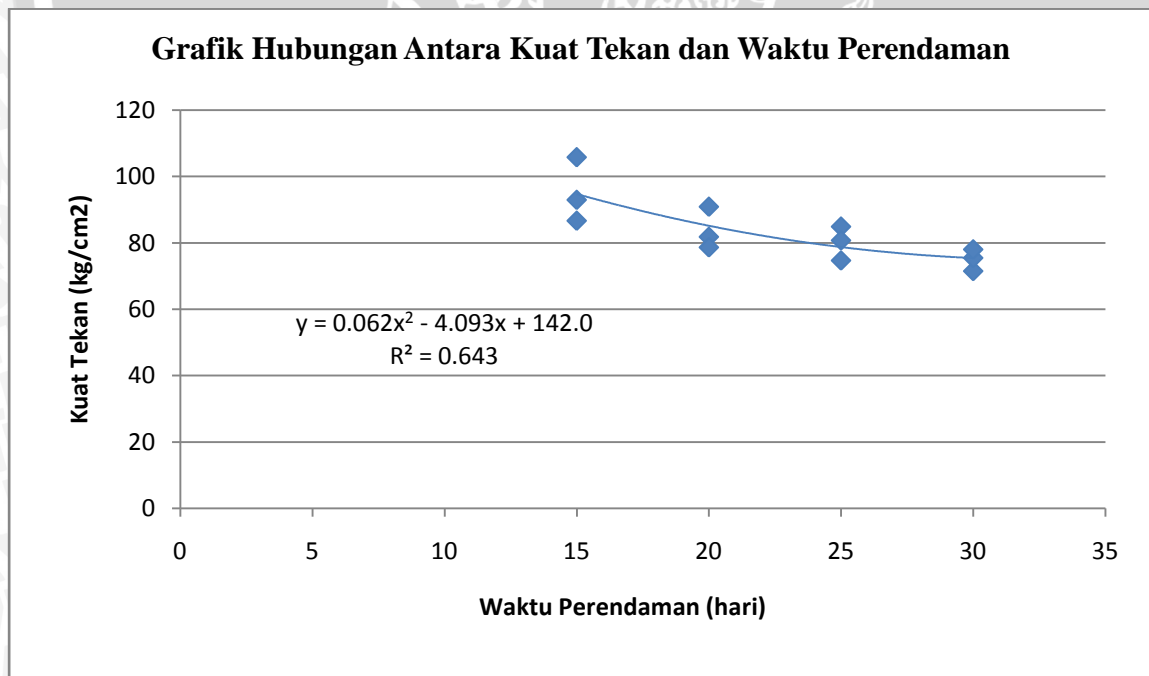


Cetakan Mortar

LAMPIRAN 5 Grafik Hasil Pengujian

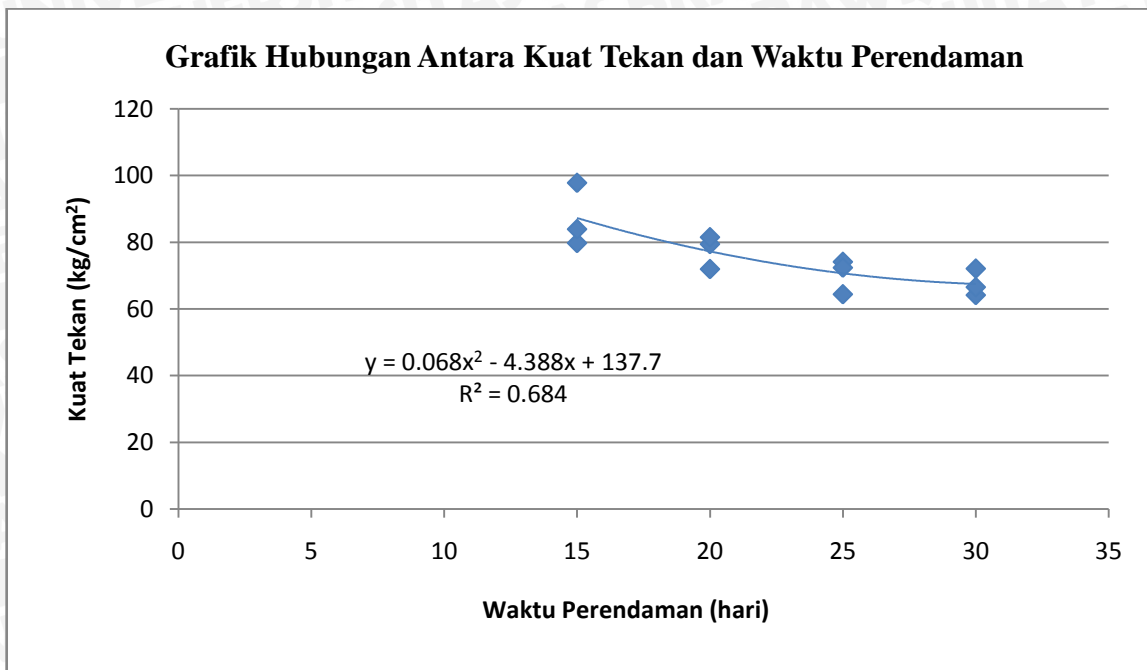


Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 4

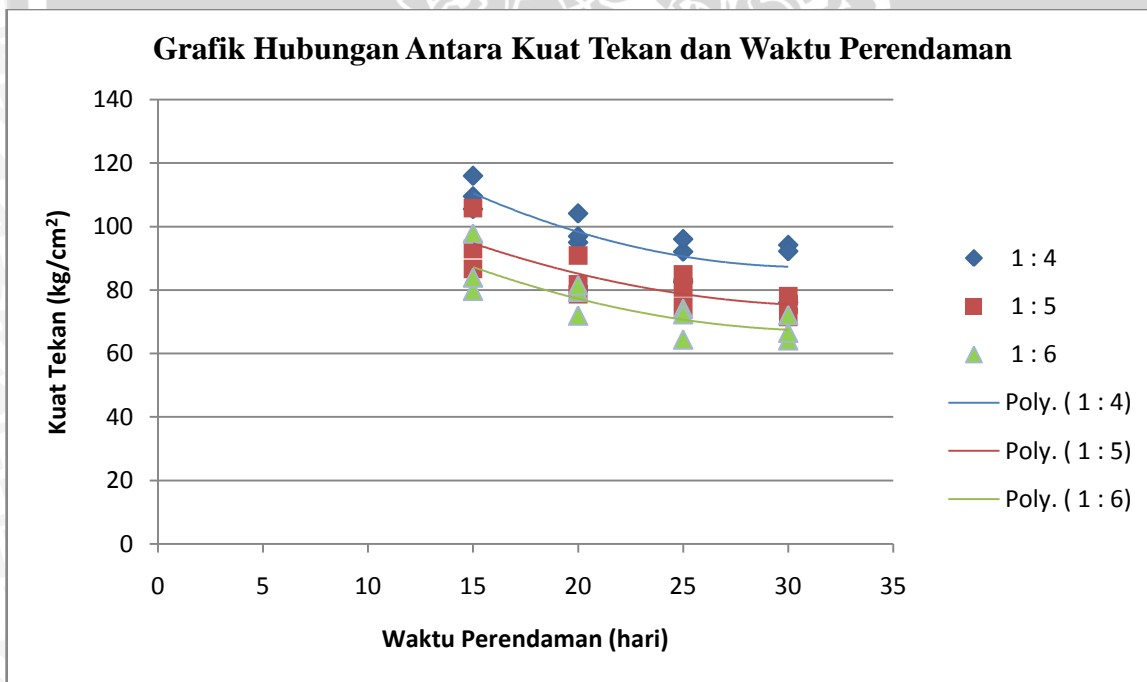


Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 5

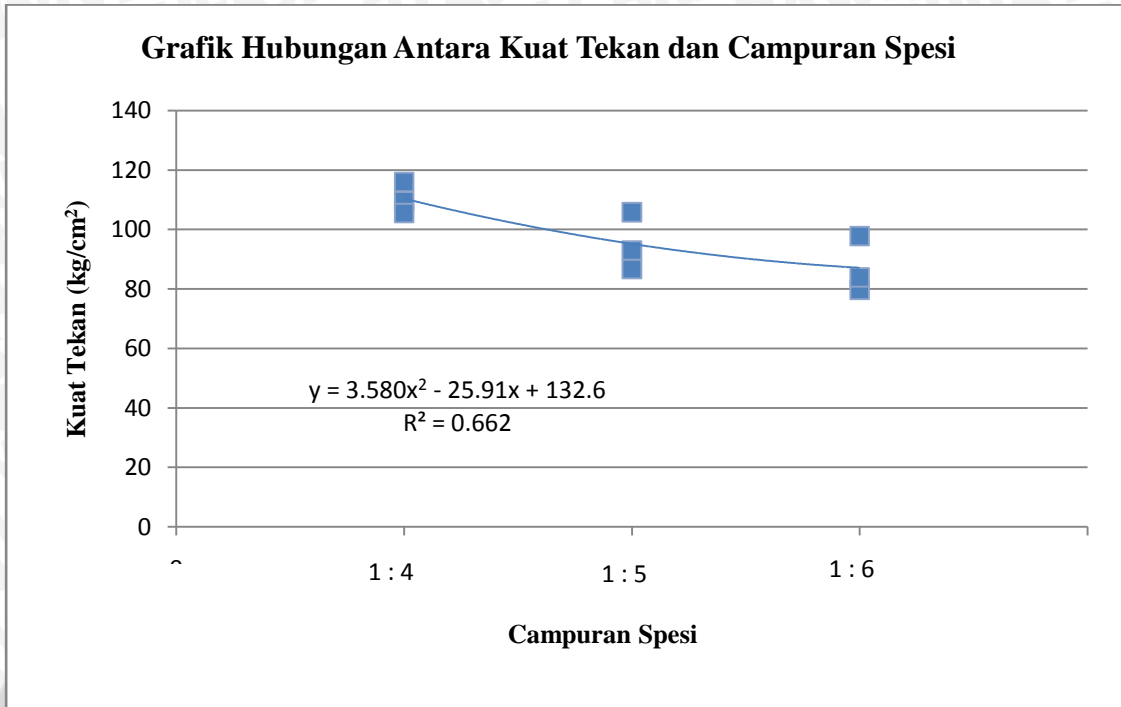




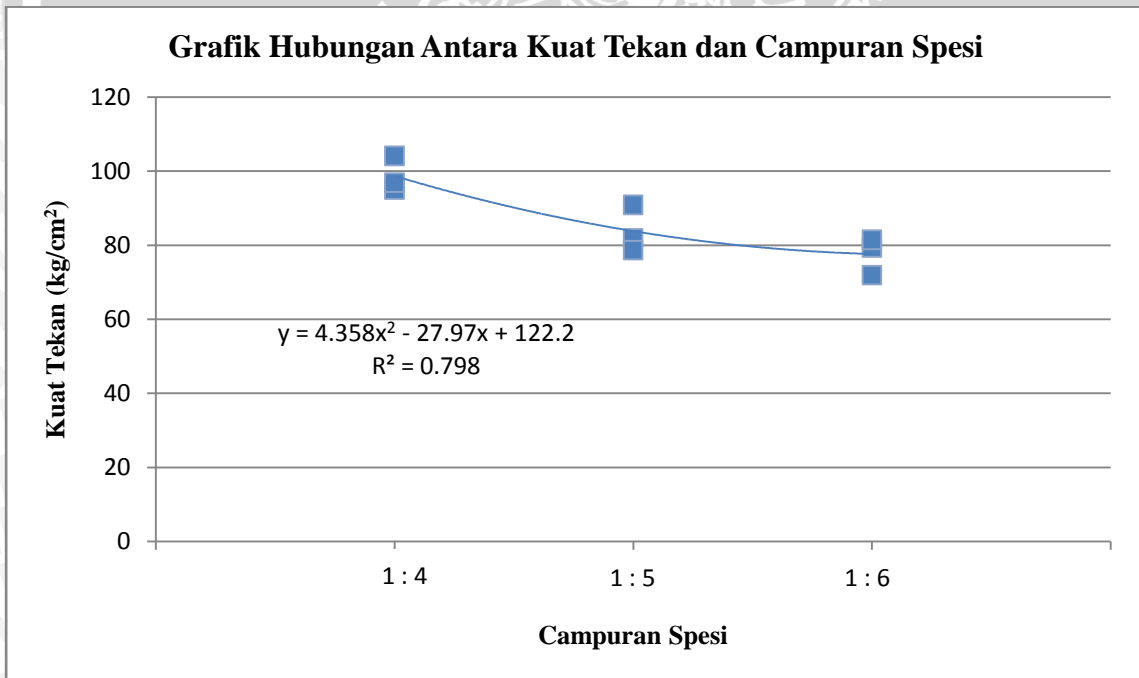
Grafik kuat tekan mortar dengan campuran spesi 1 : 6



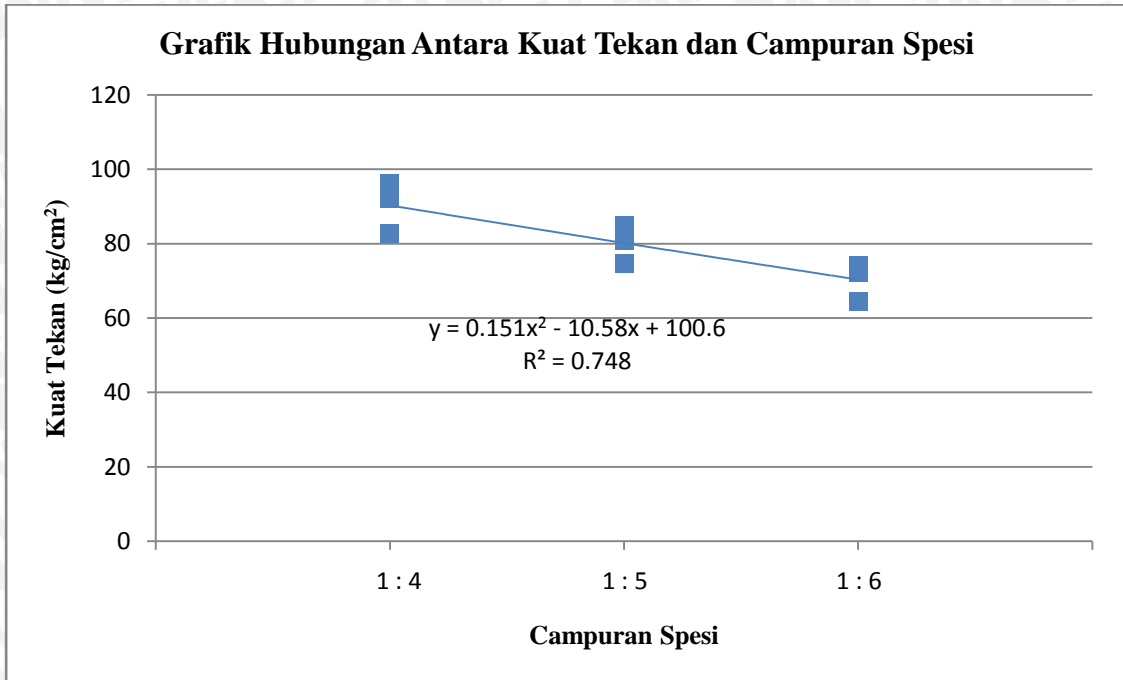
Grafik kuat tekan mortar pada variasi campuran spesi



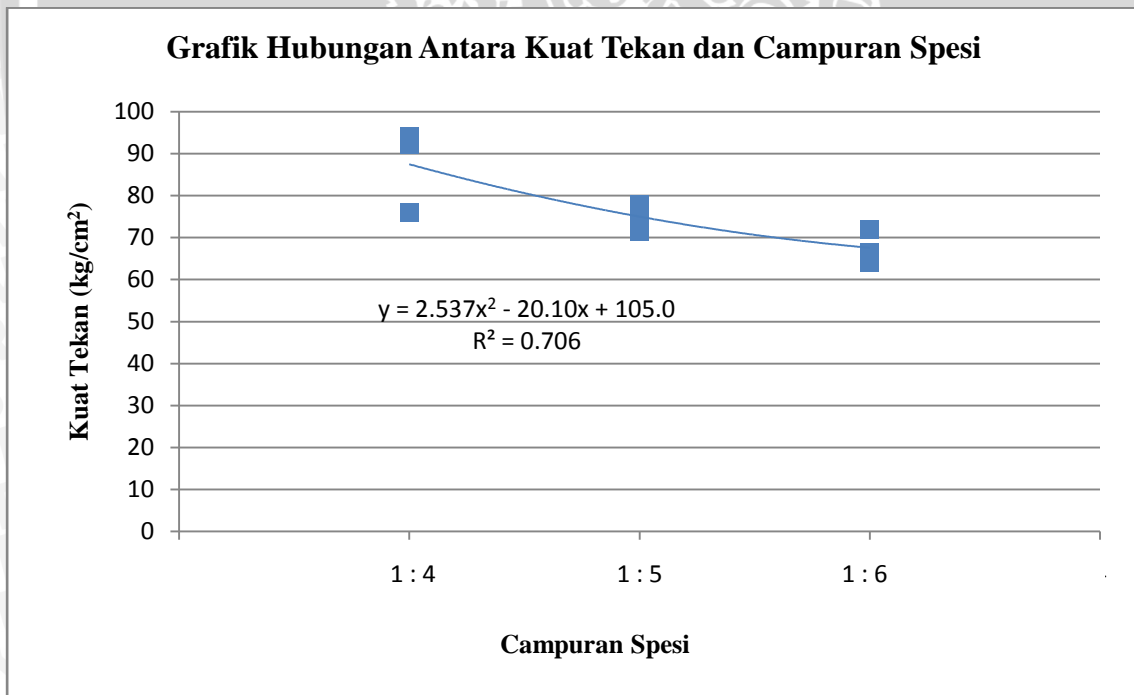
Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 15 hari



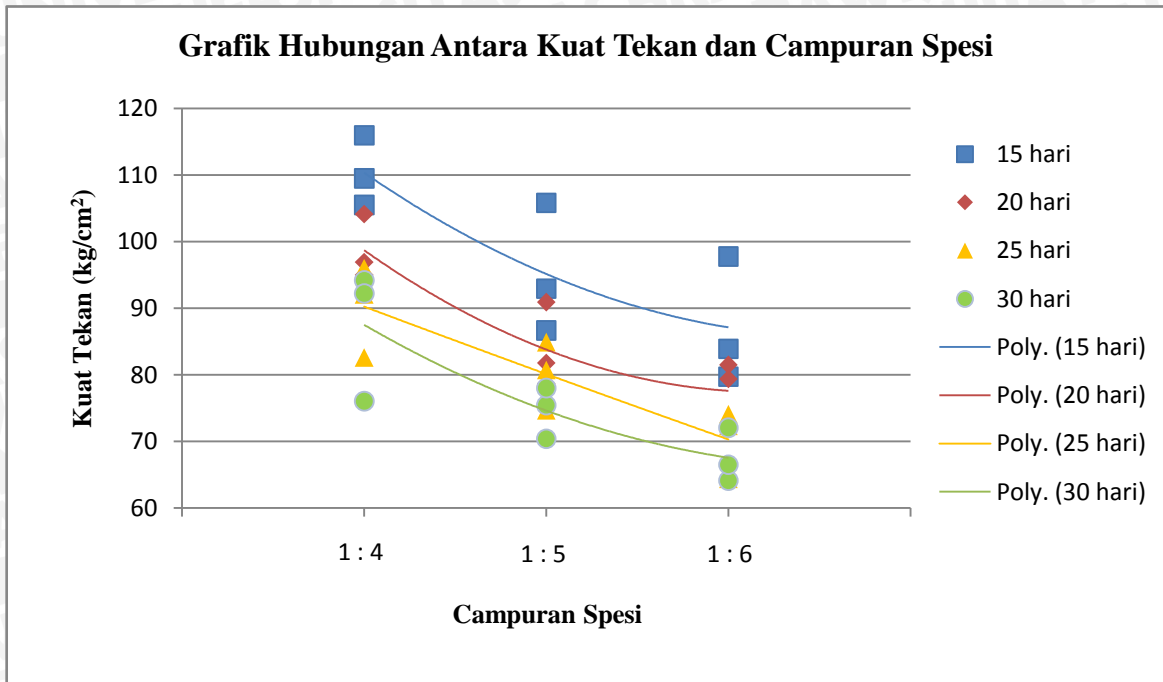
Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 20 hari



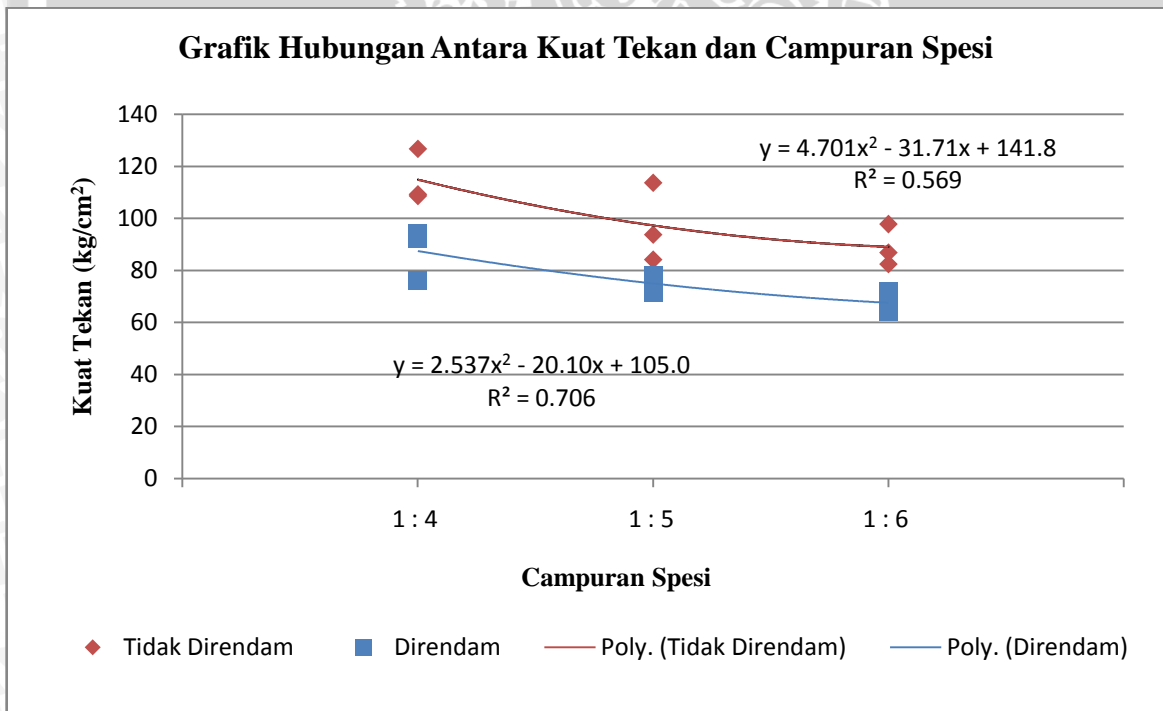
Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 25 hari



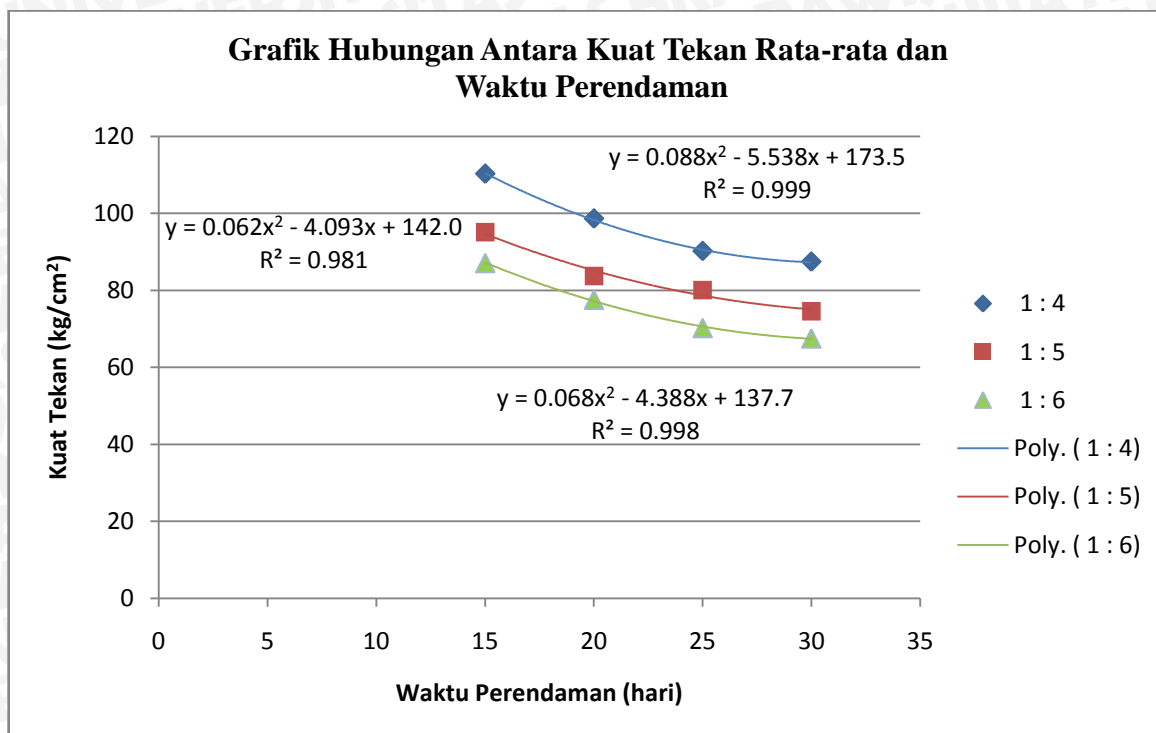
Grafik kuat tekan mortar dengan waktu perendaman 30 hari



Grafik kuat tekan mortar pada variasi waktu perendaman



Grafik perbandingan antara kuat tekan mortar yang direndam air laut dengan yang tidak direndam



Grafik kuat tekan rata-rata mortar pada variasi campuran spesi

