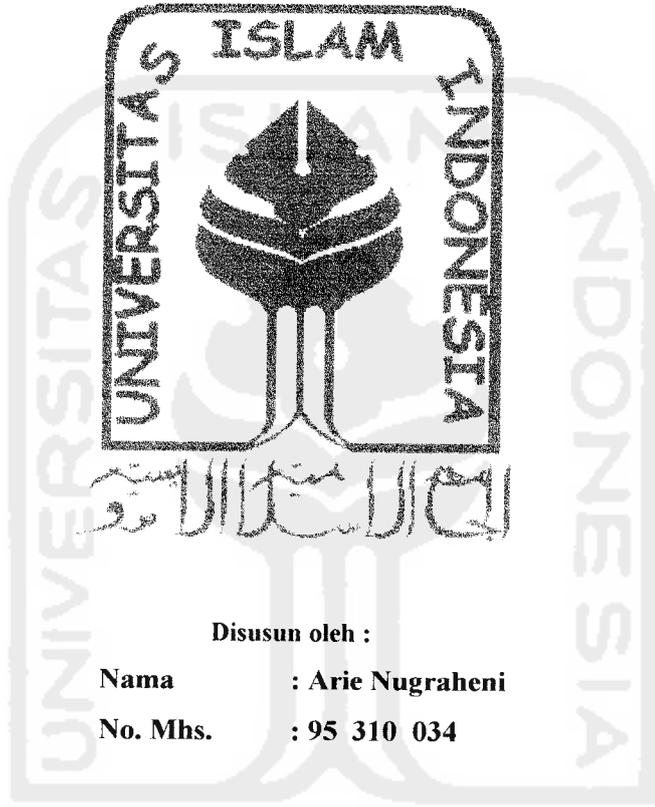


PERPUSTAKAAN FITRI
 HADIAN/DELI
 TGL. TERIMA : 19 7 2007
 NO. JUDUL :
 NO. INV. : 993/TA/ITS
 NO. INDIK. :

5120003329001

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH KANDUNGAN GARAM (NaCl) AIR LAUT DARI
PARANGTRITIS TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN
MENGGUNAKAN SIKAMENT NN DAN NON ZAT ADDITIVE



TA
 691-2
 408
 A
 60

Disusun oleh :

Nama : Arie Nugraheni
 No. Mhs. : 95 310 034

Nama : Ida Fatma
 No. Mhs. : 95 310 058

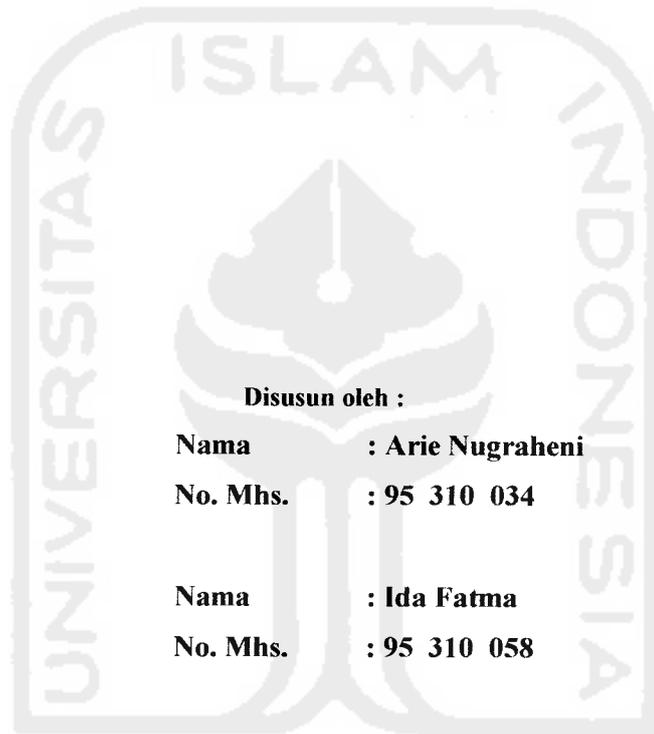
MILIK PERPUSTAKAAN
 PERENCANAAN DAN SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH KANDUNGAN GARAM (NaCl) AIR LAUT DARI
PARANGTRITIS TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN
MENGUNAKAN SIKAMENT NN DAN NON ZAT ADDITIVE**



Disusun oleh :

Nama : Arie Nugraheni

No. Mhs. : 95 310 034

Nama : Ida Fatma

No. Mhs. : 95 310 058

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing II

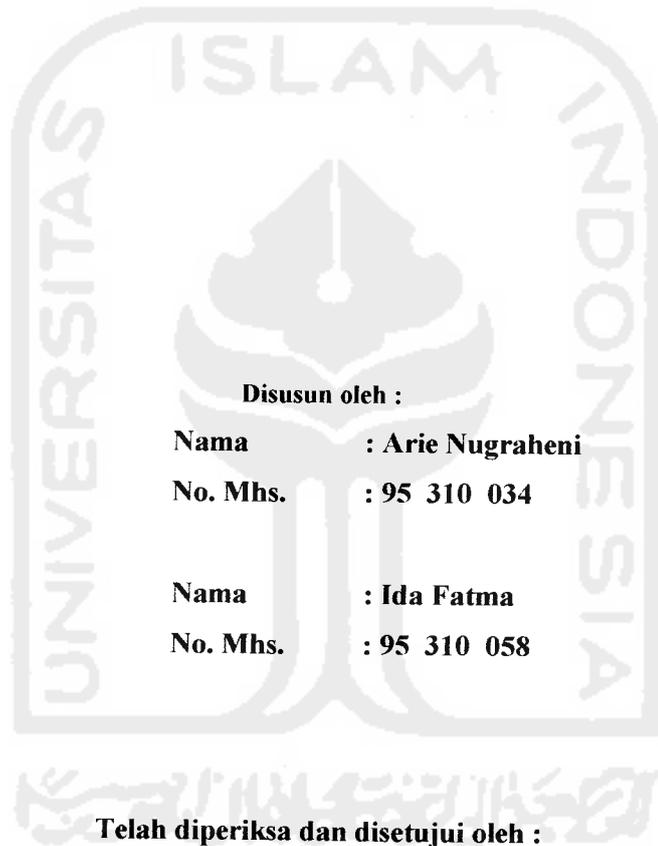
Tanggal : 06/04/2001

Tanggal : 06/04/2001

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH KANDUNGAN GARAM (NaCl) AIR LAUT DARI
PARANGTRITIS TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN
MENGUNAKAN SIKAMENT NN DAN NON ZAT ADDITIVE**



Disusun oleh :

Nama : Arie Nugraheni

No. Mhs. : 95 310 034

Nama : Ida Fatma

No. Mhs. : 95 310 058

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS
Dosen Pembimbing I

Tanggal :

Ir. H. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing II

Tanggal :

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini Kupersembahkan kepada :

Bapak dan Ibu

Adik tercinta

My The Best Friend

Serta

Sahabat-sahabat baik dekat

maupun jauh yang banyak

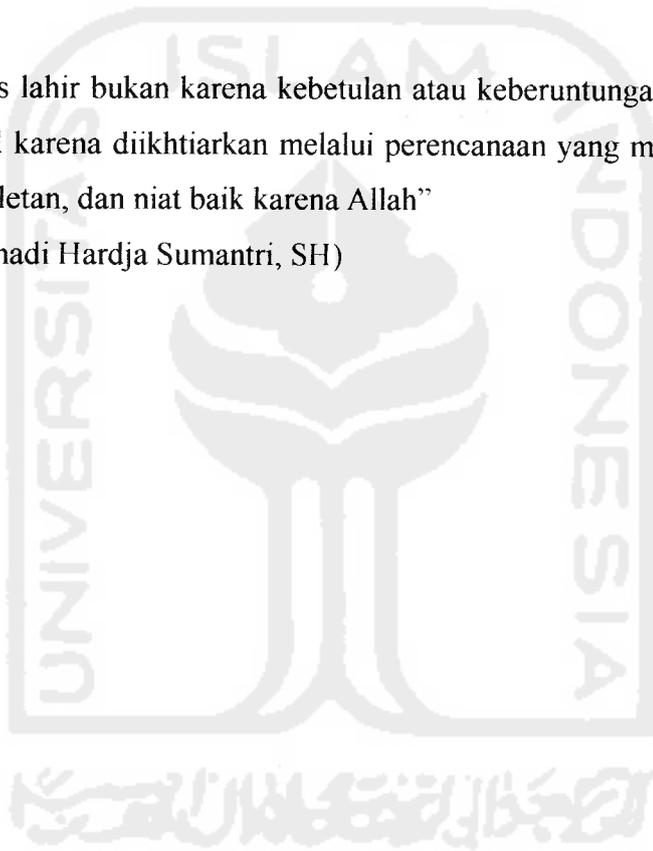
membantuku

HALAMAN MOTTO

“.....Allah meninggikan orang-orang yang beriman di antara Kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat” (Q.S. Mujadilah : 11)

“ Sebuah sukses lahir bukan karena kebetulan atau keberuntungan semata. Sebuah sukses terwujud karena diikhtiarkan melalui perencanaan yang matang, keyakinan, kerja keras, keuletan, dan niat baik karena Allah”

(Prof. Dr. Koesnadi Hardja Sumantri, SH)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah_Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang mengambil judul **“Analisis Pengaruh Kandungan Garam (NaCl) Air Laut dari Parangtritis Terhadap Kuat Desak Beton dengan Menggunakan Sikament NN dan Non Zat Additive”**.

Tugas Akhir ini merupakan prasyarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, yang sudah tentu tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan, maka dalam kesempatan ini dengan setulus-tulusnya disampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE., Phd., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA.,MS.,selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS., selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Ibu Ir. Januarti Jaya Ekaputri, MT., selau Dosen Penguji.

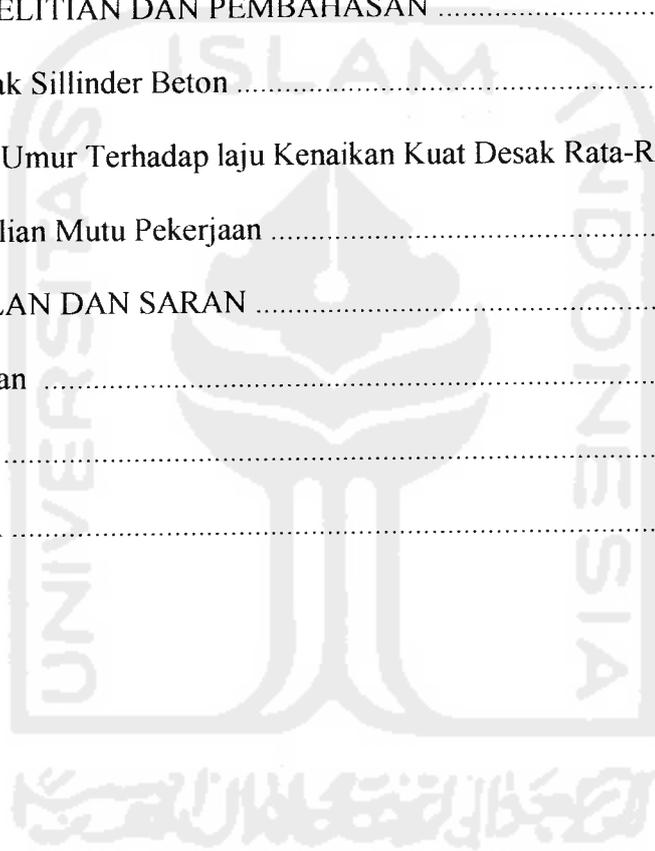
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Pokok Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Beton	6

2.1.1.	Adukan beton	8
2.2.	Agregat	9
2.2.1.	Agregat kasar (kerikil)	10
2.2.2.	Agregat halus (pasir)	11
2.3.	Semen	12
2.4.	Air	13
2.5.	Garam	15
2.5.1.	Air laut	15
2.5.2.	Air laut sebagai adukan beton	16
2.6.	Zat Tambah (Additive)	20
2.7.	Kuat desak beton	21
2.7.1.	kualitas air	21
2.7.2.	Faktor air semen (<i>f_{as}</i>)	22
2.7.3.	umur beton	23
2.7.4.	Jumlah semen	23
2.7.5.	Jenis semen	24
2.7.6.	Sifat agregat	25
BAB III	LANDASAN TEORI	26
3.1.	Umum	26
3.2.	Air Minum Merk Aqua	27
3.3.	Kadar Garam	28
3.4.	Gradasi	29
3.5.	Modulus Halus Butir	30

3.6. Bahan Tambah (Additive)	32
3.7. desain Campuran Beton Menurut Metode ACI	32
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1. Bahan	38
4.2. Peralatan penelitian	38
4.3. Variasi Kadar Garam	40
4.4. Pengadukan Beton	41
4.5. "Slump Test"	42
4.6. Pemadatan beton	43
4.7. pekerjaan Perataan	43
4.8. Perawatan Beton	44
4.9. Pengujian Kuat Tekan Beton	44
BAB V PELAKSANAAN PENELITIAN	46
5.1. Persiapan Material	46
5.1.1. Persediaan Material	47
5.1.2. Pencucian Agregat	47
5.1.3. Pemeriksaan SSD	47
5.2. Pemeriksaan Kadar Garam	48
5.2.1. Kadar garan air laut	48
5.2.2. Kadar garam air Aqua	49
5.3. Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)	50
5.3.1. Pemeriksaan berat jenis kerikil	50
5.3.2. Pemeriksaan berat jenis kering tusuk kerikil	50

5.3.3. Analisa saringan dan modulus halus butir (mhb) kerikil	51
5.4. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	53
5.4.1. Pemeriksaan berat jenis pasir	53
5.4.2. Pemeriksaan kandungan lumpur	54
5.4.3. Analisis saringan dan modulus halus butir	55
5.5. Perancangan Campuran Adukan Beton	57
5.6. kebutuhan Campuran Adukan Beton	59
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
6.1. Kuat Desak Sillinder Beton	62
6.2. Pengaruh Umur Terhadap laju Kenaikan Kuat Desak Rata-Rata	77
6.3. Pengendalian Mutu Pekerjaan	80
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	82
7.1. Kesimpulan	82
7.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	



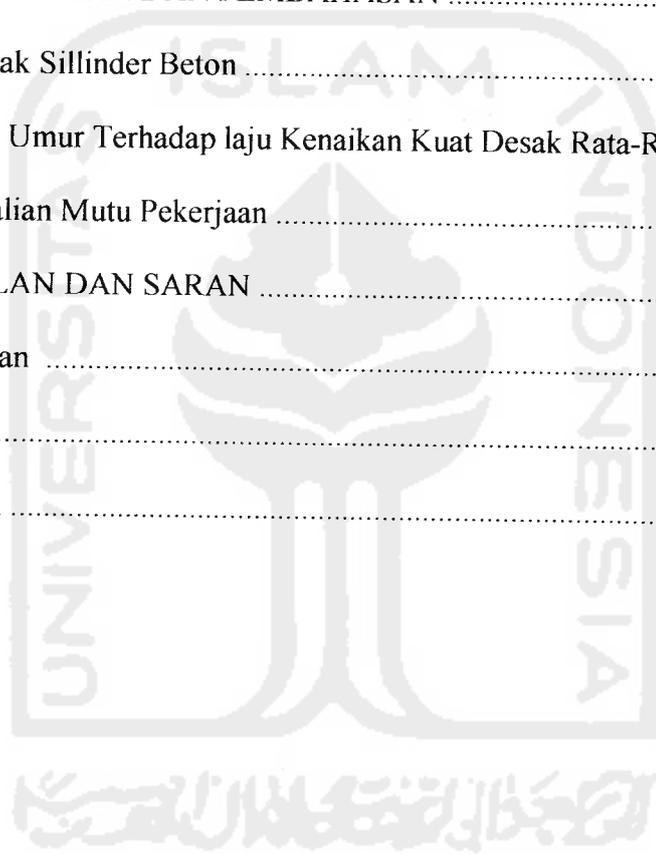
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Pokok Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Beton	6

2.1.1.	Adukan beton	8
2.2.	Agregat	9
2.2.1.	Agregat kasar (kerikil)	10
2.2.2.	Agregat halus (pasir)	11
2.3.	Semen	12
2.4.	Air	13
2.5.	Garam	15
2.5.1.	Air laut	15
2.5.2.	Air laut sebagai adukan beton	16
2.6.	Zat Tambah (Additive)	20
2.7.	Kuat desak beton	21
2.7.1.	kualitas air	21
2.7.2.	Faktor air semen (<i>f_{as}</i>)	22
2.7.3.	umur beton	23
2.7.4.	Jumlah semen	23
2.7.5.	Jenis semen	24
2.7.6.	Sifat agregat	25
BAB III	LANDASAN TEORI	26
3.1.	Umum	26
3.2.	Air Minum Merk Aqua	27
3.3.	Kadar Garam	28
3.4.	Gradasi	29
3.5.	Modulus Halus Butir	30

3.6. Bahan Tambah (Additive)	32
3.7. desain Campuran Beton Menurut Metode ACI	32
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1. Bahan	38
4.2. Peralatan penelitian	38
4.3. Variasi Kadar Garam	40
4.4. Pengadukan Beton	41
4.5. “Slump Test”	42
4.6. Pemasukan beton	43
4.7. pekerjaan Perataan	43
4.8. Perawatan Beton	44
4.9. Pengujian Kuat Tekan Beton	44
BAB V PELAKSANAAN PENELITIAN	46
5.1. Persiapan Material	46
5.1.1. Persediaan Material	47
5.1.2. Pencucian Agregat	47
5.1.3. Pemeriksaan SSD	47
5.2. Pemeriksaan Kadar Garam	48
5.2.1. Kadar garam air laut	48
5.2.2. Kadar garam air Aqua	49
5.3. Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)	50
5.3.1. Pemeriksaan berat jenis kerikil	50
5.3.2. Pemeriksaan berat jenis kering tusuk kerikil	50

5.3.3. Analisa saringan dan modulus halus butir (mhb) kerikil	51
5.4. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	53
5.4.1. Pemeriksaan berat jenis pasir	53
5.4.2. Pemeriksaan kandungan lumpur	54
5.4.3. Analisis saringan dan modulus halus butir	55
5.5. Perancangan Campuran Adukan Beton	57
5.6. kebutuhan Campuran Adukan Beton	59
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
6.1. Kuat Desak Sillinder Beton	62
6.2. Pengaruh Umur Terhadap laju Kenaikan Kuat Desak Rata-Rata	77
6.3. Pengendalian Mutu Pekerjaan	80
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	82
7.1. Kesimpulan	82
7.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ekspansi garam terhadap campuran semen dan air	18
Tabel 2.2. Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat di laboratorium	23
Tabel 2.3. Ikhtisar jenis dan kekuatan semen	24
Tabel 3.1. Gradasi pasir menurut British Standart	28
Tabel 3.2. Gradasi kerikil menurut British Standart	29
Tabel 3.3. Percobaan modulus halus butir	30
Tabel 3.4. Harga k untuk beberapa keadaan	32
Tabel 3.5. Nilai deviasi standar	32
Tabel 3.6. Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari	33
Tabel 3.7. Faktor air semen maksimum	33
Tabel 3.8. Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton	34
Tabel 3.9. Ukuran maksimum agregat	35
Tabel 3.10. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran agregat	36
Tabel 3.11. Perkiraan agregat dan modulus halus butir	36
Tabel 4.1. Variasi kandungan garam dengan air Aqua	40
Tabel 5.1. Hasil analisa laboratorium kimia BTKL	47
Tabel 5.2. Hasil pemeriksaan laboratorium kimia Analitik	48

Tabel 5.3. Berat jenis kerikil dan berat jenis kering tusuk kerikil	50
Tabel 5.4. Gradasi kerikil dengan butir maksimum 40 mm	51
Tabel 5.5. Hitungan modulus halus kerikil dengan butir maksimum 40 mm	51
Tabel 5.6. Pemeriksaan analisis saringan pada pasir	54
Tabel 5.7. Gradasi pasir	55
Tabel 5.8. Perbandingan berat adukan beton	58
Tabel 5.9. Perancangan adukan beton dengan metode ACI	59
Tabel 6.1. Hasil uji desak variasi I	61
Tabel 6.2. Hasil uji desak variasi II	62
Tabel 6.3. Hasil uji desak variasi III	63
Tabel 6.4. Hasil uji desak variasi IV	64
Tabel 6.5. Hasil uji desak variasi V	65
Tabel 6.6. Hasil uji desak rata-rata umur 7 hari	67
Tabel 6.7. Hasil uji desak rata-rata umur 14 hari	68
Tabel 6.8. Hasil uji desak rata-rata umur 21 hari	69
Tabel 6.9. Hasil uji desak rata-rata umur 28 hari	70
Tabel 6.10. Data awal perhitungan numerik	72
Tabel 6.11. Regresi polinomial kuadrat uji desak beton	73
Tabel 6.12. Hubungan kuat desak rata-rata dan umur beton	76
Tabel 6.13. Nilai deviasi standar	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kuat desak variasi I dengan umur	61
Gambar 6.2. Grafik hubungan antara kuat desak variasi II dengan umur	62
Gambar 6.3. Grafik hubungan antara kuat desak variasi III dengan umur	63
Gambar 6.4. Grafik hubungan antara kuat desak variasi IV dengan umur	64
Gambar 6.5. Grafik hubungan antara kuat desak variasi V dengan umur	65
Gambar 6.6. Grafik hubungan antara kuat desak beton dari berbagai variasi dan beton normal dengan umur	66
Gambar 6.7. Grafik hasil regresi linier hubungan antara kandungan garam (%) dengan kuat desak rata-rata (f'_{cxr}) umur 28 hari	71
Gambar 6.8. Grafik hasil regresi polynomial kuadrat hubungan antara kuat desak rata-rata (f'_{cr}) dan kadar garam (%)	74
Gambar 6.9. Grafik laju peningkatan kuat desak beton (%) terhadap pengaruh umur yang dinormalisasikan terhadap kuat desak umur 28 hari	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan regresi polynomial pada hubungan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) dan kadar garam (%)

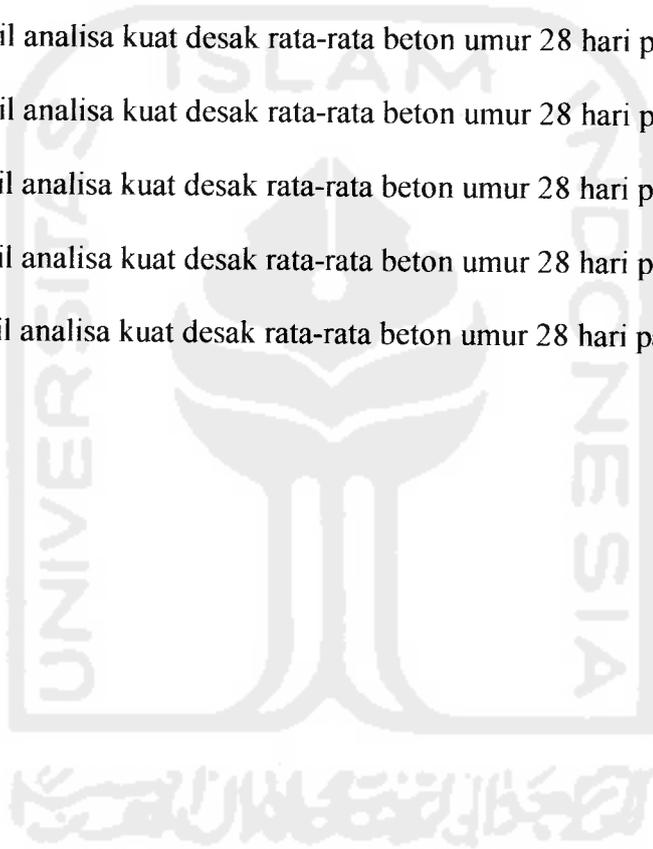
Lampiran 2. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi I

Lampiran 3. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi II

Lampiran 4. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi III

Lampiran 5. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi IV

Lampiran 6. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi V



DAFTAR NOTASI

A = luas penampang benda uji, mm^2

C = modulus halus butir campuran

F = kuat desak beton, N/mm^2

f'_{c28} = kuat desak beton yang terjadi dari masing-masing benda uji umur 28 hari,
 N/mm^2 , Mpa

f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata, N/mm^2 , Mpa

f'_{cR} = kuat tekan rata-rata yang direncanakan, Mpa, N/mm^2

f'_{cs} = kuat tekan yang disyaratkan, Mpa, N/mm^2

K = modulus halus butir kerikil

m = nilai margin

m = derajat kebebasan

n = jumlah benda uji

P = beban maksimum, N

P = modulus halus butir pasir

s_d = deviasi standar, Kg/cm^2

$s_{y/x}$ = simpangan baku

S_r = jumlah selisih hasil regresi polinomial dengan data awal

W = persentase berat pasir terhadap berat kerikil

INTISARI

Pembuatan beton disekitar daerah laut atau di daerah pinggir laut secara tidak langsung dalam penggunaan air sebagai bahan untuk mencampur beton akan tercampur oleh kadar garam.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh kandungan garam mempengaruhi kuat desak suatu beton dengan menggunakan zat additive (di sini dipakai zat additive SIKAMENT NN), sehingga dapat membandingkan antara beton normal dengan beton menggunakan zat additive.

Penelitian ini merupakan studi laboratorium, dengan perencanaan menggunakan metode ACI. Digunakan 5 variasi dengan berbagai proporsi campuran dengan air Aqua sehingga menghasilkan kadar garam yang berbeda-beda. Variasi tersebut yaitu Variasi I mengandung kadar garam 0,275%, Variasi II mengandung kadar garam 1,055%, Variasi III mengandung kadar garam 1,835%, Variasi IV mengandung kadar garam 2,615%, dan variasi V mengandung kadar garam (NaCl) 3,395%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton pada variasi V yang mengandung 100% air laut dengan kadar garam 3,395% mengalami penurunan kuat desak rata-rata sebesar 27,979% dari kuat desak rata-rata beton dengan 100% air Aqua yang berkadar garam 0,275%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan garam sangat berpengaruh terhadap penurunan kuat desak. Semakin tinggi kadar garam, maka penurunan kuat desaknya juga semakin tinggi. Adanya kadar garam dalam air laut juga berpengaruh terhadap ikatan beton, sehingga menyebabkan laju perkerasan beton menjadi agak terhambat.

BAB I PENDAHULUAN

Untuk memudahkan pemahaman hal-hal yang berhubungan dengan penelitian ini, maka pada pendahuluan di jelaskan tentang latar belakang, pokok masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, hipotesis, dan sistematika.

1.1. Latar Belakang Masalah

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan untuk pembangunan pada saat ini. Banyaknya pemakai material beton dikarenakan beton mempunyai kekuatan yang baik di samping bentuknya yang fleksibel terhadap bentuk dan harga yang relatif murah. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan dan kebutuhan, di samping beton sebagai salah satu alternatif bahan utama pada struktur bangunan.

Kekuatan beton yang paling diutamakan adalah kuat desaknya yang tinggi dibandingkan dengan material konstruksi lainnya, namun kekuatan dan daya tahan beton akan berkurang jika adukan beton mengandung bahan penghalang lekatan/ikatan bahan penyusun beton diantaranya garam.

Pembangunan konstruksi beton di daerah sekitar atau pinggir pantai tentunya tidak terlepas dari penggunaan air yang secara tidak langsung sudah terkontaminasi oleh air laut melalui mekanisme dalam tanah, sehingga air di pinggir pantai tersebut relatif mempunyai kandungan garam yang cukup tinggi.

Jika air tersebut digunakan sebagai bahan susun beton, tentunya hal ini akan mempengaruhi kuat desak beton walaupun bahan penyusun beton lainnya seperti agregat dan semen diambil dari luar daerah pantai.

1.2. Pokok Masalah

Pada penelitian terdahulu (Yudha Kurniawan,2000) menghasilkan kesimpulan bahwa semakin banyak kandungan garam pada air laut akan mempengaruhi proses pengerasan pada pembuatan beton. Pokok permasalahannya sekarang adalah bagaimana pengaruh zat additive pada proses pengerasan beton.

1.3. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan , maka timbul rumusan masalah sebagai berikut ini :

1. Seberapa besar pengaruh kandungan garam (Na dan Cl) dalam air laut sebagai bahan susun beton terhadap kuat desak beton dengan menggunakan zat additive.
2. Dari berbagai macam variasi umur beton yang dilakukan pengujian, seberapa besar pengaruhnya terhadap laju peningkatan kuat desak beton hingga umur 28 hari untuk beton tanpa memakai zat additive dan 28 hari untuk beton yang memakai zat additive.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka pada penelitian ini ruang lingkup penelitian akan dibatasi, dalam hal-hal :

1. Kuat desak beton yang disyaratkan, $f'c = 28$ Mpa.
2. Pengujian sebatas pada hubungan garam (NaCl) terhadap beton, tidak sampai ke tulangan baja.
3. Pengujian kuat desak beton dilakukan setelah beton berumur 7 hari untuk beton normal.
4. Pengujian kuat desak beton dilakukan setelah beton berumur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari untuk beton yang memakai zat additive.
5. Agregat halus dan kasar yang digunakan berasal dari sungai Progo.
6. Seluruh agregat dicuci.
7. Agregat dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry).
8. Semen yang digunakan semen Portland Pozzolan Nusantara.
9. Desain campuran menggunakan metode ACI.
10. Sampel air diambil dari air laut pantai Parang Tritis Yogyakarta, kemudian dicampurkan dengan air minum merk Aqua hingga menjadi 5 variasi kadar garam yaitu 0,275%, 1,055%, 1,835%, 2,615%, 3,395%.
11. Dipakai zat additive Sikament NN, yaitu bahan-bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang digunakan dalam pembuatan campuran beton dan menambah workability dari PT. Sika Nusa Pratama. Pengurangan air sebanyak 15% dari volume air yang digunakan.
12. Sampel untuk masing-masing umur beton (benda uji) hari ada 5 buah.

13. Dosis penambahan zat additive adalah 1% dari berat semen.

1.5. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui laju penurunan kuat desak beton dengan kandungan garam seiring bertambahnya umur beton hingga 28 hari untuk beton biasa dan beton yang memakai zat additive.

1.6. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat pada perancangan konstruksi bangunan di daerah sekitar pantai, yaitu tentang seberapa jauh pengaruh kandungan garam dan zat additive terhadap kuat desak beton, sehingga jika terjadi penurunan kuat desak maka hal itu dapat diketahui sebelumnya.

1.7. Hipotesis

Dari kesimpulan hasil penelitian Yudha Kurniawan, maka dapat diduga bahwa dengan adanya kandungan garam di dalam air khususnya air laut akan mengurangi daya ikat bahan penyusun beton sehingga akan mengurangi 16,661% kuat desak beton yang direncanakan untuk air laut dengan kadar garam 3,395%.

Dengan adanya penambahan zat additive SIKAMENT NN yang fungsinya dapat menambah workability dan mengurangi jumlah air maka penggunaannya dapat mempengaruhi penggunaan semen dimana pada penelitian disini menggunakan semen Portland Pozzolan Nusantara. Penggunaan zat additive yang

berjumlah 1% dari berat semen akan mengurangi jumlah semen, tetapi dengan menggunakan zat additive akan terjadi pengerasan bahan uji secara cepat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini didukung oleh beberapa kajian pustaka yang berhubungan dengan topik permasalahan yang diteliti. Adapun kajian pustaka tersebut antara lain tentang beton, garam, zat additive, dan kuat desak beton.

2.1. Beton

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air dan agregat (dan kadang-kadang ditambah oleh bahan tambah, yang bervariasi mulai dari bahan kimia, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran bila dituangkan dalam cetakan kemudian dibiarkan kemudian akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, hal ini berjalan selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umumnya. Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu-tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran-butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir), dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen selain mengisi pori-pori di antara butiran-butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses

pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat(Tjokrodimulyo, 1992).

Membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan secara seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar (*fresh concrete*) yang baik atau beton keras (*hardened concrete*) yang dihasilkannya juga baik. Beton segar yang baik adalah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena *segregasi* maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton keras yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume/kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1992).

Keuntungan beton adalah :

1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar lokal, kecuali untuk daerah yang sulit untuk mendapatkan pasir dan kerikil.
2. Beton termasuk bahan yang berkuatan tinggi dan tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Kuat tekannya tinggi, jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat seperti gedung, jembatan, jalan raya dan sebagainya.
4. Beton segar mudah diangkut dan dicetak serta beton segar dapat dipompakan ke tempat-tempat yang posisinya sulit.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan tulangan,
2. Beton tidak kedap air sehingga mudah dimasuki air, dan air yang mengandung garam merusak beton,
3. Beton bersifat getas (*brittle*) sehingga memungkinkan terjadi keruntuhan yang mendadak akibat terlampauinya beban batas. Hal ini dapat dihindari dengan pemasangan baja tulangan pada tempatnya sehingga dapat bersifat liat (*ductile*).

2.1.1. Adukan beton

Beton sebagai bahan yang berasal dari pengadukan bahan-bahan susun agregat kasar dan halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dicapai mutu beton yang baik. Pada umumnya pengadukan beton dilakukan dengan mesin, kecuali untuk beton mutu rendah pengadukan beton dapat dilakukan dengan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Ketentuan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan memeriksa slump yang digunakan sebagai petunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen yang ingin dicapai. Waktu pengadukan yang lamanya tergantung kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slam beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,50 menit semenjak dimulainya

pengadukan, dari hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata (Dipohusodo, 1994).

2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat dapat mengisi kurang lebih 70% hingga 75% volume beton atau mortar. Meskipun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau mortarnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton atau mortar.

Untuk membedakan jenis agregat yang biasa dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat dengan ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedang yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas antara ukuran butiran yang kasar dan yang halus umumnya diambil 4,7 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, dan agregat yang lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Untuk yang lebih kecil dari 1,20 mm disebut pasir halus, sedang agregat dengan butir lebih kecil dari 0,075 mm disebut lumpur/*silt*, di bawah Lumpur yaitu lebih kecil dari 0,002 mm disebut lempung/*clay*. Dalam praktek umumnya agregat digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm,
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (mendekati kubus), bersih, keras, kuat, gradasinya baik, kestabilan kimiawi, dan hal-hal tertentu harus tahan aus, dan tahan cuaca (Tjokrodimulyo, 1992).

2.2.1. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Ukuran butir kerikil berkisar 5 mm dan 40 mm. Agregat kasar/kerikil yang baik adalah apabila butir-butirnya keras dan tidak berpori. Tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1%, serta zat-zat yang reaktif alkali. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Butir-butir yang berbentuk pipih tidak lebih dari 20% dari agregat seluruhnya.

Agregat dengan butir-butir bulat (yang mempunyai panjang ketiga sumbu pokoknya hampir sama) umumnya lebih baik dari pada agregat dengan butir-butir yang berbentuk pipih atau panjang jika dipakai untuk membuat beton, karena butir-butir bulat tersebut menghasilkan tumpukan butir yang erat jika dikonsolidasikan, sehingga hanya membutuhkan pasta semen sedikit, untuk membuat derajat kemudahan pengerjaan yang sama. Hal ini karena butir-butir yang bulat lebih mudah menumpuknya karena lebih mudah memindahkan butir satu terhadap yang lain dalam beton segar, dari pada butir-butir yang pipih atau panjang. Butir-butir yang bulat juga diharapkan dapat mengurangi kebutuhan air dan pasta semen pada tingkat kemudahan pengerjaan yang sama, dibandingkan

dengan butir-butir yang berbentuk tajam atau bersudut walaupun mempunyai sferikal dan tekstur permukaan sama. Sferikal ialah sifat yang tergantung rasio antara luas antara luas bidang permukaan butir dan volume butir. Tekstur permukaan adalah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam, dan macam dari bentuk kekerasan permukaan. Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar dari pada setelah beton mengeras (Tjokrodimulyo, 1992).

2.2.2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm dan 5 mm. Pasir yang baik adalah apabila butir-butirnya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5%, serat bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, berpori dan bebas dari kandungan garam, dalam penggunaannya biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
2. Pasir sungai, diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar

butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.

3. Pasir laut, diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam-garaman yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Hal ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

2.3. Semen

Semen yang sering digunakan untuk bahan beton adalah semen Portland atau semen Pozzolan. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI, 1982). Semen Portland terutama mengandung kalsium dan aluminium silika. Dibuat dari oksida (CaO), dan lempung yang mengandung silika dioksida (SiO_2) serat aluminium oksida (Al_2O_3). Pozzolan adalah bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen, termasuk daya tahannya terhadap agresi sulfat, air kotor, dan sejenisnya. Pozzolan digunakan untuk penambah, atau untuk pengganti sampai dengan 70% semen. Kelemahan bahan ini adalah mereduksi kecepatan pengerasan beton, dengan kata lain semen Portland Pozzolan menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit dari pada semen bias. Kelebihan jenis semen ini adalah sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air lebih baik, sehingga cocok sekali jika dipakai untuk bangunan di laut, bangunan pengairan, dan beton

massa. Pozzolan dapat terjadi dalam bentuk alamiah, seperti contohnya, abu vulkanis, scoria, dan batu apung (Murdock dan Brook, 1979).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, serta untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Ditinjau dari tujuan pemakaiannya semen Portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis (PUBI, 1982).

- Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan-persyaratan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat.

2.4. Air

Dalam suatu adukan beton air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air dipergunakan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang

diperlukan hanya sekitar 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai jarang sekali dari 30%, selebihnya digunakan sebagai pelumas. Penambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan betonnya akan retak dan porus. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk suatu lapisan tipis yang disebut selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila terjadi kebocoran retakan silinder, air bersama-sama akan keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton tetapi tidak berarti bahwa air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum.

Secara umum, air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Syarat-syarat air yang dapat digunakan sebagai pencampur beton adalah sebagai berikut :

1. tidak mengandung lumpur (benda yang melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter,
2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik, dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter (Tjokrodimulyo, 1992).

2.5. Garam

Garam adalah hasil reaksi bentukan dari reaksi asam dengan basa, di samping air. Persamaan reaksi dalam membentuk garam dan air ini disebut reaksi penetralan. Akan tetapi larutan garam tidak selalu bersifat netral. Sifat netral garam ini terjadi jika reaksi pembentuknya berasal dari asam kuat dan basa kuat. Pada larutan garam yang bersifat netral antara air dan garam akan terjadi pemisahan senyawa, yang mana garam akan menjadi butiran-butiran padat di samping air.

Garam yang terbentuk dari asam kuat dan basa kuat adalah NaCl. Didalam air, NaCl terion sempurna membentuk ion Na^+ dan Cl^- .



Baik ion Na^+ maupun Cl^- berasal dari elektrolit kuat, jadi merupakan asam atau basa lemah, sehingga keduanya tidak bereaksi dengan air.



Oleh karena itu, larutan tetap bersifat netral. (Purba, 1997)

2.5.1. Air laut

Pada penelitian ini digunakan air laut sebagai sampel larutan garam. Seperti diketahui bahwa air laut tentunya mengandung larutan garam (NaCl) yang cukup tinggi dapat dilihat dengan kadar garam (NaCl) sebesar 77,78% dibanding dengan kadar garam yang lain menurut Clarke, sehingga dianggap sampel garam

dari air laut ini cukup mewakili untuk dijadikan obyek penelitian. Di samping itu penggunaan air laut sebagai bahan adukan beton baik secara langsung maupun tidak langsung kelihatannya lebih sering terjadi dalam kenyataan pembangunan konstruksi beton di lapangan.

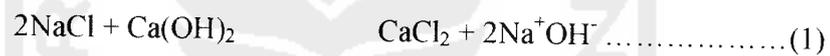
2.5.2. Air laut sebagai adukan beton

Air yang dipergunakan untuk membuat beton harus tak disangsikan lagi bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam lain. lumpur dan tanah liat dapat diambil dengan membiarkannya mengendap dalam kolam atau tangki yang sesuai, tetapi bahan lain, yang terlarut, sukar untuk dihilangkan. Tak ada bahan khusus yang dapat diberikan untuk garam-garam yang terlarut tetapi bilamana air jernih dan tidak berasa, maka dapat digunakan dengan aman. Bila ada hal yang merugikan, disarankan untuk mengirim contoh bahan air ke laboratorium untuk dianalisis dan diperbandingkan dengan air yang telah diketahui memenuhi syarat. Harus diperhatikan agar dipergunakan botol yang bersih ketika mengambil contoh air dan agar botol itu dicuci dengan air yang akan diperiksa sebelum langkah akhir untuk mengambil contoh air.

Pengalaman dan rekomendasi oleh sejumlah besar peneliti dan pejabat terhadap penggunaan air laut saling bertentangan, beberapa melaporkan hasil yang menyatakan akibat buruk, sedang laporan lain menyatakan tak ada pengaruh yang merugikan. Bilamana mungkin penggunaan air laut untuk pembuatan beton harus dihindari, karena ini tak disangsikan lagi menyebabkan pengaruh "*efflorescence*"

(mekar seperti “bunga”) yang tak terlihat, karena rambatan kadar air membawa garam yang terlarut ke permukaan. Klorida dalam air laut tak disangsikan lagi menyebabkan korosi yang parah terhadap penulangan, dan kecuali tindakan yang diambil menjamin bahwa beton sebaiknya dihilangkan. Air minum dari penyediaan air utama adalah aman dan baik penggunaannya (Murdock, 1991).

Keburukan pembangunan struktur beton di daerah pantai yaitu dapat memperkuat berlangsungnya korosi. Pengaruh dari konsentrasi garam pada penguatan korosi ini berawal dari terkontaminasinya air tanah dan agregat pada saat terjadinya pencampuran bahan susun beton, atau bias juga terjadi akibat keberadaan beton dalam lingkungan yang mempunyai konsentrasi garam tinggi sehingga terjadi penyerapan garam dari lingkungan ke dalam beton. Kemungkinan reaksi NaCl dengan hidrasi semen adalah :



Persamaan reaksi antara sodium sulfat dengan hasil hidrasi semen yang dinyatakan dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan C_3A menghasilkan Na^+ dapat dirumuskan/dibuktikan. Oleh karena itu, sifat-sifat alkali dari contoh di atas yang terkontaminasi oleh klorida dan garam sulfat mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi jika dibandingkan yang hanya terkontaminasi oleh klorida saja (Mehta, 1994).

Ketika bahan kimia (NaCl, LiCl, dan KCl) ditambahkan pada campuran semen-air-agregat akan mempunyai pengaruh perilaku pada campuran itu secara umum. Sebagian garam-garaman ini bergabung dengan komponen semen dan

sisanya bergabung dalam enceran/larutan cair. Ketika CaCl_2 , MgCl_2 , AlCl_3 ditambahkan dalam campuran, bagian dari garam-garaman ini akan bergabung dengan komponen semen, bagian yang dominan disebut hidroksida dan sisanya tertinggal dalam enceran. Ion-ion dalam enceran bereaksi dengan OH^- menjadi senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, dan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan komponen-komponen ini memiliki daya larut yang rendah.

Dari beberapa penelitian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa pengaruh garam-garaman terhadap reaksi campuran semen-air-agregat yang mempunyai pengaruh berupa ekspansi atau pemekaran terhadap mortar, pengaruh terbesar dimiliki oleh NaCl sebagai mana ketidaksamaan :



Rata-rata pengaruh garam-garaman dengan komposisi kimia dari berbagai sample dengan kadar garam klorida yang berbeda dan konsentrasi molar terhadap ekspansi/pemekaran mortar dalam 30 hari dapat dilihat pada Tabel 2.1. (Paulo, 1998).

Tabel 2.1. Ekspansi garam terhadap campuran semen dan air

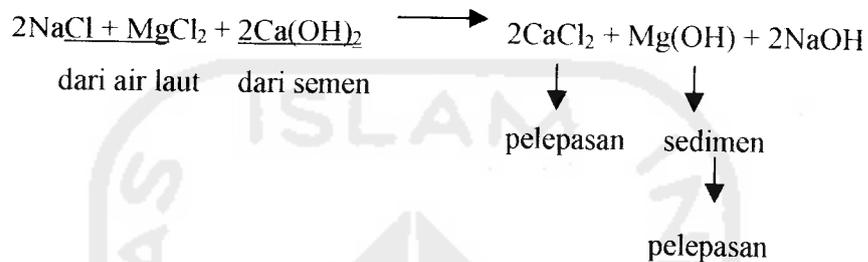
Sampel	NaCl	KCl	LiCl	MgCl_2	CaCl_2	AlCl_3
Ekspansi (%)	0,37	0,34	0,24	0,24	0,17	0,12

Beberapa garam seperti sodium iodate, sodium phosphate, sodium arsenat, dan sodium borat mengurangi kuat awal beton menjadi sangat rendah. Sodium karbonat dan potassium dapat menyebabkan ikatan sangat cepat dan dalam konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton. Adanya kalsium

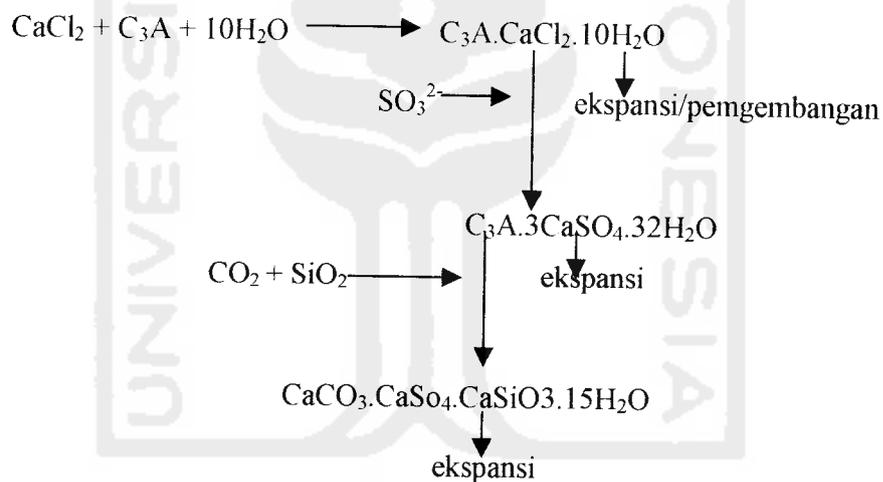
klorida mempercepat ikatan pengerasan. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam. Adanya garam-garam dalam air laut ini dapat mengurangi kekuatan beton 20% (Tjokrodimulyo, 1992).

Reaksi kimia yang disebabkan pencampuran antara beton dengan air laut adalah:

reaksi 1:



reaksi 2 :



Dari hasil reaksi di atas, beton mengalami pelepasan kalsium dan hal ini menyebabkan porositas beton meningkat, ekspansi dan keretakan yang terjadi oleh karena penambahan hidrat menyebabkan daya tahan beton menurun. Di lain hal, andaikata beton bertulang berada dalam kondisi seperti ini yaitu terjadi

penyebaran reaksi oksigen dan Cl^- pada permukaan tulangan besi, maka akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada tulangan beton tersebut.

Konsekuensinya, jika kita masih tetap ingin menggunakan air laut sebagai bahan adukan beton, maka solusinya harus menggunakan semen yang mempunyai pelepasan yang rendah yaitu kandungan C_3A sedikit dan mempunyai perlindungan penyebaran Cl^- sehingga mempertinggi ketahanan terhadap air laut.

Semen yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah :

1. semen Portland yang mempunyai panas hidrasi rendah,
2. semen Portland yang mempunyai ketahanan sulfat, dan
3. semen yang dibuat dari pembakaran bahan susun semen pada suhu yang sangat tinggi (Sato, 1988).

2.6. Zat Tambah (Additive)

Bahan untuk mempercepat pengerasan (“acceleration”), berfungsi untuk mempercepat pengerasan beton dan mempercepat peningkatan kekuatan beton. Penggunaan bahan pemercepat ini, memungkinkan pelepasan acuan lebih awal dan konsekuensinya mengurangi biaya, karena produksi akan lebih cepat. Dalam pemilihan dan pemakaian bahan kimia tersebut perlu diperhatikan masalah yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, misalnya korosi pada tulangan di dalam beton, ketahanan terhadap agresi sulfat dan sifat sensitive pada komposisi kimia dari semen (Murdock and Brook, 1986).

Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi di mana beton

diharapkan akan digunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan-pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi atau waktu ikat, kemudahan pengerjaan, dan kekedapan air (Tjokrodimulyo, 1992).

2.7. Kuat Desak Beton

Salah satu sifat beton yang paling menonjol sehingga banyak dipakai adalah kuat desaknya yang tinggi setelah mengeras. Beberapa sifat yang lain dipengaruhi oleh kuat tekan misalnya keawetan, kedap air, dan ketahanan aus. Bila kuat desaknya tinggi maka sifat-sifat yang lainnya juga baik. Secara umum factor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton adalah kualitas air, faktor air semen (*f_{as}*), umur beton, jumlah semen, dan sifat agregat.

2.7.1. Kualitas air

Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras. Adanya butiran melayang (lumpur) dalam air di atas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Adanya garam-garam mangan, timah, seng, tembaga, dan timah hitam

dengan jumlah cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan beton.

2.7.2. Faktor air semen (*fas*)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen, *fas* yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air di antara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya massa semen menjadi lebih berkaitan. Oleh karena itu, kekuatan awal lebih dipengaruhi oleh *fas* serta batuan semen yang terbentuk menjadi kepadatannya tinggi. Di samping itu *fas* juga berpengaruh terhadap proses pembentukan panas hidrasi, sehingga untuk mengatasi retak-retak pada permukaan beton dapat juga dengan mengatur *fas* yang dipakai. Semen dapat mengikat air sekitar 40% dari beratnya dengan kata lain, air sebanyak 40% terhadap berat semen sudah cukup untuk membentuk semen Portland terhidrasi. Namun pada *fas* yang kecil adukan beton mengalami kesulitan dalam pengerjaan terutama dalam pemadatan. Akibat pemadatan yang kurang sempurna ini menjadikan beton keropos sehingga kuat desaknya rendah atau menurun. Beton akan mencapai kuat tekan maksimum bila digunakan nilai *fas* yang minimum di mana semen masih dapat terhidrasi secara sempurna dan dengan pengerjaan yang sempurna sehingga tercapai massa beton yang kompak (Tjokrodimulyo, 1992).

2.7.3. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat. Ada beberapa faktor kecepatan bertambahnya kekuatan beton, antara lain *fas* dan suhu perawatan. Semakin tinggi *fas* maka semakin lambat kenaikan kekuatan beton dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya. Tetapi disisi lain dengan suhu perawatan menimbulkan penguapan yang cepat, di mana pada saat awal air masih diperlukan untuk hidrasi. Untuk mendapatkan kualitas beton yang optimum, beton setelah selesai dibuat perlu dipertahankan kondisinya pada suhu tertentu sampai beberapa hari dengan cara menyiram dengan air atau merendam sehingga retak-retak akibat suhu yang memanas dapat dihindarkan.

Tabel 2.2. Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat di laboratorium (DPU, 1989)

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland type I	0,46	0,7	0,88	0,96	1,00

2.7.4. Jumlah semen

Jumlah kandungan agregat yang normal dengan menggunakan *fas* yang sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh jumlah semen yang sedikit berarti pastinya sedikit, dengan demikian pori juga sedikit dan tentu akan menaikkan kuat desak beton. Namun pada umumnya rasio agregat terhadap semen tidak lebih dari 10.

Pada kondisi lain jika nilai slump sama (nilai *f_{as}* berubah), beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh nilai slump banyak ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja.

2.7.5. Jenis semen

Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen adalah komposisi unsur-unsur utama dan kehalusan butirnya. Menurut PUBLI 1982, semen dibagi menjadi yaitu semen Portland (SP), semen Portland pozzolan (SPP), dan semen pozzolan kapur (SPK). Semen Portland di Indonesia terbagi menjadi 5 jenis, yaitu jenis I sampai V. Penggolongan ini berdasarkan pada perubahan komposisi utama semen dengan perbandingan tertentu. Dari berbagai jenis ini mempunyai tujuan pemakaian yang berbeda-beda. Semen Portland Pozzolan adalah suatu bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus klinker semen Portland dan pozzolan, atau sebagai campuran yang merata antara bubuk semen Portland dan bubuk pozzolan. Pozzolan adalah bahan alam yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang relaktif. Perbandingan pengaruh umur terhadap laju kenaikan beton terhadap jenis semen Portland type I dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Ikhtisar jenis dan kekuatan semen (DPU, 1984).

Jenis semen portland	Kuat tekan % terhadap type I			
	1 hari	7 hari	28 hari	3 bulan
I. Normal :kenaikan suhu akibat hidrasi	100	100	100	100
II. Moderate : mengurangi kenaikan suhu	75	85	90	100
III. Kuat awal tinggi	190	120	100	100
IV. Panas hidrasi rendah	55	55	75	100
V. Tahan sulfat	65	75	85	100
Semen Pozzolan	100	100	100	100

2.7.6. Sifat agregat

Beton akan mempunyai kuat desak tinggi, jika terbentuk dari bahan-bahan pengisi yang berkualitas dan membentuk massa yang kokoh dan kuat serta pori yang terbentuk sekecil mungkin. Ada beberapa kemungkinan keruntuhan beton pada kondisi beban maksimum yaitu pecah pada agregat kasar atau agregat halus, terlepasnya lekatan antara semen dan agregat atau hancurnya pasta semen.

BAB III

LANDASAN TEORI

Sesuai dengan tinjauan pustaka di depan, maka untuk meneliti pengaruh kandungan garam digunakan air laut sebagai sampel pembawa kadar garam tertinggi, sedangkan sebagai sample pembanding digunakan air minum merk aqua untuk beton normal.

Perancangan proporsi campuran adukan beton adalah suatu rancangan adukan beton berdasarkan perbandingan bahan susun yang diperhitungkan sesuai mutu beton yang dikehendaki. Bahan susun beton terdiri dari pasir, kerikil, semen dan air. Pada proses perancangan adukan beton, seluruh bahan susun terlebih dahulu diperiksa dan dianalisis di laboratorium. Pada penelitian ini, analisis tersebut meliputi pemeriksaan kadar garam, gradasi, dan pemeriksaan modulus halus butir agregat, setelah itu dilakukan perhitungan perancangan komposisi campuran.

3.1. Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang digunakan secara umum yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah. Reaksi yang terjadi antara semen dengan air akan membentuk suatu pasta pengikat yang dalam jangka waktu

tertentu akan mengeras. Beton yang mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan yang tersusun dari agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir), pasta semen, serta bahan tambah yang mengisi rongga-rongga kecil antara butiran pasir.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan berlaku juga pada struktur lain. Usaha lain adalah dengan pemanfaatan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada maka semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan.

3.2. Air Minum Merk Aqua

Air Aqua adalah air yang diambil dari mata air pegunungan daerah Mlangi, Wonosobo, Jawa Tengah kemudian diproses dalam beberapa tahapan agar memenuhi syarat sebagai air minum.

Proses pemeriksaan melalui tiga tahap, yaitu penyaringan, pengendapan, dan penyinaran. Proses penyaringan dimaksudkan agar kotoran-kotoran kasar dan benda-benda yang melayang lainnya dapat dihilangkan dari air tersebut. Proses pengendapan dimaksudkan agar kotoran-kotoran yang lolos dari proses penyinaran. Proses penyinaran tersebut dilakukan dengan menggunakan sinar ultra violet, dimaksudkan agar zat organik yang terkandung dalam air tersebut mati dan tidak dapat berkembang biak. Setelah melalui tiga tahapan itu kemudian air dikemas dalam wadah dan dipasarkan dalam kategori air minum.

3.3. Kadar Garam

Air laut tentunya mengandung bermacam-macam jenis garam, diantaranya NaCl. Garam NaCl inilah yang berdasarkan tinjauan pustaka mempunyai pengaruh besar terhadap kuat desak beton. Untuk itu, pada penelitian ini garam yang dijadikan sebagai obyek penelitian.

Pada penelitian ini air laut yang dijadikan sampel dengan kandungan kadar garam (NaCl) tertinggi kemudian dicampurkan dengan menggunakan air Aqua dengan perbandingan satu kadar garam satu air Aqua, satu kadar garam dua air Aqua dan dua kadar garam satu air Aqua sebagai bahan pencampur.

Garam dinyatakan dengan simbol kimia : NaCl (Natrium Clorida), yang mana pemeriksaan kadar garamnya dicari seberapa besar kandungan Na dan Cl dalam air laut tersebut. Dari hasil analisis kimia kemudian dikonversikan ke dalam reaksi pembentukan garam, yaitu :



Pada reaksi pembentukan garam yang terdiri dari satu Na^+ dan satu Cl^- , maka berat garam yang terjadi adalah penjumlahan dari berat Na^+ dan berat Cl^- , sehingga dengan mudah dapat dihitung persentase garam di dalam satu liter air laut dikalikan seratus persen.

3.4. Gradasi

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori di antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi.

Menurut peraturan di Inggris (British Standard) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekerasan pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar sebagaimana tampak pada Tabel 3.1 sedang untuk gradasi kerikil dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Gradasi pasir menurut *British Standard*

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 - 95	60 - 95	85 – 100	95 – 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 5

Keterangan Tabel 3.1 : Daerah I = pasir kasar

Daerah II = pasir agak kasar

Daerah III = pasir agak halus

Daerah IV = pasir halus

Tabel 3.2 Gradasi kerikil menurut British Standard

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan		
	Besarnya maksimum		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 - 100	100	100
20	30 - 70	95 - 100	100
12.5	-	-	90 - 100
10	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4.8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

3.5. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (Fineness modulus) adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir diperoleh dari jumlah persen kumulatif butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dibagi seratus. Susunan ayakan itu ialah sebagai berikut : 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.

Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir kehalusan butir juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan berat

antara pasir dan kerikil, bila akan membuat campuran beton. Tabel 3.3 adalah nilai modulus halus butir berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 3.3 Percobaan modulus halus butir

Agregat	Modulus Halus Butir
Pasir	1,5-3,8
Kerikil	5 – 8
Pasir + Kerikil	5 – 6,5

$$M_{hb} = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertinggal}}{100} \dots\dots\dots 3.2$$

Hubungan antara modulus halus butir pasir, modulus halus kerikil dan modulus halus butir campurannya dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan : W = persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K = modulus halus butir kerikil

P = modulus halus butir pasir

C = modulus halus butir campuran

3.6. Bahan Tambah(Additive)

Additive yang digunakan adalah SIKAMENT NN yang diperoleh dari PT. Sika Nusa Pratama sebagai distributor yang ada di Indonesia. Additive ini berfungsi untuk mengurangi kadar air, mempertinggi kelecakan yang pada akhirnya akan menaikkan mutu beton. Dosis yang disarankan oleh produsen SIKAMENT NN 0,4% sampai 1,5% dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan pada beton.

3.7. Desain Campuran Beton Menurut Metode ACI

The American Concrete Institute (ACI) menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini dengan melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan akan menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (slump) adukan itu.

Adapun prosedur perhitungan perancangannya meliputi penentuan standar deviasi, nilai m , f'_{cs} , f'_{cR} , f_{as} , $slam$, ukuran maksimum agregat, kebutuhan air, jumlah semen, kebutuhan kerikil, dan kebutuhan pasir, seperti yang akan diuraikan berikut ini.

1. Hitung kuat tekan rencana beton atau kuat desak beton yang akan digunakan, berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya,

$$f'_{cR} = f'_{cs} + m \dots\dots\dots 3.4$$

dengan : f'_{cR} = kuat tekan rata-rata yang direncanakan, MPa

f'_{cs} = kuat tekan yang disyaratkan, Mpa

m = nilai margin,

$$m = k \times s_d \dots\dots\dots 3.5$$

dimana k adalah konstanta untuk mengalikan kekuatan desak karakteristik supaya harga rata-rata memenuhi spesifikasi tertentu (lihat Tabel 3.4) sedangkan s_d adalah deviasi standar yang didasarkan tingkat pengawasan terhadap mutu beton (lihat Tabel 3.5).

Tabel 3.4 Harga k untuk beberapa keadaan

k untuk 10% defektif	1,28
k untuk 5% defektif	1,64
k untuk 2,5% defektif	1,96
k untuk 1% defektif	2,33

Tabel 3.5 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume pekerjaan (m^3)	Mutu Pekerjaan		
	baik sekali	baik	cukup
Kecil : <1000	$S_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 65$	$45 < S_d \leq 85$
Sedang : 1000-3000	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 75$
Besar : >3000	$25 < s_d \leq 35$	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 65$

2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat Tabel 3.6) dan keawetannya, berdasarkan jenis truktur dan kondisi lingkungan (lihat Tabel 3.7). Dari dua hasil pada kedua tabel tersebut diambil yang paling rendah.

Tabel 3.6 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Factor air semen	Perkiraan kuat tekan (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.7 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif, atau disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
Beton di luar ruang bangunan:	

Lanjutan Tabel 3.7.	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah/air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya (lihat Tabel 3.8 dan Tabel 3.9).

Tabel 3.8 Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
- Dinding plat pondasi, pondasi bertulang	12,5	5
- Pondasi telapak tidak bertulang,	9,0	2,5

Lanjutan Tabel 3.8.		
kaison, dan konstruksi di bawah tanah		
- Plat, balok, kolom,dan dinding	15,0	7,5
- Perkerasan jalan	7,5	5,0
- Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 3.9 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum	Balok/kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slam yang diinginkan (lihat Tabel 3.10)
5. Hitung semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah 2 dan 4 di atas
6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus kehalusan agregat halusnya (lihat Tabel.3.11), dan
7. Hitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen,dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan dengan cara hitungan volume absolut (lihat Tabel 3.10).

Tabel 3.10 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slam dan ukuran agregat (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 3.11 Perkiraan agregat dan modulus halus butir

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Modulus halus butir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,64	0,63	0,63	0,40
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,8

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penyusunan metode penelitian ini dimaksudkan untuk mendukung validitas penelitian agar tidak melenceng dari tujuan dan batasan masalah yang diteliti. Adapun hal-hal yang dimaksud antara lain tentang bahan, alat-alat, variasi kadar garam, pengadukan beton, slump, pemadatan beton, pekerjaan perataan, perawatan beton, pengujian kuat tekan beton, dan pengendalian mutu pekerjaan seperti yang akan diuraikan berikut ini.

4.1. Bahan

Dalam penelitian ini digunakan bahan agregat kasar berupa batu pecah/split dari sungai Progo dengan ukuran butiran maksimum 40 mm, sedangkan untuk agregat halus digunakan pasir alam dari sungai Progo. Air yang digunakan untuk adukan beton adalah air minum merk Aqua dan air laut pantai Parangtritis Yogyakarta. Sedangkan semen digunakan semen jenis PPC (Portland Pozzolan Cement), merk Gresik dalam kemasan 40 kg.

4.2. Peralatan Penelitian

1. Jerigen

Alat ini dipakai sebagai tempat air laut.

2. Saringan

Alat ini digunakan sebagai penyaring air laut.

3. Gelas ukur

Digunakan untuk menakar air.

4. Satu set ayakan

Menentukan nilai gradasi dan mhb.

5. Penggaris siku

Alat untuk mengukur slam.

6. Ember

Untuk menampung agregat.

7. Tongkat penumbuk

Untuk memadatkan benda uji.

8. Sekop

Untuk memasukkan adukan beton ke dalam mesin aduk/molen.

9. Cetok

Untuk memasukkan adukan beton ke cetakan silinder

10. Kaliper

Untuk mengukur benda uji

11. Timbangan

Untuk menimbang bahan-bahan.

12. Cetakan silinder

Untuk mencetak benda uji.

13. Mesin siever

Alat sebagai pengayak mekanik.

14. Kerucut Abrams

Sebagai penguji slam.

15. Oven

Sebagai pengering agregat.

16. Molen

Alat sebagai mesin aduk campuran beton.

17. Mesin uji desak merk *Control*.

Alat sebagai tes desak beton.

18. Bak air

Sebagai tempat perawatan benda uji dan merendam agregat.

4.3. Variasi Kadar Garam

Dalam penelitian ini digunakan 5 variasi benda uji, tiap variasi mempunyai kadar garam yang berbeda yaitu 0,275%, 1,055%, 1,835%, 2,615%, dan 3,395%. Untuk mendapatkan kadar garam yang bervariasi di atas dilakukan pencampuran air laut dan air minum merk Aqua.

Proses pencampuran adalah :

1. air laut dan air Aqua yang telah diketahui kadar garamnya, diambil masing-masing satu bagian,
2. air laut dicampurkan atau dicampurkan dengan air Aqua dengan asumsi 1 bagian adalah 100%.
3. proporsi campuran seperti yang tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Variasi kandungan garam dengan air Aqua

Variasi	Air Aqua		Air laut		Jumlah
	Proporsi (%)	Kadar Garam (%)	Proporsi (%)	Kadar Garam (%)	Kadar Garam(%)
I(V1)	100	0,275	0	0	0,275
II(V2)	75	0,206	25	0,849	1,055
III(V3)	50	0,138	50	1,697	1,835
IV(V4)	25	0,069	75	2,546	2,615
V(V5)	0	0	100	3,395	3,395

4. aduk hingga rata campuran di atas hingga didapatkan volume sesuai hasil perhitungan kebutuhan air untuk adukan beton.

4.4. Pengadukan Beton

Pengadukan beton adalah proses pencampuran antara bahan-bahan dasar beton yaitu, semen, air, pasir, kerikil, zat additive serta air yang terdiri dari campuran air laut dengan air Aqua, dalam perbandingan tertentu. Pengadukan dilakukan hingga warna adukan tampak rata dan homogen campurannya, serta kelecikan cukup (tidak terlalu cair atau padat). Selama proses pengadukan ini dihindari terjadinya pemisahan butir-butir.

Prinsip dasar pada pengadukan ini adalah menjadikan bahan campuran dalam kondisi seragam pada setiap adukannya. Kondisi seragam yang dimaksud

adalah agregat pasir dan kerikil dalam keadaan *SSD*. Agar kerikil dan pasir tetap terjaga kondisinya, maka setelah agregat dicuci kemudian dimasukkan dalam karung plastik, selanjutnya agregat dan semen ditimbang sesuai dengan perbandingan yang direncanakan. Setelah itu agregat dan semen dicampur dalam kondisi kering hingga rata dengan menggunakan mesin molen, baru setelah itu dituangi air dan zat additive SIKAMENT NN hingga akhirnya didapatkan nilai slump sesuai perhitungan.

4.5. "Slump Test"

Percobaan slam (*slump test*) ialah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, dengan menggunakan alat-alat :

1. corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya dengan bagian bawah berdiameter 20 cm, diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm,
2. tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm bagian ujung baja berbentuk bulat.

Prosedur uji slump adalah mula-mula corong baja diletakkan di atas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar di bawah dan diameter yang kecil di atas. Adukan beton dimasukkan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang erat-erat agar tidak bergerak. Jumlah adukan yang dimasukkan kira-kira sebanyak sepertiga volume corong. Setelah adukan telah masuk ke dalam corong lalu adukan ditusuk-tusuk pula. Penusukan

jangan sampai menusuk lapisan pertama. Bila lapisan kedua ditusuk, lalu adukan ketiga dimasukkan dan ditusuk pula.

Bila adukan ketiga telah selesai ditusuk, lalu permukaan adukan beton diratakan, sama dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik, dan kemudian ditarik corong lurus ke atas. Ukur penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong ditarik. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut nilai slam. Dari cara percobaan ini, dapat diketahui bahwa lebih cair adukan akan diperoleh nilai slam yang besar.

4.6. Pematatan Beton

Tujuan pematatan beton adalah untuk menghilangkan rongga-rongga udara atau pori dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pematatan dilakukan dengan manual yaitu dengan cara menusuk-nusuk adukan beton dengan tongkat besi sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yaitu dengan menuang sepertiga adukan dalam cetakan kemudian ditusuk 25 kali dan diulangi lagi pada sepertiga berikutnya hingga penuh.

4.7. Pekerjaan Perataan

Pekerjaan perataan adalah pekerjaan sesudah adukan beton selesai dipadatkan, yaitu berupa perataan permukaan beton segar dalam cetakan silinder yang telah dipadatkan. Alat yang digunakan adalah cetok dan kaca persegi dengan ketebalan 5 mm. Pekerjaan perataan ini dilakukan setelah beberapa saat adukan di dalam silinder.

4.8. Perawatan Beton

Perawatan beton adalah upaya agar permukaan beton selalu segar. Sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton tetap harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan terjadi beton yang kurang kuat dan juga timbul retak-retak. Selain itu kelembaban tersebut juga membuat beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Perawatan beton ini dilakukan dengan cara merendam ke dalam bak air satu hari setelah penuangan adukan beton, hingga tiga hari menjelang ujian.

4.9. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan umur yang dikehendaki. Pada penelitian ini pengujian kuat beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan menggunakan mesin Uji Desak yang tersedia di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, UII. Penelitian ini direncanakan untuk umur beton 28 hari sehingga untuk hasil uji kuat desak sebagai variasi umur beton dalam penelitian ini harus dikonversikan untuk umur 28 hari (lihat Tabel 2.2. dan Tabel 2.3.).

Kekuatan desak beton yang menyebabkan benda uji beton lancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F = \frac{P}{A} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Keterangan : F = kuat desak beton, N/mm²

P = Beban maksimum, N

A = Luas penampang benda uji, mm²

Adapun kuat desak rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

kuat desak umur 28 hari (f'_{c28}) = kuat desak benda uji / faktor umur,

kuat desak rata-rata (f'_{cr}) = $\sum f'_{c28}$ / jumlah sampel.

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat desak beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus :

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (f'_{c28} - f'_{cr})^2}{(n-1)}}$$

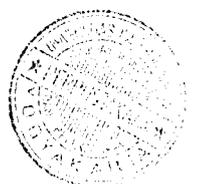
Keterangan : s_d = deviasi standar, Kg/mm²

f'_{c28} = kuat desak beton yang terjadi dari masing-masing benda uji umur 28 hari, N/mm²

f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata, N/mm²

n = jumlah benda uji

Deviasi standar menunjukkan tingkat mutu pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya.



BAB IV

METODE PENELITIAN

Penyusunan metode penelitian ini dimaksudkan untuk mendukung validitas penelitian agar tidak melenceng dari tujuan dan batasan masalah yang diteliti. Adapun hal-hal yang dimaksud antara lain tentang bahan, alat-alat, variasi kadar garam, pengadukan beton, slump, pemadatan beton, pekerjaan perataan, perawatan beton, pengujian kuat tekan beton, dan pengendalian mutu pekerjaan seperti yang akan diuraikan berikut ini.

4.1. Bahan

Dalam penelitian ini digunakan bahan agregat kasar berupa batu pecah/split dari sungai Progo dengan ukuran butiran maksimum 40 mm, sedangkan untuk agregat halus digunakan pasir alam dari sungai Progo. Air yang digunakan untuk adukan beton adalah air minum merk Aqua dan air laut pantai Parangtritis Yogyakarta. Sedangkan semen digunakan semen jenis PPC (Portland Pozzolan Cement), merk Gresik dalam kemasan 40 kg.

4.2. Peralatan Penelitian

1. Jerigen

Alat ini dipakai sebagai tempat air laut.

2. Saringan
Alat ini digunakan sebagai penyaring air laut.
3. Gelas ukur
Digunakan untuk menakar air.
4. Satu set ayakan
Menentukan nilai gradasi dan mhb.
5. Penggaris siku
Alat untuk mengukur slam.
6. Ember
Untuk menampung agregat.
7. Tongkat penumbuk
Untuk memadatkan benda uji.
8. Sekop
Untuk memasukkan adukan beton ke dalam mesin aduk/molen.
9. Cetok
Untuk memasukkan adukan beton ke cetakan silinder
10. Kaliper
Untuk mengukur benda uji
11. Timbangan
Untuk menimbang bahan-bahan.
12. Cetakan silinder
Untuk mencetak benda uji.
13. Mesin siever

Alat sebagai pengayak mekanik.

14. Kerucut Abrams

Sebagai penguji slam.

15. Oven

Sebagai pengering agregat.

16. Molen

Alat sebagai mesin aduk campuran beton.

17. Mesin uji desak merk *Control*.

Alat sebagai tes desak beton.

18. Bak air

Sebagai tempat perawatan benda uji dan merendam agregat.

4.3. Variasi Kadar Garam

Dalam penelitian ini digunakan 5 variasi benda uji, tiap variasi mempunyai kadar garam yang berbeda yaitu 0,275%, 1,055%, 1,835%, 2,615%, dan 3,395%. Untuk mendapatkan kadar garam yang bervariasi di atas dilakukan pencampuran air laut dan air minum merk Aqua.

Proses pencampuran adalah :

1. air laut dan air Aqua yang telah diketahui kadar garamnya, diambil masing-masing satu bagian,
2. air laut dicampurkan atau dicampurkan dengan air Aqua dengan asumsi 1 bagian adalah 100%.
3. proporsi campuran seperti yang tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Variasi kandungan garam dengan air Aqua

Variasi	Air Aqua		Air laut		Jumlah Kadar Garam(%)
	Proporsi (%)	Kadar Garam (%)	Proporsi (%)	Kadar Garam (%)	
I(V1)	100	0,275	0	0	0,275
II(V2)	75	0,206	25	0,849	1,055
III(V3)	50	0,138	50	1,697	1,835
IV(V4)	25	0,069	75	2,546	2,615
V(V5)	0	0	100	3,395	3,395

4. aduk hingga rata campuran di atas hingga didapatkan volume sesuai hasil perhitungan kebutuhan air untuk adukan beton.

4.4. Pengadukan Beton

Pengadukan beton adalah proses pencampuran antara bahan-bahan dasar beton yaitu, semen, air, pasir, kerikil, zat additive serta air yang terdiri dari campuran air laut dengan air Aqua, dalam perbandingan tertentu. Pengadukan dilakukan hingga warna adukan tampak rata dan homogen campurannya, serta kelecikan cukup (tidak terlalu cair atau padat). Selama proses pengadukan ini dihindari terjadinya pemisahan butir-butir.

Prinsip dasar pada pengadukan ini adalah menjadikan bahan campuran dalam kondisi seragam pada setiap adukannya. Kondisi seragam yang dimaksud

adalah agregat pasir dan kerikil dalam keadaan *SSD*. Agar kerikil dan pasir tetap terjaga kondisinya, maka setelah agregat dicuci kemudian dimasukkan dalam karung plastik, selanjutnya agregat dan semen ditimbang sesuai dengan perbandingan yang direncanakan. Setelah itu agregat dan semen dicampur dalam kondisi kering hingga rata dengan menggunakan mesin molen, baru setelah itu dituangi air dan zat additive SIKAMENT NN hingga akhirnya didapatkan nilai slump sesuai perhitungan.

4.5. "Slump Test"

Percobaan slam (*slump test*) ialah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, dengan menggunakan alat-alat :

1. corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya dengan bagian bawah berdiameter 20 cm, diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm,
2. tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm bagian ujung baja berbentuk bulat.

Prosedur uji slump adalah mula-mula corong baja ditaruh di atas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar dibawah dan diameter yang kecil di atas. Adukan beton dimasukkan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang erat-erat agar tidak bergerak. Jumlah adukan yang dimasukkan kira-kira sebanyak sepertiga volume corong. Setelah adukan telah masuk ke dalam corong lalu adukan ditusuk-tusuk pula. Penusukan

jangan sampai menusuk lapisan pertama. Bila lapisan kedua ditusuk, lalu adukan ketiga dimasukkan dan ditusuk pula.

Bila adukan ketiga telah selesai ditusuk, lalu permukaan adukan beton diratakan, sama dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik, dan kemudian ditarik corong lurus ke atas. Ukur penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong ditarik. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut nilai slam. Dari cara percobaan ini, dapat diketahui bahwa lebih cair adukan akan diperoleh nilai slam yang besar.

4.6. Pemadatan Beton

Tujuan pemadatan beton adalah untuk menghilangkan rongga-rongga udara atau pori dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pemadatan dilakukan dengan manual yaitu dengan cara menusuk-nusuk adukan beton dengan tongkat besi sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yaitu dengan menuang sepertiga adukan dalam cetakan kemudian ditusuk 25 kali dan diulangi lagi pada sepertiga berikutnya hingga penuh.

4.7. Pekerjaan Perataan

Pekerjaan perataan adalah pekerjaan sesudah adukan beton selesai dipadatkan, yaitu berupa perataan permukaan beton segar dalam cetakan silinder yang telah dipadatkan. Alat yang digunakan adalah cetok dan kaca persegi dengan ketebalan 5 mm. Pekerjaan perataan ini dilakukan setelah beberapa saat adukan di dalam silinder.

4.8. Perawatan Beton

Perawatan beton adalah upaya agar permukaan beton selalu segar. Sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton tetap harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan terjadi beton yang kurang kuat dan juga timbul retak-retak. Selain itu kelembaban tersebut juga membuat beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Perawatan beton ini dilakukan dengan cara merendam ke dalam bak air satu hari setelah penguangan adukan beton, hingga tiga hari menjelang ujian.

4.9. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan umur yang dikehendaki. Pada penelitian ini pengujian kuat beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan menggunakan mesin Uji Desak yang tersedia di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, UII. Penelitian ini direncanakan untuk umur beton 28 hari sehingga untuk hasil uji kuat desak sebagai variasi umur beton dalam penelitian ini harus dikonversikan untuk umur 28 hari (lihat Tabel 2.2. dan Tabel 2.3.).

Kekuatan desak beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F = \frac{P}{A} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Keterangan : F = kuat desak beton, N/mm²

P = Beban maksimum, N

A = Luas penampang benda uji, mm²

Adapun kuat desak rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

kuat desak umur 28 hari (f'_{c28}) = kuat desak benda uji / faktor umur,

kuat desak rata-rata (f'_{cr}) = $\sum f'_{c28}$ / jumlah sampel.

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat desak beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus :

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (f'_{c28} - f'_{cr})^2}{(n-1)}}$$

Keterangan : s_d = deviasi standar, Kg/mm²

f'_{c28} = kuat desak beton yang terjadi dari masing-masing benda uji umur 28 hari, N/mm²

f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata, N/mm²

n = jumlah benda uji

Deviasi standar menunjukkan tingkat mutu pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya.

BAB V

PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada pelaksanaan dan perancangan adukan beton, perlu diadakan penelitian terlebih dahulu yang berupa analisis dan pemeriksaan. Urutan pemeriksaan tersebut antara lain meliputi persiapan material, pemeriksaan agregat kasar (kerikil), pemeriksaan agregat halus (pasir), perancangan campuran adukan beton, pembuatan benda uji, dan pengujian slump.

5.1. Persiapan Material

Persiapan material ini ditujukan untuk mendukung validitas pada penelitian agar sesuai dengan batasan masalah yang telah diuraikan di depan, sehingga pada akhir analisis hasil percobaan didapatkan kesimpulan yang pasti. Adapun persiapan material ini meliputi: persediaan material, pencucian agregat, dan pemeriksaan *SSD* agregat.

5.1.1. Persediaan material

Material yang digunakan meliputi pasir, kerikil, semen, air laut, air Aqua, dan zat additive SIKAMENT NN. Pasir dan kerikil didapat dari sungai Progo Yogyakarta. Semen yang digunakan adalah semen Portland Pozzolan merk Nusantara dengan kapasitas 40 kg, sedangkan air laut diambil dari pantai Parangtritis Yogyakarta dan digunakan air Aqua sebagai pencampur. Zat additive SIKAMENT NN diperoleh dari PT. SIKAM INDONESIA.

5.1.2. Pencucian agregat

Pencucian agregat ini untuk menghilangkan kotoran yang tercampur ke dalam agregat seperti lumpur dan zat-zat organik. Pencucian agregat (pasir dan kerikil) dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama dengan cara menaruh agregat di atas karung plastik yang diletakkan dipermukaan lantai yang miring kemudian disemprot dengan air hingga lumpurnya larut dengan air, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan agar sebagian besar kandungan lumpur segera hilang. Tahap kedua dilakukan dengan cara menaruh agregat dalam bak kemudian disiram air sambil diaduk-aduk, hingga lumpur larut dalam air. Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga air kelihatan jernih, sehingga dianggap tidak ada lagi kandungan Lumpur dalam agregat.

5.1.3. Pemeriksaan SSD

Tujuan pemeriksaan *SSD* (*saturated surface dry*) adalah agar pasir dan kerikil yang digunakan dalam campuran beton tidak menghisap atau menambah

air pada campuran beton tersebut sehingga jika dilihat dari luar pasir dan kerikil kelihatan kering tetapi di dalamnya sudah jenuh air. Untuk kerikil, pemeriksaan SSD dilakukan dengan cara merendam ke dalam bak air selama 24 jam, kemudian setelah itu ditaruh di atas karung dan diangin-anginkan beberapa saat hingga kelihatan permukaan kerikil menjadi keputih-putihan atau kering permukaan.

5.2. Pemeriksaan Kadar Garam

Pemeriksaan kadar garam ini bertujuan untuk mengetahui seberapa persentase kandungan garam dalam air laut dan air Aqua. Seperti apa yang sudah diuraikan di depan bahwa garam atau Natrium Clorida (NaCl) berasal dari reaksi pembentukan Na^+ dan Cl^- , sehingga berat NaCl diperoleh dari penjumlahan berat Na ditambah berat Cl .

5.2.1. Kadar garam air laut

Dari hasil pemeriksaan analisa kimia yang dilakukan di Laboratorium kimia Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta didapatkan hasil sebagaimana Tabel 5.1.

Table 5.1. Hasil analisa laboratorium kimia BTKL

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa Kimia No. Lab
			4838 K
1.	Natrium (Na)	mg/lt	12676
2.	Clorida (Cl)	mg/lt	18594

Berdasarkan data Tabel 5.1. maka :

$$\begin{aligned}\text{Berat volume NaCl} &= 12676 \text{ mg/l} + 18594 \text{ mg/l} \\ &= 31270 \text{ mg/l} = 31,27 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

dari percobaan, didapatkan :

$$\begin{aligned}\text{berat volume air laut} &= 921 \text{ gr/l} \\ \text{jadi, kadar garam} &= \frac{31,27 \text{ gr/l}}{921 \text{ gr/l}} \times 100\% \\ &= 3,395 \%\end{aligned}$$

5.2.2. Kadar garam air Aqua

Dari hasil pemeriksaan analisa kimia yang dilakukan pada Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada didapatkan hasil bagaimana Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil pemeriksaan Laboratorium Kimia Analitik

No.	Parameter	Kode sampel	Hasil Pengukuran
1.	Na	Aqua	0,02656%
2.	Cl	Aqua	0,2485%

Garam natrium clorida (NaCl) berasal dari reaksi pembentukan Na^+ dan Cl^- , sehingga persentase senyawa NaCl diperoleh dari penjumlahan persentase ion Na^+ ditambah persentase ion Cl^- .

Dari data table 5.2. di atas, maka dapat dicari persentase kandungan garam NaCl dan air Aqua, seperti dalam hitungan berikut ini

$$\text{Kadar garam} = 0,0265\% + 0,2485\% = 0,275\%$$

Menurut persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan air dengan kandungan NaCl adalah $< 2\%$, maka air Aqua masih memenuhi syarat (DPU, 1984).

5.3. Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar atau kerikil ini meliputi: pemeriksaan berat jenis, berat jenis kering tusuk, analisis saringan dan modulus halus butir (*mhb*). Kerikil yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah dari sungai Progo dengan diameter maksimum 40 mm.

5.3.1. Pemeriksaan berat jenis kerikil

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis kerikil adalah :

1. menimbang kerikil, $w = 400$ gr,
2. mengisi gelas ukur dengan air, $w_1 = 500$ cc, dan
3. memasukkan kerikil ke dalam gelas ukur, volume naik menjadi $v_2 = 655$ cc

$$\text{berat jenis}(B_j) = \frac{w}{(v_2 - v_1)} = \frac{400}{(655 - 400)} = 2,581 \text{ gr/cc}$$

5.3.2. Pemeriksaan berat jenis kering tusuk kerikil

Untuk B_j kering tusuk kerikil, pemeriksaan dilakukan sebagai berikut :

1. menimbang cetakan silinder (15x30) cm, $w_1 = 4312$ gr,

2. mengisi kerikil SSD pada silinder sambil ditusuk-tusuk 25 kali pada setiap 10 cm tinggi silinder, kemudian ditimbang, $w_2 = 12390$ gr, dan
3. menghitung volume silinder, $V = 0,25 \times \pi \times 15^2 \times 30 = 5301,4376 \text{ cm}^3$

$$\text{berat jenis kering tusuk} = \frac{w_2 - w_1}{V} = \frac{12390 - 4312}{5301,4376} = 1,524 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Berat jenis kerikil dan berat jenis kering tusuk kerikil.

Asal kerikil	Berat jenis kerikil	Berat jenis kering tusuk
Sungai Progo	2,581	1,524

5.3.3. Analisa saringan dan modulus halus butir (mhb) kerikil

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai mhb dan gradasi kerikil, sebagaimana yang disyaratkan menurut *British Standart*. Ukuran butir maksimum kerikil 40 mm.

Urutan pelaksanaannya adalah :

1. menyusun ayakan sesuai dengan urutan diameter, yaitu dari atas ke bawah mulai dari diameter 38 mm, 19 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm,
2. menimbang contoh kerikil sesuai dengan kebutuhan kemudian dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan di tutup rapat,
3. menggetarkan susunan ayakan dengan mesin Siever selama 15 menit, dan
4. menimbang kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan.

Dari hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Gradasi kerikil dengan butir maksimum 40 mm

No.	Lubang ayakan(mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat butir lolos (%)	Syarat <i>British Standart</i> (%)
1.	38	0	100	95-100
2.	19	1241,7	12,915	10-70
3.	9,6	552,5	10,29	10-35
4.	4,8	205,8	0	0-5
5.	2,4	0	0	0

Tabel 5.5. Hitungan modulus halus kerikil dengan butir maksimum 40 mm

No.	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tetinggal komulatif (%)
1.	38	0	0	0
2.	19	1241,7	62,085	62,085
3.	9,6	552,5	27,625	89,71
4.	4,8	205,8	10,29	100
5.	2,4	0	0	100
6.	1,2	0	0	100
7.	0,6	0	0	100
8.	0,3	0	0	100
9.	0,15	0	0	100
	Jumlah	2000	100	751,795

Rumus untuk menghitung modulus halus butir (mhb) adalah :

$$\text{modulus halus butir (mhb)} = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertinggal}}{100} = \frac{751,795}{100} = 7,52$$

5.4. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan agregat halus ini meliputi :

1. pemeriksaan berat jenis,
2. pemeriksaan kadar lumpur,
3. analisis saringan, dan
4. modulus halus butir.

5.4.1. Pemeriksaan berat jenis pasir

Urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. menimbang pasir, $w = 400$ gr,
2. gelas ukur diisi air, $v_1 = 500$ cc,
3. pasir dimasukkan gelas ukur, volume menjadi $v_2 = 640$ cc,

$$\text{berat jenis (Bj)} = \frac{400}{(640-500)} = 2,857 \text{ gr/cc}$$

jadi diperoleh berat jenis pasir adalah 2,857 gr/cc

5.4.2. Pemeriksaan kandungan lumpur

Tujuan pemeriksaan kandungan lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam agregat halus yang akan digunakan dalam campuran adukan beton. Pada penelitian ini pasir terlebih dahulu dicuci sebelum digunakan. Pemeriksaan kandungan lumpur dilakukan setelah pasir dicuci, maksudnya adalah untuk memastikan berapa persen kandungan lumpur di dalamnya.

Adapun cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir adalah :

1. menimbang pasir kering oven sebanyak 100 gr dan memasukkannya ke dalam gelas ukur 250 cc,
2. diisi dengan air sampai pada ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,
3. gelas ukur ditutup dan dikocok berkali-kali sampai airnya tampak keruh,
4. setelah 1 menit, perlahan-lahan air dibuang sehingga pasirnya tidak ikut terbang,
5. mengulangi pekerjaan (4) hingga airnya menjadi jernih,
6. pasir dipindahkan dari gelas ukur ke dalam piring, selanjutnya memasukkan ke dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam,
7. pasir dikeluarkan dan didinginkan kemudian ditimbang, dan
8. didapat berat pasir 99,76 gram.

$$\text{kandungan Lumpur} = \frac{100 - 99,76}{100} \times 100\% = 0,24\% < 5\% \text{ (memenuhi syarat)}$$

5.4.3. Analisis saringan dan modulus halus butir

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai mhb dan gradasi kerikil, sebagaimana yang disyaratkan menurut *British Standart*. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sungai Progo.

Untuk pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. menyusun ayakan sesuai dengan urutan diameter, yaitu dari atas ke bawah dari diameter 38 mm, 19 mm, 4,8 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.
2. menimbang contoh pasir sesuai kebutuhan kemudian dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas kemudian di tutup rapat, dan
3. menggetarkan susunan ayakan dengan mesin Siever selama 15 menit, pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring dan ditimbang.

Hasil pemeriksaan analisis saringan pada pasir dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Pemeriksaan analisis saringan pada pasir

No.	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)
1.	4,8	0	0	0
2.	2,4	98,8	6,6	6,6
3.	1,2	245,2	16,35	22,95
4.	0,6	452,3	30,15	53,11
5.	0,3	379,3	25,29	78,39

Lanjutan Tabel 5.6.

No.	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)
6.	0,15	258,2	17,2	95,59
7.	Sisa	66,2	4,41	-
	Jumlah	1500	100	256,63

$$\text{modulus halus butir (mhb)} = \frac{\% \text{ komulatif berat tertinggal}}{100} = \frac{256,63}{100} = 2,5663$$

Tabel 5.7. Gradasi pasir

No.	Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir lolos ayakan	
		Hasil yg digunakan Standart	Syarat British
1.	9,6	100	100
2.	4,8	100	90 – 100
3.	2,4	93,4	75 – 100
4.	1,2	77,07	55 – 100
5.	0,6	46,91	35 – 79
6.	0,3	21,63	8 – 30
7.	0,15	4,41	0 – 10

Dari hasil analisis Tabel 5.7. maka pasir termasuk dalam Daerah II, yaitu pasir agak kasar.

5.5. Perancangan Campuran Adukan Beton

Perancangan adukan pada penelitian ini menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*), adapun prosedur perhitungan perancangannya meliputi penentuan s_d , nilai m , f_{c_s} , f_{cR} , f_{as} , $slam$, ukuran maksimum agregat, kebutuhan air, jumlah semen, kebutuhan kerikil, jumlah zat additive, dan kebutuhan pasir, seperti yang dijelaskan berikut ini.

1. menentukan s_d (standar deviasi)

Berdasarkan Tabel 3.5. nilai deviasi standar dengan kategori mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan kecil, didapat $s_d = 60 \text{ kg/cm}^2$

2. menentukan nilai m

$k = 1,64$ (lihat gambar 3.1. dengan jumlah benda uji 20)

$$m = k \times s_d = 1,64 \times 60 = 98,4 \text{ kg/cm}^2 = 9,84 \text{ Mpa}$$

3. menentukan kuat desak rencana rata-rata (f_{cR})

$$f_{c_s} = 28 \text{ Mpa}$$

$$f_{cR} = f_{c_s} + m = 28 + 9,84 = 37,84 \text{ Mpa}$$

4. menentukan nilai f_{as} (factor air semen)

- a. $f_{cR} = 37,84 \text{ Mpa}$

dari Tabel 3.6. didapatkan $f_{as} = 0,476$

- b. berdasarkan lingkungan (lihat Tabel 3.7.) didapatkan $f_{as} = 0,52$

- c. maka f_{as} yang dipakai adalah f_{as} yang paling kecil yaitu 0,476

5. menentukan nilai slump

dari Tabel 3.8. didapat nilai slump = 7.5 – 15 cm

6. menentukan ukuran maksimum agregat

ukuran maksimum agregat adalah 40 mm.

7. menentukan kebutuhan air

berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slam (lihat Tabel 3.10)

didapat volume air = 177 liter dengan volume udara terperangkap 1%.

8. menentukan jumlah semen

$$\text{berat semen} = \frac{\text{berat air}}{\text{fas}} = \frac{177}{0,476} = 371,849 \text{ kg} / 1 \text{ m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{volume semen} = \frac{\text{berat semen}}{\text{Bj semen}} = \frac{371,849}{3.15 \times 10^3} = 0,118 \text{ m}^3$$

9. menentukan kebutuhan kerikil

Berdasarkan Tabel 3.11. dengan ukuran maksimum butir 40 mm dan *mhb*

pasir = 2,5743 didapat kebutuhan kerikil 0,743 m³

Volume kerikil kering tusuk = 0,743 m tiap 1 m³

Berat kerikil = vol. Kerikil *SSD* x berat jenis kering tusuk kerikil

$$= 0,743 \times 1,524 = 1,1323 \text{ t} = 1132,3 \text{ kg} \text{ tiap } 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume kerikil padat} = \frac{\text{berat kerikil}}{\text{Bj kerikil}} = \frac{1,1323}{2,581} = 0,439 \text{ m}^3$$

10. menentukan kebutuhan pasir

Dari hitungan di atas didapat :

$$\begin{aligned} \text{Volume tanpa pasir} &= \text{vol. Air} + \text{vol. Semen} + \text{vol. Kerikil} + 1\% \text{ udara} \\ &= 0,177 + 0,118 + 0,439 + 0,01 = 0,814 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume pasir} = 1 - 0,814 = 0,186 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{Berat jenis pasir} \times \text{volume pasir} \\ &= 2,857 \times 0,186 = 0,5314 \text{ t} = 531,4 \text{ kg} / 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5.6. Kebutuhan Campuran Adukan Beton

Pada penelitian ini digunakan cetakan berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah variasi ada 5 buah sedangkan variasi berjumlah 20 buah. Pembuatan adukan dilakukan tiap variasi yaitu 20 benda uji.

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \cdot d^2 \cdot t = 0,25 \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Variasi} = 20 \text{ silinder} = 20 \times 0,0053 = 0,106 \text{ m}^3$$

$$\text{berat PC} = 0,118 \times 0,106 \times 3150 = 39,4 \text{ kg}$$

$$\text{berat pasir} = 0,186 \times 0,106 \times 2857 = 56,329 \text{ kg}$$

$$\text{berat kerikil} = 0,439 \times 0,106 \times 1524 = 70,918 \text{ kg}$$

$$\text{berat air} = 177 \times 0,106 = 18,76 \text{ liter}$$

$$\text{berat additive} = 1\% \times 39,4 = 0,394 \text{ kg}$$

$$\text{berat air yang dibutuhkan} = 18,76 - (15\% \times 18,76) = 15,946 \text{ liter}$$

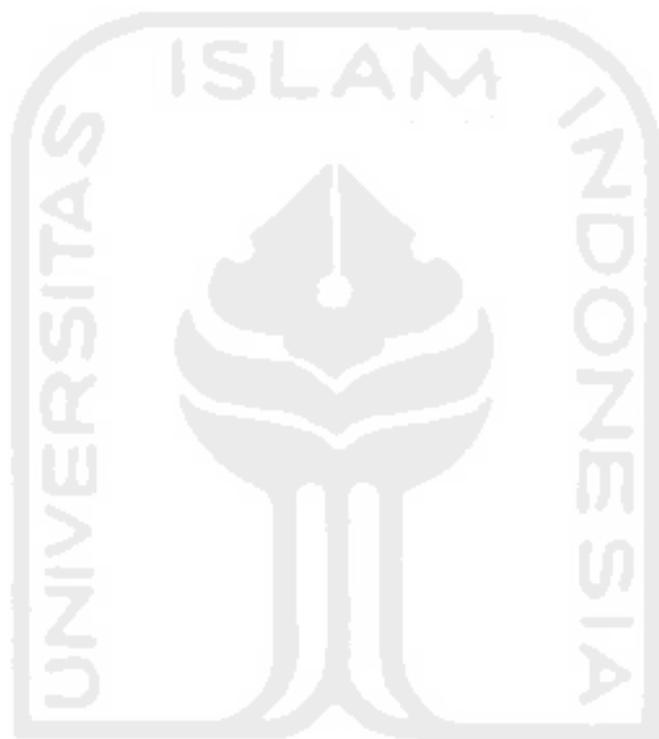
Tabel 5.8. Perbandingan berat adukan beton

Jenis material	Semen	Pasir	Kerikil	Air
Berat (kg)	39,4	56,32	70,918	15,946 lt
Perbandingan	1	1,43	1,8	

Untuk hasil perancangan adukan beton dengan metode ACI dengan volume m^3 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Perancangan adukan beton dengan metode ACI untuk volume m^3

No.	Uraian	Keterangan
1.	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari $(f'c)$	28 Mpa
2.	Nilai tambah (m)	1,64
3.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan $(f'cR)$	37,84
4.	Jenis semen (PC/PPC)	PPC
5.	Jenis agregat kasar (alami/batu pecah)	Batu pecah
6.	Jenis agregat halus (alami/pecahan)	alami
7.	Faktor air semen	0,476
8.	Faktor air semen maksimum	0,52
9.	Dipakai faktor air semen yang rendah	0,476
10.	Ukuran maksimum agregat kasar	40 mm
11.	Nilai slump	7,5-15 cm
12.	Kebutuhan air	15,946 liter
13.	Kebutuhan semen portland	39,4 kg
14.	Kebutuhan agregat kasar	70,918 kg
15.	Kebutuhan agregat halus	56,329 kg
16.	Kebutuhan zat additive	0,394 kg



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat desak beton dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Analisa hasil penelitian dilaksanakan setelah dilakukan uji desak beton pada benda uji silinder beton. Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan 5 variasi kandungan garam. Setiap variasi berjumlah 20 benda uji. Setiap benda uji juga diberi identitas atau kode, hal ini dilakukan untuk menghindari kecacauan pada waktu pengujian berlangsung. Identitas tersebut berupa huruf kapital dan bilangan. Huruf kapital menunjukkan variasi, sedangkan bilangan pertama menunjukkan kesamaan dalam variasi, dan bilangan kedua adalah jumlah benda uji secara berurutan dalam setiap adukan.

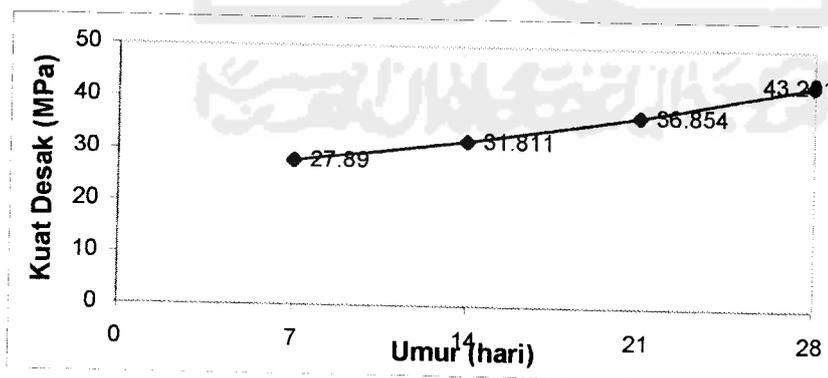
Analisa dan pembahasan pada hasil uji ini mengacu pada tujuan penelitian dengan menggunakan metode penelitian seperti yang telah dijelaskan terdahulu. Dalam hal ini, yang menjadi pokok pembahasan adalah tentang hasil analisa penurunan kuat desak rata-rata akibat kadar garam dalam air laut dan pengaruh umur terhadap laju kenaikan kuat desak beton dengan kadar garam.

6.1. Kuat Desak Silinder Beton

Untuk memperjelas hasil pengujian desak beton ini, maka analisa data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil pengujian kuat desak beton selengkapnya terangkum dalam tabel yang dapat dilihat tabel berikut.

Tabel 6.1. Hasil Uji desak Variasi I

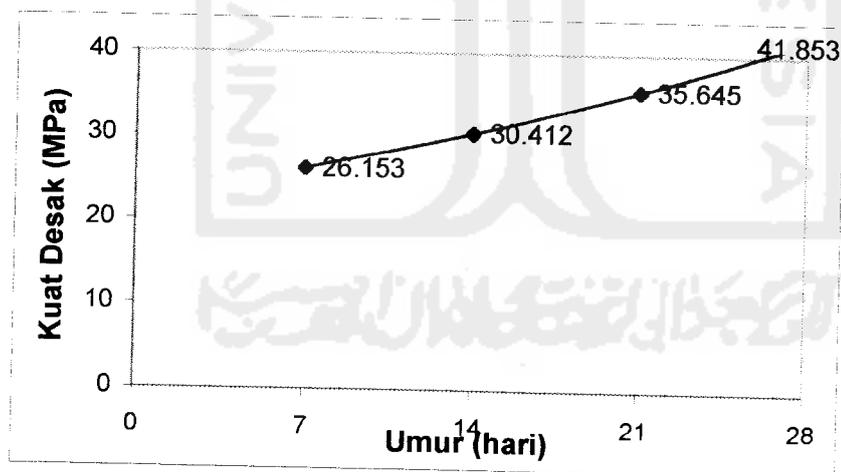
No.	Umur (hari)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm)	Beban KN	f_c (kg/cm)	Kuat desak rata-rata(f_{cr})
1	7	14.88	30,235	173.81	445	260.985	277.1197768
2	7	14.91	30,20	174.51	445	259.9358	
3	7	15.05	30,03	177.8	470	269.455	
4	7	15	30,165	174.63	470	274.3549	
5	7	14.01	30,115	154.08	485	320.8683	
6	14	15	30.3	176.63	550	317.4253	
7	14	15.06	30.2	178.04	580	332.0775	323.4827296
8	14	15.01	30.5	176.86	500	288.1841	
9	14	15.1	30.2	178.99	590	336.0156	
10	14	14.93	30.49	174.98	590	343.7112	
11	21	14.83	30.53	172.64	635	374.9322	
12	21	14.98	30.2	176.15	635	367.4612	
13	21	15.09	30.33	178.75	650	379.0909	363.2293986
14	21	14.78	30.17	171.48	555	329.9176	
15	21	15.155	30.1	180.29	660	373.1585	
16	28	15.02	30.2	177.1	720	414.4327	
17	28	14.96	30,245	175.68	750	435.1705	
18	28	15.01	30,23	176.86	770	443.8035	
19	28	15	30,48	174.39	740	432.5428	432.0439709
20	28	15	30,04	178.4	760	434.2705	



Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kuat desak variasi I dengan umur

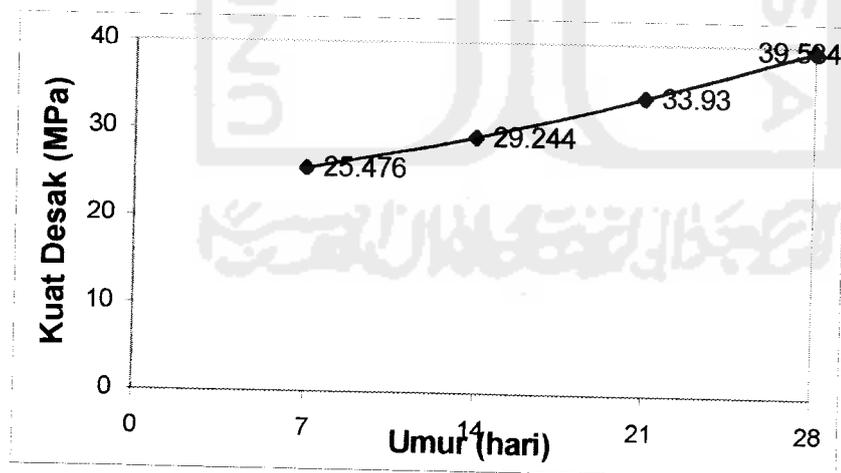
Tabel 6.2. Hasil Uji desak Variasi II

No.	Umur (hari)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm)	Beban KN	f_c (kg/cm)	Kuat desak rata-rata(f_{cr})
1	7	15.075	30	178.4	450	257.1338	260.3500019
2	7	15.05	30.24	177.8	425	243.6561	
3	7	14.95	30.3	175.45	480	278.8818	
4	7	15	30	175.45	465	270.1668	
5	7	14.94	30	175.21	433	251.9115	
6	14	15	30.14	176.63	525	302.9969	307.6403367
7	14	15.02	30.03	177.1	550	316.5805	
8	14	14.9	30	174.28	544	318.1909	
9	14	15	30.1	176.63	545	314.5396	
10	14	15.07	30.05	178.28	500	285.8939	
11	21	14.95	30.37	175.45	550	319.5521	352.9042753
12	21	14.775	30.53	171.37	570	339.0636	
13	21	14.95	30.43	175.45	615	357.3173	
14	21	14.79	30.375	171.71	645	382.8994	
15	21	14.93	30.49	174.98	560	326.2344	
16	28	15.04	30.24	177.57	700	401.8498	419.6609135
17	28	14.785	30	171.6	720	427.7117	
18	28	14.965	30.3	175.8	715	414.5853	
19	28	15	30.3	176.63	730	421.3099	
20	28	15	30	175.45	745	432.8478	

**Gambar 6.2.** Grafik hubungan antara kuat desak variasi II dengan umur

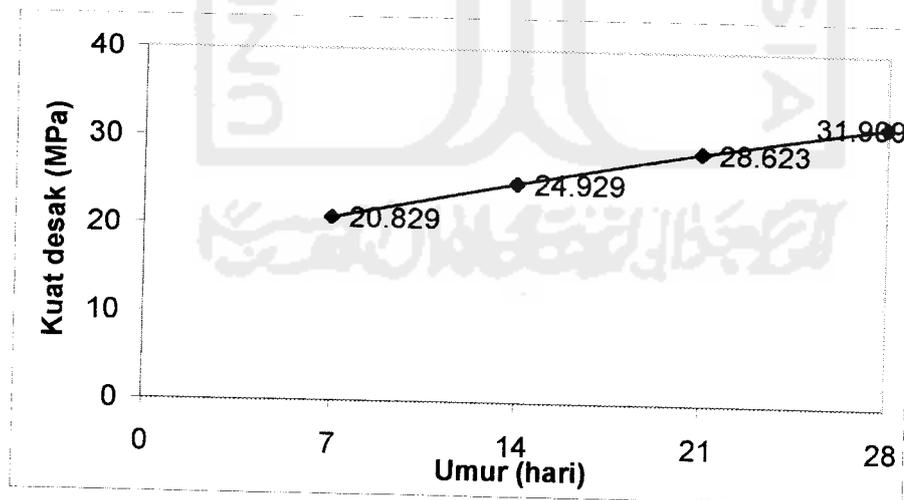
Tabel 6.3. Hasil Uji desak Variasi III

No.	Umur (hari)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm)	Beban KN	f_c (kg/cm)	Kuat desak rata-rata(f_{cr})
1	7	14.8	30	171.9464	405	240.1004	256.648884
2	7	15.035	30.1	177.4502	400	229.7812	
3	7	14.925	29.94	174.8632	465	271.0726	
4	7	15	30	174.5119	460	268.6977	
5	7	15.015	30	176.9784	475	273.5926	
6	14	14.95	30.4	175.4495	475	275.9768	
7	14	14.982	30.35	176.2014	465	269.0139	
8	14	14.85	30.17	173.1102	500	294.4275	
9	14	15.05	30.08	177.8045	535	306.72	
10	14	14.875	30.42	173.6935	490	287.5699	
11	21	14.95	30.37	175.4495	550	319.5521	345.01337
12	21	14.775	30.53	171.366	570	339.0636	
13	21	14.95	30.43	175.4495	615	357.3173	
14	21	14.79	30.375	171.7141	645	382.8994	
15	21	14.93	30.49	174.9803	560	326.2344	
16	28	15	30.17	176.625	650	375.139	
17	28	14.95	30	175.4495	680	395.0826	
18	28	15.12	29.83	179.4623	700	397.6086	
19	28	15	30.1	175.4495	675	392.1775	
20	28	15	29.92	175.2148	700	407.2473	

**Gambar 6.3.** Grafik hubungan antara kuat desak variasi III dengan umur

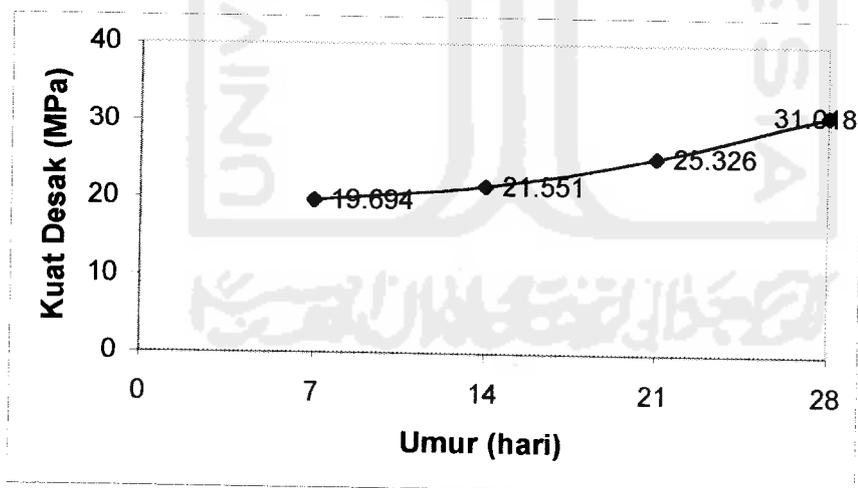
Tabel 6.4. Hasil Uji desak Variasi IV

No.	Umur (hari)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm)	Beban KN	f_c (kg/cm)	Kuat desak rata-rata(f_{cr})
1	7	15	30	176.625	378	218.1577	209.419681
2	7	14.85	30.44	173.1102	370	217.8764	
3	7	14.88	30.25	173.8103	327	191.78	
4	7	15	30	184.0009	350	193.9005	
5	7	14.99	30	176.3896	390	225.3838	
6	14	15.065	30.125	178.1591	425	243.1711	
7	14	15.155	30.325	180.2941	465	262.9072	
8	14	15.465	29.925	187.7455	400	217.1808	
9	14	15.155	30.35	180.2941	475	268.5611	
10	14	15.415	30.325	186.5334	435	237.7188	
11	21	14.81	30.2	172.1788	500	296.0201	289.580675
12	21	14.815	30.2	172.2951	475	281.0293	
13	21	15.05	30.37	177.8045	500	286.6542	
14	21	15	30.3	176.625	495	285.6828	
15	21	15.04	30.1	177.5683	520	298.517	
16	28	15.04	30.1	177.5683	590	338.7019	
17	28	15	30	176.625	515	297.2255	
18	28	14.93	30.03	174.9803	540	314.5832	
19	28	15	30.041	178.9879	520	296.1494	
20	28	15	30.36	178.2773	600	343.0726	

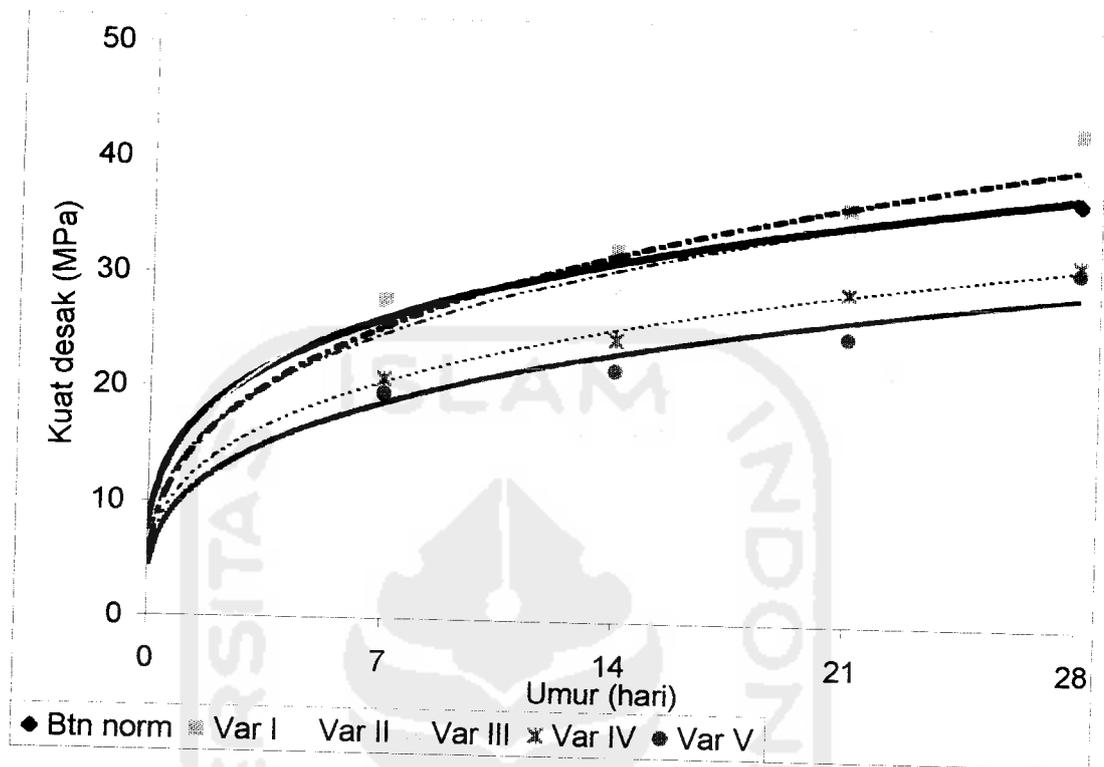
**Gambar 6.4.** Grafik hubungan antara kuat desak variasi IV dengan umur

Tabel 6.5. Hasil Uji desak Variasi V

No.	Umur (hari)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm)	Beban KN	f_c (kg/cm)	Kuat desak rata-rata(f_{cr})
1	7	15.15	30	180.1752	350	198.0177	195.9744823
2	7	15	30.05	176.625	345	199.1122	
3	7	15.324	30.15	184.3376	380	210.1361	
4	7	15	30	176.625	335	193.3409	
5	7	15.225	30	181.9635	320	179.2655	
6	14	15.415	30.23	186.5334	410	224.0568	218.4132129
7	14	15.055	30.05	177.9226	400	229.1711	
8	14	15.625	30.28	191.6504	390	207.4368	
9	14	15.415	30.26	186.5334	380	207.6624	
10	14	15.045	30.075	177.6863	390	223.7389	
11	21	15.15	29.97	180.1752	440	248.9366	250.3668573
12	21	15.15	29.9	180.1752	420	237.6213	
13	21	14.75	29.95	170.7866	460	274.5586	
14	21	15.925	30.1	199.0804	440	225.2969	
15	21	14.92	29.935	174.746	455	265.4209	
16	28	14.8	30.5	171.9464	545	323.0981	311.1616207
17	28	15.12	30	179.4623	520	295.3664	
18	28	15.08	29.97	178.514	555	316.9215	
19	28	15	29.84	176.625	530	305.8825	
20	28	15	30	176.625	545	314.5396	

**Gambar 6.5.** Grafik hubungan antara kuat desak variasi V dengan umur

Hubungan antara grafik kuat desak dari berbagai variasi dengan kuat desak beton normal dapat dilihat pada gambar 6.6.



Gambar 6.6. Grafik hubungan kuat desak beton dari berbagai variasi dan beton normal dengan umur

Pada gambar 6.6. dapat dilihat bahwa zat additive SIKAMENT NN mempengaruhi beton, dengan digunakan SIKAMENT NN membuat kuat desak semakin meningkat. Grafik Variasi IV yang menunjukkan kadar garam sebesar 2,615% dan grafik Variasi V yang menunjukkan kadar garam sebesar 3,395% mengalami penurunan besar dibandingkan dengan grafik Variasi I, II, dan III, sehingga menunjukkan bahwa kandungan garam mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri walaupun memakai zat additive SIKAMENT NN.

Pada grafik variasi IV dan V terletak di bawah grafik beton normal menandakan bahwa mutu beton rendah, sedangkan pada grafik variasi II dan III pada hari ke 7, 14, dan 21 menunjukkan mutu beton di bawah beton normal tetapi setelah 28 hari menunjukkan bahwa mutu beton mengalami peningkatan yang ditunjukkan pada grafik yang terletak di atas grafik beton normal.

Ringkasan hasil kuat desak rata-rata (f'_{cr}) umur 7, 14, 21, dan 28 hari pada masing-masing kandungan garam dapat dilihat pada tabel.

Tabel 6.6. Hasil uji desak rata-rata umur 7 hari

Variasi	Kandungan garam (%)	Kuat desak rata-rata f'_{cr} (Mpa)	$\frac{27,89 - f'_{cr}}{27,89} \times 100$ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)
V1	0,275	27,89	0
V2	1,055	26,153	6,228
V3	1,835	25,476	8,655
V4	2,615	20,829	25,317
V5	3,395	19,694	29,387

Laju persentase penurunan f'_{cr} meningkat secara berurutan mulai variasi I, II, III, IV, dan V tetapi dengan interval penurunan yang tak sama. Interval penurunan terbesar terjadi pada variasi III dan IV yaitu sebesar 16,662%,

sedangkan interval penurunan terkecil terjadi pada variasi IV dan V yaitu sebesar 4,069%. Persentase penurunan f'_{cr} terhadap kuat desak rata-rata Variasi I yang paling tinggi terjadi pada Variasi V yaitu sebesar 29,387%.

Tabel 6.7. Hasil uji desak rata-rata umur 14 hari

Variasi	Kandungan garam (%)	Kuat desak rata- rata f'_{cr} (Mpa)	$\frac{31,811 - f'_{cr}}{31,811} \times 100$
			(%)
(1)	(2)	(3)	(4)
V1	0,275	31,811	0
V2	1,055	30,412	4,398
V3	1,835	29,244	8,069
V4	2,615	24,929	21,634
V5	3,395	21,551	32,253

Laju persentase penurunan f'_{cr} meningkat secara berurutan mulai variasi I, II, III, IV, dan v tetapi dengan interval penurunan yang tak sama. Interval penurunan terbesar terjadi pada variasi III dan IV yaitu sebesar 13,564%, sedangkan interval penurunan terkecil terjadi pada variasi IV dan V yaitu sebesar 10,619%. Persentase penurunan f'_{cr} terhadap kuat desak rata-rata Variasi I yang paling tinggi terjadi pada Variasi V yaitu sebesar 32,253%.

Tabel 6.8. Hasil uji desak rata-rata umur 21 hari

Variasi	Kandungan garam (%)	Kuat desak rata- rata f'_{cr} (Mpa)	$36,854 - f'_{cr}$
			$\frac{\quad}{36,854} \times 100$ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)
V1	0,275	36,854	0
V2	1,055	35,645	3,281
V3	1,835	33,93	7,934
V4	2,615	28,623	22,334
V5	3,395	25,326	31,281

Laju persentase penurunan f'_{cr} meningkat secara berurutan mulai variasi I, II, III, IV, dan V tetapi dengan interval penurunan yang tak sama. Interval penurunan terbesar terjadi pada variasi III dan IV yaitu sebesar 14,4%, sedangkan interval penurunan terkecil terjadi pada variasi IV dan V yaitu sebesar 8,946%. Persentase penurunan f'_{cr} terhadap kuat desak rata-rata Variasi I yang paling tinggi terjadi pada Variasi V yaitu sebesar 31,281%.

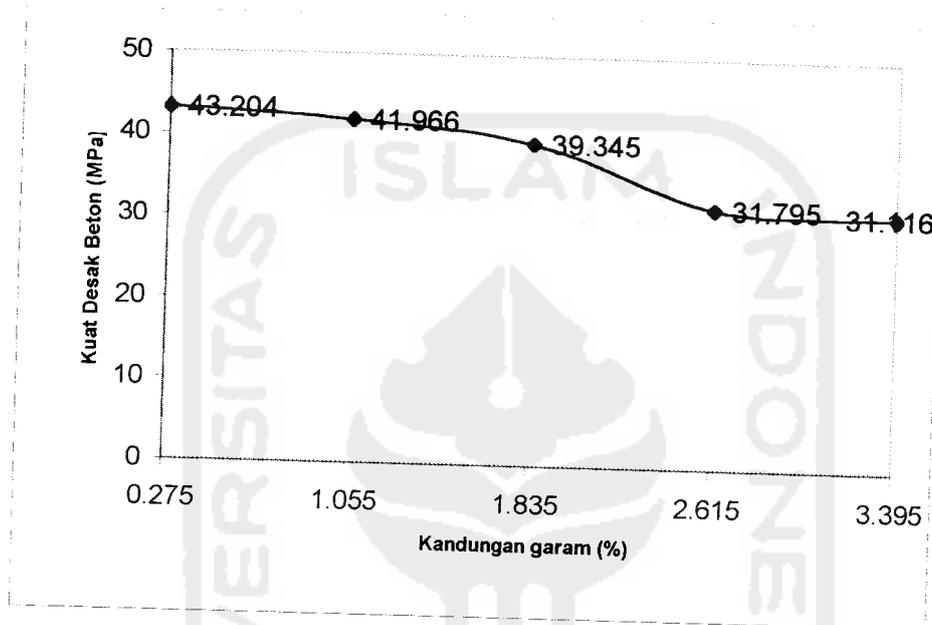
Tabel 6.9. Hasil uji desak rata-rata umur 28 hari

Variasi	Kandungan garam (%)	Kuat desak rata- rata f'_{cr} (Mpa)	$43,2044 - f'_{cr}$
			$\frac{\quad}{43,2044} \times 100$ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)
V1	0,275	43,20440	0
V2	1,055	41,96609	2,866
V3	1,835	39,34510	8,933
V4	2,615	31,79465	26,409
V5	3,395	31,11616	27,979

Kolom 4 menunjukkan persentase penurunan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) pada setiap variasi kandungan garamnya terhadap kuat desak rata-rata (f'_{cr}) dengan kandungan garam 0,275% (V1). Laju persentase penurunan f'_{cr} meningkat secara berurutan mulai variasi I, II, III, IV, V tetapi dengan interval penurunan yang tidak sama. Interval penurunan terbesar terjadi pada variasi III dan IV yaitu sebesar 17,476%, sedangkan interval penurunan terkecil terjadi pada variasi IV dan V yaitu sebesar 1,507%. Persentase penurunan f'_{cr} terhadap kuat desak rata-rata variasi I yang paling tinggi terjadi pada variasi V yaitu sebesar 27,979%. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi kadar garam maka semakin tinggi pula penurunan kuat desaknya. Baik dari umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan

28 hari pada variasi III dan variasi IV terjadi penurunan terbesar, sedangkan penurunan terkecil terjadi pada variasi IV dan V.

Berdasarkan data pada Tabel 6.9. dapat digambarkan secara grafis seperti Gambar 6.7.



Gambar 6.7. Grafik hasil regresi linier hubungan antara kandungan garam (%) dengan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) umur 28 hari (Mpa)

Dari Gambar 6.7. terlihat bahwa penurunan titik-titik data tidak linier. Ketidak linieran ini akibat dari penurunan interval f'_{cr} setiap variasi kandungan garamnya tidak sama ($r^2 = 0,9132$, sehingga koefisien kolerasi, $r = 0,9556$). Hal ini berarti bahwa kenaikan kandungan garam dengan interval sama tidak linier, yaitu tidak selalu berbanding lurus terhadap hasil persentase penurunan kuat desaknya.

Sebagai ilustrasi dapat pula diadakan pendekatan secara numerik yang dapat menggambarkan grafik dengan jarak interval yang lebih pendek. Pendekatan ini menggunakan metode kuadrat terkecil. Berdasarkan perolehan data kuat desak rata-rata silinder beton umur 28 hari dan persentase kandungan garamnya dapat dihasilkan persamaan kurva polinomial orde dua dengan cara regresi polinomial.

Data awal yang digunakan untuk perhitungan regresi polinomial bias dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10. Data awal perhitungan numerik

Kandungan garam % (X_i)	0.275	1.055	1.835	2.615	3.395
Kuat desak beton, Mpa (Y_i)	43.204	41.966	39.345	31.795	31.116

Persamaan polinomial orde dua mempunyai bentuk

$$g(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

$$E_i = y_i - g(x)$$

$$E_i^2 = \sum (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2)^2$$

$$D^2 = \sum E_i^2$$

Untuk polinomial orde dua, differensial dari D^2 terhadap tiap koefisien dari polinomial meghasilkan bentuk :

$$\begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \end{vmatrix}$$

Jadi persamaan yang dimaksud adalah :

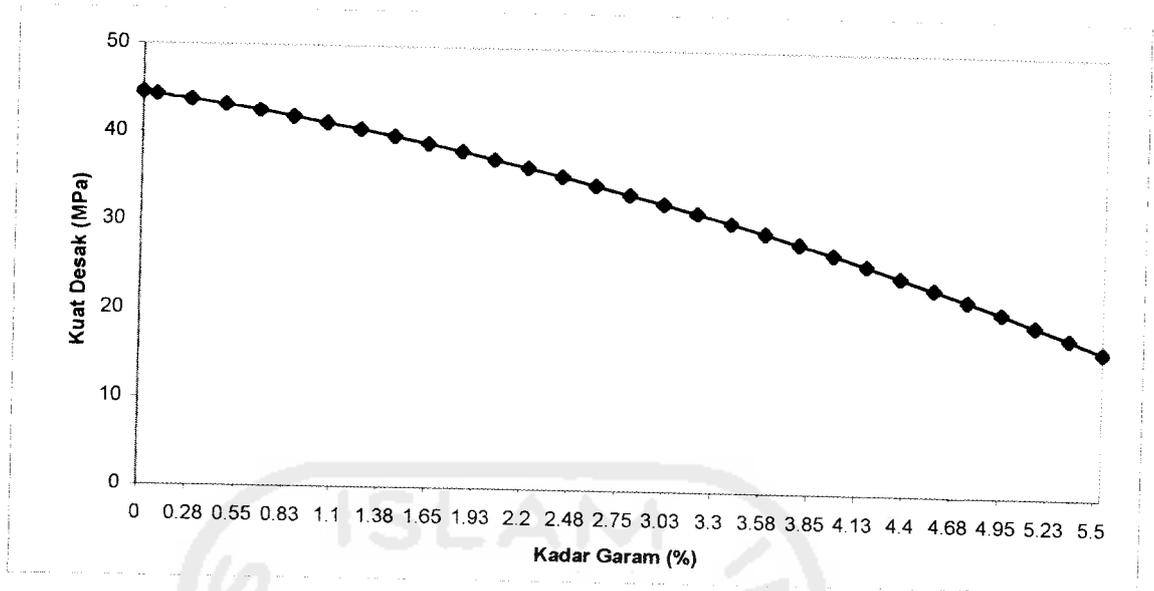
$$Y = 44,5318 - 272,7734x - 4123,3189x^2$$

Variabel x menunjukkan besarnya persentase kandungan garam, sedang variable y menunjukkan besarnya kuat desak beton. Substitusi hasil persamaan di atas adalah sebagaimana pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11. Regresi polinomial kuadrat uji desak beton

No.	Kand. Garam (%)	Kuat desak (Mpa)	No.	Kand. Garam (%)	Kuat desak (Mpa)
1	0,00	44,5138	16	2.81	33,6111
2	0.08	44,3109	17	3.005	32,6116
3	0.275	43,7505	18	3.2	31,5808
4	0.47	43,1587	19	3.395	30,5186
5	0.665	42,5355	20	3.59	29,4251
6	0.86	41,8809	21	3.785	28,3002
7	1.055	41,1951	22	3.98	27,1439
8	1.25	40,4779	23	4.175	25,9563
9	1.445	39,7293	24	4.37	24,7374
10	1.64	38,9493	25	4.565	23,4870
11	1.835	38,1380	26	4.76	22,2054
12	2.03	37,2953	27	4.955	20,8923
13	2.225	36,4213	28	5.15	19,5479
14	2.42	35,5159	29	5.345	18,1722
15	2.615	34,5792	30	5.54	16,7651

Data yang didapatkan pada Tabel 6.11. dapat digambarkan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 6.8.



Gambar 6.8. Grafik hasil regresi polinomial kuadrat hubungan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) dan kadar garam (%).

Dari persamaan kurva regresi polinomial :

$$Y = 44,5318 - 272,7734x - 4123,3189x^2$$

X_i	Y_i	$(Y_i - y)^2$	$(Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2)^2$
0,00275	43,204	32,7047	0,298652
0,01055	41,966	20,0794	0,594279
0,01835	39,345	3,4596	1,456864
0,02615	31,795	32,3761	7,751532
0,03395	31,116	40,5642	0,356892
Jml	187,426	129,184	10,45822

Simpangan baku berdasar regresi polinomial,

$$s_{y/x} = \sqrt{Sr/n - (m + 1)}$$

Keterangan : $s_{y/x}$ = simpangan baku

Sr = jumlah selisih hasil regresi polinomial dengan data awal

n = jumlah variasi data = 5

m = derajat kebebasan = 2

$$s_{y/x} = \sqrt{\frac{10,45822}{(20-1)}} = 2,2867$$

sehingga koefisien determinan,

$$r^2 = \frac{\Sigma (Y_i - \hat{Y})^2 - Sr}{\Sigma (Y_i - Y)^2}$$

$$r^2 = \frac{129,18 - 10,45822}{129,18} = 0,9190$$

$$r = 0,9586$$

Berdasarkan hitungan di atas didapatkan koefisien korelasi, $r = 0,9586 > 0,9556$ (hasil regresi linier). Hasil ini menunjukkan kecocokan yang hampir sempurna yaitu menerangkan 91,90% dari ketidaktepatan (kevariabilisan).

Dari Gambar 6.8. terlihat bahwa pada awal kandungan garam kurva cenderung datar namun semakin tinggi kadar garamnya kurva semakin lama semakin melengkung ke bawah. Kelengkungan kurva di atas merupakan grafik hasil penurunan regresi polinomial yang telah mengalami perpendekan interval dari 0,78% menjadi 0,195% kandungan garam. Maksud pendekatan gambar grafik secara numerik ini adalah untuk mempresentasikan *trend* secara umum dari data

karena beberapa data mungkin tidak benar, maka kurva tidak dipaksakan melalui setiap titik, namun kurva dibuat mengikuti pola sekelompok titik data.

Dari Gambar 6.7. dapat dilihat hasil dari kuat desak beton terhadap kadar garam dalam waktu 28 hari menampakkan bahwa semakin tinggi kadar garam maka semakin menurun kekuatan betonnya, sehingga menampakkan pengaruh yang cukup besar terhadap kuat desak beton. Bentuk dari hubungan antara hasil kuat desak beton terhadap kandungan kadar garam menunjukkan grafik tidak linier tetapi melengkung seperti parabola, sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar garam tidak selalu berbanding lurus terhadap hasil prosentase penurunan kuat desaknya.

6.2. Pengaruh Umur Terhadap Laju Kenaikan Kuat Desak Rata-Rata

Pada penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap yaitu pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan tujuan agar didapat diketahui pengaruh umur terhadap laju kenaikan kuat desak rata-rata. Dari hasil pengujian terlihat bahwa dengan bertambahnya umur beton maka tingkat kekuatan beton atau kuat desaknya juga bertambah. Untuk lebih memperjelas analisa hasil penelitian, bisa dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6.12. Hubungan kuat desak rata-rata dan umur beton

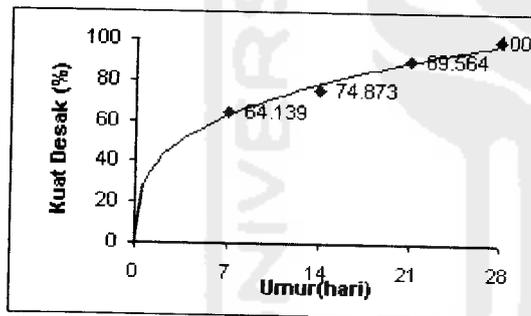
No.	Umur (hari)	Variasi	Kuat desak Rata-rata (Mpa)	Faktor umur (%)
1	7	I	27.890	64.139
2		II	26.035	62.038
3		III	25.665	65.231
4		IV	20.942	65.866
5		V	19.597	62.980

Lanjutan Tabel 6.12.

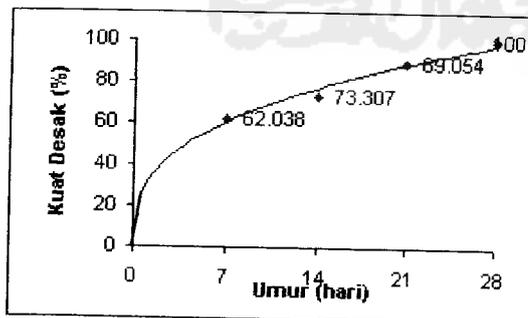
6		I	32.348	74.873
7		II	30.764	73.307
8	14	III	28.674	72.878
9		IV	24.591	77.342
10		V	21.841	70.192
11		I	36.323	84.073
12		II	35.29	84.092
13	21	III	34.501	87.688
14		IV	28.958	91.077
15		V	25.037	80.463
16		I	43.204	100
17		II	41.966	100
18	28	III	39.345	100
19		IV	31.795	100
20		V	31.116	100

Berdasarkan data pada Tabel 6.12., maka hubungan kuat desak terhadap umur beton dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 6.9.

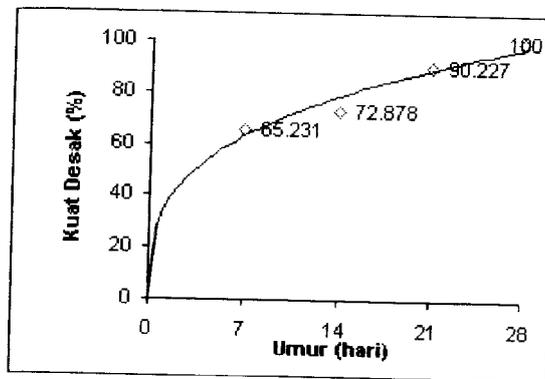
a) Variasi I kadar garam 0,275%



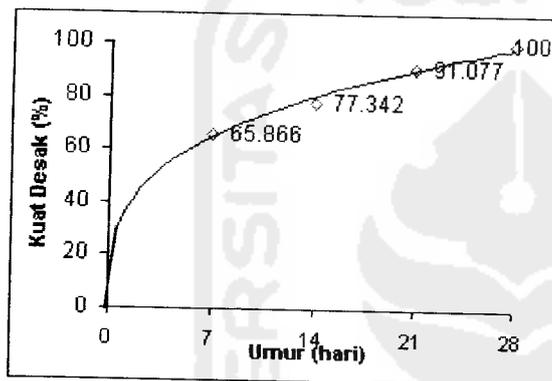
b) Variasi II kadar garam 1,055%



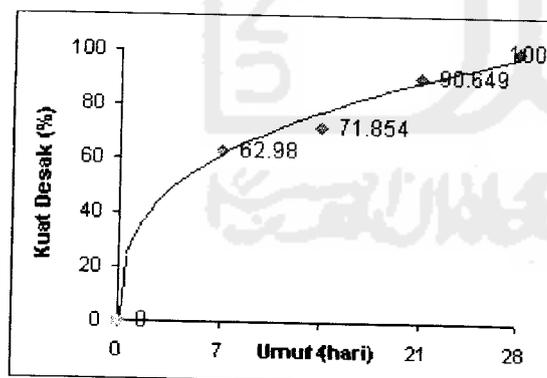
c) Variasi III kadar garam 1,835%



d) Variasi IV kadar garam 2,615%



e) Variasi V kadar garam 3,395%



Gambar 6.9. Grafik laju peningkatan kuat desak beton (%) terhadap pengaruh umur yang dinormalisasikan terhadap kuat desak umur 28 hari.

Dari gambar 6.9. terlihat bahwa semakin bertambah umur beton maka kuat desak beton juga mengalami peningkatan. Dalam hal ini diasumsikan pada umur 0 hari, kuat desak beton adalah 0% dan pada umur 28 hari, kuat desak beton mencapai 100%. Pada variasi 5 dengan kadar garam untuk umur 7 hari mempunyai peningkatan kuat desak yang paling rendah dibandingkan variasi yang lainnya, maka hal ini menunjukkan bahwa kandungan garam yang semakin tinggi akan mengurangi daya ikat beton menyebabkan proses pengerasan beton menjadi terhambat sehingga laju peningkatan kuat desak beton tersebut juga menjadi lebih lama.

6.3. Pengendalian Mutu Pekerjaan

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat desak beton dari keseluruhan sampel beton yang diuji. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya.

Nilai deviasi standar apat dihitung menggunakan rumus :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f'c_{28} - f'cr)^2}{(n - 1)}}$$

Keterangan : s_d = deviasi standar, Kg/mm²

$f'c_{28}$ = kuat desak beton yang terjadi dari masing-masing benda uji umur 28 hari

$f'cr$ = kuat desak beton rata-rata, dan

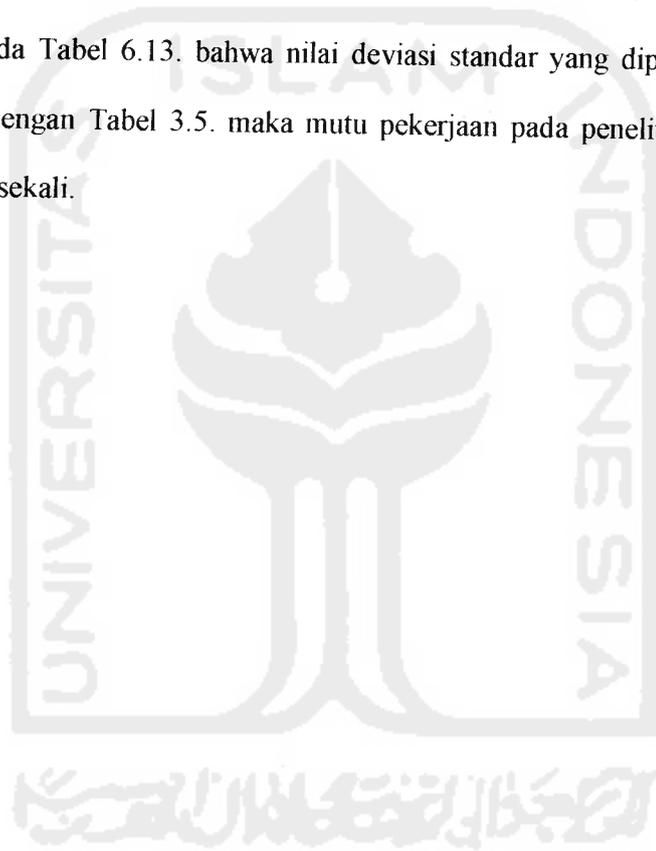
n = jumlah benda uji.

Berdasarkan data hasil uji kemudian dihitung nilai s_d untuk setiap variasi dapat dilihat pada tabel 6.13.

Tabel 6.13. Nilai deviasi standar

Variasi	0,0275	1,055	1,835	2,615	3,395
S_d (kg/mm ²)	34,058	29,103	32,27	23,05	34,69

Dari hasil penelitian, diperoleh nilai deviasi standar seperti yang tercantum pada Tabel 6.13. bahwa nilai deviasi standar yang diperoleh apabila disesuaikan dengan Tabel 3.5. maka mutu pekerjaan pada penelitian ini masuk katagori baik sekali.



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan urutan hasil penelitian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Kenaikan kandungan garam tidak selalu berbanding lurus terhadap hasil persentase penurunan kuat desaknya.
2. Semakin besar kandungan garam dalam air untuk bahan susun beton maka kuat desak beton semakin turun.
3. Air laut dengan kadar garam 3,395% mempengaruhi penurunan kuat desak sebesar 27.979% jika dibandingkan dengan kuat desak beton normal dengan menggunakan air minum merk Aqua dengan kadar garam 0,275%.
4. Dengan menggunakan zat additive SIKAMENT NN sebagai bahan tambah pada campuran bahan susun beton membuat mutu beton semakin baik tetapi tetap juga kandungan garam mempengaruhi kuat desak beton.
5. Beton yang telah diuji melihat hasilnya dapat digolongkan pada beton mutu sedang (K_{400}) tanpa memandang adanya korosi pada tulangan.
6. Kandungan garam yang semakin tinggi mengurangi daya ikat beton menyebabkan proses pengerasan beton menjadi sedikit terhambat sehingga laju peningkatan kuat desak beton terhadap umur menjadi agak lama.

7. Dari Grafik 6.6. menunjukkan dengan kandungan garam (NaCl) 50% dan SIKAMENT NN 1%, kurva hampir mendekati normal.

7.2. Saran

Secara umum hasil kesimpulan di atas membuktikan bahwa adanya kandungan garam pada campuran beton dapat mengurangi kualitas pada mutu betonnya. Dengan demikian jelas bahwa garam merupakan bahan yang merugikan pada campuran beton.

Pada penelitian ini banyak mempunyai keterbatasan, baik dari segi waktu, biaya, dan juga material atau bahan, maka dapat dikatakan hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna. Berkaitan dengan hal tersebut di atas, dapat dikemukakan saran-saran untuk melengkapi penelitian ini baik selama proses pembuatan beton, maupun hingga umur pelayanan beton, sehingga perlu penelitian lebih lanjut tentang :

1. Membuat campuran beton dengan menggunakan bahan susun air laut dari daerah lainnya, bahan susun seperti pasir, kerikil, dan semen yang berbeda.
2. Penggunaan zat additive dari jenis yang lain dan variasi zat additive pada pembuatan campuran beton serta penambahan jumlah variasi kandungan garam.
3. Pengaruhnya terhadap tulangan beton.
4. Jangka waktu atau umur beton yang lebih lama, yaitu selama umur pelayanan (service time) beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, DPU, 1984, **Petunjuk Teknologi Beton**, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Anonim, DPU, 1989, **Tata Cara Perancangan dan Pelaksanaan Konstruksi Beton**,
Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Jakarta.
- Habib Zulianto, 2000, **Tugas Akhir Pengaruh Mineral Zeoli dan Bahan Tambah
SIKAMENT NN terhadap Kuat Tekan Beton dan Mortar.**
- I. Dipohusodo, 1994, **Struktur Beton Betulang**, PT. Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta.
- K. Tjokrodimulyo, 1992, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- L. J. Murdock, 1991, **Bahan dan Praktek Beton**, edisi keempat, Penerbit Erlangga,
Jakarta.
- Paulo, **ACI Material Journal**, Januari-Februari 1998.
- Romi Oktavia Arini, 1996, **Tugas Akhir Pengaruh Variasi Bahan Tambah untuk
Mencapai Workability dan Nilai Slump Rencana terhadap Kuat Tekan
Beton Rencana.**
- Yudha Kurniawan, 2000, **Tugas Akhir Pengaruh Kandungan Garam terhadap
Kuat Desak Beton.**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

1A = 500 No.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	ARIFF NUR RAHUNI	95310031		TSS
2	IBU FAUZA	95310032		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :

Dosen Pembimbing I : DR. HENDRIK ARMAN, S.T., M.Eng.
 Dosen Pembimbing II : DR. H. HAYAN



Yogyakarta, 11 Juni 2010
 Dekan,
 Jurusan Teknik Sipil
 H. H. ABDULLAH RAHMAN, MS



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

--	--	--	--

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1.	09/08-00	1	pub proposal	
2.	11/08-00	2	pub. 4	
3.	22/8-00	3.	Perbaiki yg di beri tanda.	
4	23/8-00	4.	Acc majlis Seminar Proposal tula.	
5	29/11-00	5.	lengkap pmbahasan	
6.	22/11-00	6.	pub grafik, lanjutkan pembahasannya	
7	25/11	7	- pub. grafik - lanjut. pembahasannya	
			- pub. grafik → - lengkap pembahasannya	

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
8	7/12-2000	8	acc, lanjutkan ke pub-1	
9	13/12 2000	9	Perbaiki yg di beri tanda lengkap: lnti sori.	
10	15/12 2000	10.	Drafts Notasi - acc untuk sidang tula	
11	31/12 2000	11	acc majlis pembahasan.	

Lampiran1. Perhitungan regresi polinomial padahubungan kuat desak rata-rata (f_{cr}) dan kadar garam (%).

Data awal yang digunakan untuk perhitungan regresi polinomial bias dilihat pada Tabel

Tabel 1. Data awal perhitungan numerik

Kandungan garam % (X_i)	0.275	1.055	1.835	2.615	3.395
Kuat desak beton, Mpa (Y_i)	43.204	41.966	39.345	31.795	31.116

Persamaan polinomial orde dua mempunyai bentuk

$$g(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

$$E_i = y_i - g(x)$$

$$E_i^2 = \sum (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2)^2$$

$$D^2 = \sum E_i^2$$

Untuk polinomial orde dua, differensial dai D^2 terhadap tiap koefisien dari polinomial meghasilkan bentuk.

$$\begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \end{vmatrix}$$

Hitungan selanjutnya menggunakan Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Hasil perhitungan numerik hubungan kuat desak beton terhadap persentase kandungan garam

No.	X_i	Y_i	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i Y_i$	$X_i^2 Y_i$
1.	0,00275	43,204	7,5625E-06	2,07969E-08	5,7191E-11	0,118811	0,000327
2.	0,01055	41,966	1,1130E-04	1,17424E-06	1,2388E-08	0,442741	0,004671
3.	0,01835	39,345	3,3672E-04	6,17886E-06	1,1338E-07	0,721981	0,013248
4.	0,02615	31,795	6,8382E-04	1,7882E-05	4,6761E-07	0,831439	0,021742
5.	0,03395	31,116	1,1526E-03	3,91309E-05	1,3285E-06	1,056388	0,035864
Jml	0,09175	187,426	2,2920E-03	6,43867E-05	1,9219E-06	3,17136	0,075852

Dengan melakukan hitungan pada Tabel 6.3 di atas, maka system persamaan

(6.2.) menjadi

$$5a_0 + 0,09175a_1 + 2,2920E-03a_2 = 187,426$$

$$0,09175a_0 + 2,2920E-03a_1 + 6,43867E-05a_2 = 3,17136$$

$$2,2920E-03a_0 + 6,43867E-05a_1 + 1,9219E-06a_2 = 0,075852$$

Persamaan kurva yang dicari adalah $Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$

$$\begin{vmatrix} 5 & 0,09175 & 2,2920E-03 & a_0 & 187,426 \\ 0,09175 & 2,2920E-03 & 6,43867E-05 & a_1 & 3,17136 \\ 2,2920E-03 & 6,43867E-05 & 1,92190E-06 & a_2 & 0,075852 \end{vmatrix}$$

Dengan menggunakan metode Carmer didapatkan :

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{vmatrix}$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i y_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 y_i & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{vmatrix}$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i^4 \end{vmatrix}$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^2 y_i \end{vmatrix}$$

$$a_0 = \frac{D_1}{D}$$

$$a_1 = \frac{D_2}{D}$$

$$a_2 = \frac{D_3}{D}$$

$$D = \begin{vmatrix} 5 & 0,01975 & 0,002292 \\ 0,01975 & 0,002292 & 6,43867E-05 \\ 0,002292 & 6,43867E-05 & 1,92193E-06 \end{vmatrix}$$

$$D = 2,20255E-08 + 1,354E-08 + 1,354E-08 - 1,20407E-08 - 2,07282E-08 - 1,6179E-08 = 1,5764E-10$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 187,426 & 0,01975 & 0,002292 \\ 3,17136 & 0,002292 & 6,43867E-05 \\ 0,075852 & 6,43867E-05 & 1,9219E-06 \end{vmatrix}$$

$$D_1 = 8,2561E-07 + 4,4809E-07 + 4,6801E-07 - 3,9847E-07 - 7,7700E-07 - 5,5922E-07 = 7,02E-09$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 5 & 187,426 & 0,002292 \\ 0,09175 & 3,17136 & 6,43867E-05 \\ 0,002292 & 0,075852 & 1,9219E-06 \end{vmatrix}$$

$$D_2 = 3,0475E-05 + 2,7659E-05 + 1,5951E-05 - 1,6660E-05 - 2,4419E-05 - 3,3049E-05 = -4,3E-08$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 5 & 0,01975 & 187,426 \\ 0,01975 & 0,002292 & 3,17136 \\ 0,002292 & 6,43867E-03 & 0,075852 \end{vmatrix}$$

$$D_3 = 8,6926E-04 + 6,6691E-04 + 1,1072E-03 - 9,8459E-04 - 1,0209E-03 - 6,3853E-04 = -6,5E-07$$

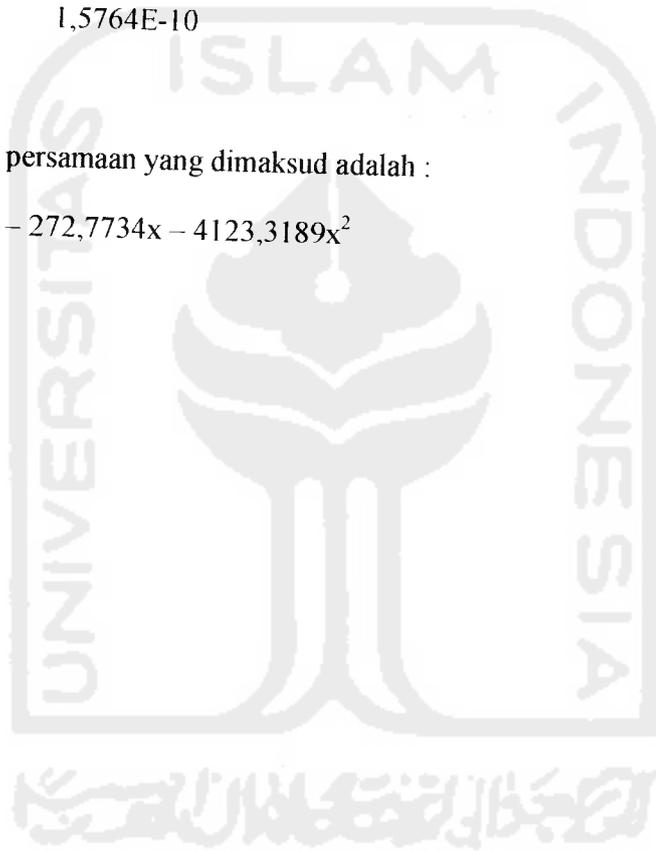
$$a_0 = \frac{D_1}{D} = \frac{7,02E-09}{1,5764E-10} = 44,5318$$

$$a_1 = \frac{D_2}{D} = \frac{-4,3E-08}{1,5764E-10} = -272,7734$$

$$a_2 = \frac{D_3}{D} = \frac{-6,5E-07}{1,5764E-10} = -4123,3189$$

Jadi persamaan yang dimaksud adalah :

$$Y = 44,5318 - 272,7734x - 4123,3189x^2$$



Tabel Lampiran 2 .Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi I

No.	Umur ((hari)	Faktor umur	f'_{c28} kg/cm ²	f'_{cR} kg/cm ²	f'_{cr} kg/cm ²	$(f'_{c28}-f'_{cr})^2$ kg/cm ²
1	7	0.7	372.8357	378.4	393.4719	425.8521608
2	7	0.7	371.3369	378.4	393.4719	489.9601223
3	7	0.7	384.9357	378.4	393.4719	72.86646655
4	7	0.7	391.9356	378.4	393.4719	2.360305479
5	7	0.7	458.3833	378.4	393.4719	4213.487995
6	14	0.88	360.7106	378.4	393.4719	1073.304863
7	14	0.88	377.3608	378.4	393.4719	259.5676897
8	14	0.88	327.4819	378.4	393.4719	4354.675901
9	14	0.88	381.8359	378.4	393.4719	135.3962844
10	14	0.88	390.5809	378.4	393.4719	8.357828436
11	21	0.96	390.5544	378.4	393.4719	8.511952126
12	21	0.96	382.7721	378.4	393.4719	114.4860767
13	21	0.96	386.1224	378.4	393.4719	54.0152115
14	21	0.96	343.6642	378.4	393.4719	2480.8103
15	21	0.96	388.7068	378.4	393.4719	22.70645598
16	28	1	414.4327	378.4	393.4719	439.3551366
17	28	1	435.1705	378.4	393.4719	1738.773242
18	28	1	443.8035	378.4	393.4719	2533.269959
19	28	1	432.5428	378.4	393.4719	1526.535227
20	28	1	434.2705	378.4	393.4719	1664.525762
			393.4719			21618.81894

Kuat desak rata-rata umur 28 hari, $f'_{cr} = 393.4719 \text{ kg/cm} = 39.347 \text{ Mpa}$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c28} - f'_{cr})}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{21618.81}{(20 - 1)}} = 33,732 \text{ kg/cm}$$

Tabel Lampiran 3. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi II

No.	Umur ((hari)	Faktor umur	f'_{c28} kg/cm ²	f'_{cR} kg/cm ²	f'_{cr} kg/cm ²	$(f'_{c28}-f'_{cr})^2$ kg/cm ²
1	7	0.7	367.334	378.4	363.9259	11.61514561
2	7	0.7	348.0801	378.4	363.9259	251.0880194
3	7	0.7	398.4026	378.4	363.9259	1188.640873
4	7	0.7	385.9526	378.4	363.9259	485.1742542
5	7	0.7	432.8527	378.4	363.9259	4750.905728
6	14	0.88	359.7506	378.4	363.9259	17.43339579
7	14	0.88	361.5806	378.4	363.9259	5.500581337
8	14	0.88	357.4314	378.4	363.9259	42.17900258
9	14	0.88	324.8793	378.4	363.9259	1524.635552
10	14	0.88	363.1274	378.4	363.9259	0.637624027
11	21	0.96	353.1913	378.4	363.9259	115.2327106
12	21	0.96	372.2055	378.4	363.9259	68.55212114
13	21	0.96	398.8535	378.4	363.9259	1219.940152
14	21	0.96	339.8275	378.4	363.9259	580.7328826
15	21	0.96	418.5935	378.4	363.9259	2988.551045
16	28	1	427.7117	378.4	363.9259	4068.628282
17	28	1	414.5853	378.4	363.9259	2566.374808
18	28	1	421.3099	378.4	363.9259	3292.923456
19	28	1	432.8478	378.4	363.9259	4750.2283
20	28	1	0	378.4	363.9259	132442.0607
			363.9259			16092.84837

Kuat desak rata-rata umur 28 hari, $f'_{cr} = 363.9259 \text{ kg/cm} = 36.393\text{MPa}$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c28} - f'_{cr})}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{16092.848}{19}} = 29.103 \text{ kg/cm}$$

Tabel Lampiran 3. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi III

No.	Umur ((hari)	Faktor umur	f'_{c28} kg/cm ²	f_{cR} kg/cm ²	f_{cr} kg/cm ²	$(f'_{c28}-f_{cr})^2$ kg/cm ²
1	7	0.7	343.0006	378.4	361.331	336.004612
2	7	0.7	328.2589	378.4	361.331	1093.76663
3	7	0.7	387.2466	378.4	361.331	671.616842
4	7	0.7	383.8539	378.4	361.331	507.279094
5	7	0.7	390.8466	378.4	361.331	871.168957
6	14	0.88	313.61	378.4	361.331	2277.29384
7	14	0.88	305.6976	378.4	361.331	3095.07368
8	14	0.88	334.5767	378.4	361.331	715.792325
9	14	0.88	348.5455	378.4	361.331	163.470173
10	14	0.88	326.784	378.4	361.331	1193.49678
11	21	0.96	332.8668	378.4	361.331	810.212342
12	21	0.96	353.1913	378.4	361.331	66.2555301
13	21	0.96	372.2055	378.4	361.331	118.255203
14	21	0.96	398.8535	378.4	361.331	1407.94113
15	21	0.96	339.8275	378.4	361.331	462.400512
16	28	1	375.139	378.4	361.331	190.660864
17	28	1	395.0826	378.4	361.331	1139.1705
18	28	1	397.6086	378.4	361.331	1316.06426
19	28	1	392.1775	378.4	361.331	951.506562
20	28	1	407.2473	378.4	361.331	2108.30661
			361.331			21024.48

Kuat desak rata-rata umur 28 hari, $f_{cr} = 361,331 \text{ kg/cm} = 36,133 \text{ Mpa}$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c28} - f_{cr})}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{21024.48}{19}} = 33.265 \text{ kg/cm}$$

Tabel Lampiran 4. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada variasi IV

No.	Umur ((hari)	Faktor umur	f'_{c28} kg/cm ²	f_{cR} kg/cm ²	f_{cr} kg/cm ²	$(f'_{c28} - f_{cr})^2$ kg/cm ²
1	7	0.7	311.6539	378.4	299.5512	146.47431
2	7	0.7	311.252	378.4	299.5512	136.908721
3	7	0.7	273.9714	378.4	299.5512	654.324706
4	7	0.7	277.0007	378.4	299.5512	508.524406
5	7	0.7	321.9769	378.4	299.5512	502.910098
6	14	0.88	276.3308	378.4	299.5512	539.187187
7	14	0.88	298.7582	378.4	299.5512	0.62887784
8	14	0.88	246.7964	378.4	299.5512	2783.07276
9	14	0.88	305.1831	378.4	299.5512	31.7179392
10	14	0.88	270.135	378.4	299.5512	865.312822
11	21	0.96	308.3543	378.4	299.5512	77.4940561
12	21	0.96	292.7389	378.4	299.5512	46.4080558
13	21	0.96	298.5981	378.4	299.5512	0.90835196
14	21	0.96	297.5863	378.4	299.5512	3.8610285
15	21	0.96	310.9552	378.4	299.5512	130.051406
16	28	1	338.7019	378.4	299.5512	1532.77731
17	28	1	297.2255	378.4	299.5512	5.40888049
18	28	1	314.5832	378.4	299.5512	225.961024
19	28	1	296.1494	378.4	299.5512	11.5722432
20	28	1	343.0726	378.4	299.5512	1894.11226
			299.5512			10097.6164

Kuat desak rata-rata umur 28 hari, $f_{cr} = 299.551 \text{ kg/cm} = 29.96 \text{ Mpa}$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c28} - f_{cr})}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{10097.62}{19}} = 23.05 \text{ kg/}$$

Tabel Lampiran 6. Hasil analisa kuat desak rata-rata beton umur 28 hari pada Variasi V

No.	Umur ((hari)	Faktor umur	f'_{c28} kg/cm ²	f'_{cR} kg/cm ²	f_{cr} kg/cm ²	$(f'_{c28}-f_{cr})^2$ kg/cm ²
1	7	0.7	282.882	275.043	378.4	9123.60645
2	7	0.7	284.446	275.043	378.4	8827.35412
3	7	0.7	300.194	275.043	378.4	6116.1114
4	7	0.7	276.201	275.043	378.4	10444.5772
5	7	0.7	256.094	275.043	378.4	14958.8625
6	14	0.88	254.61	275.043	378.4	15323.9641
7	14	0.88	260.422	275.043	378.4	13918.8782
8	14	0.88	235.98	275.043	378.4	20283.4564
9	14	0.88	235.98	275.043	378.4	20283.4564
10	14	0.88	254.249	275.043	378.4	15413.5329
11	21	0.96	259.309	275.043	378.4	14182.6762
12	21	0.96	247.522	275.043	378.4	17129.0018
13	21	0.96	285.999	275.043	378.4	8538.0295
14	21	0.96	234.684	275.043	378.4	20654.2108
15	21	0.96	276.48	275.043	378.4	10387.6652
16	28	1	323.098	275.043	378.4	3058.30014
17	28	1	295.366	275.043	378.4	6894.57873
18	28	1	316.922	275.043	378.4	3779.60596
19	28	1	305.883	275.043	378.4	5258.78781
20	28	1	314.54	275.043	378.4	4078.15069
			275.043			22865.48

Kuat desak rata-rata umur 28 hari, $f_{cr} = 275.043 \text{ kg/cm} = 27.504 \text{ Mpa}$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'_{c28} - f_{cr})}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{22865.48}{19}} = 34.691 \text{ kg/cm}$$