

## PENAMBAHAN ABU SEKAM PADA BETON DALAM MENGANTISIPASI KERUSAKAN AKIBAT MAGNESIUM SULFAT PADA AIR LAUT

Dharma Putra<sup>1</sup>

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan prosentase optimal Abu Sekam sebagai bahan additive pada beton dalam mengantisipasi kerusakan beton akibat Magnesium Sulfat pada air laut.

Material yang digunakan adalah pasir dan koral dari Karangasem, Semen type 1 merk Tiga Roda, dan abu sekam padi dari pabrik bata merah Kediri Tabanan. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm, dengan komposisi volume campuran 1 semen : 2 pasir : 3 koral, faktor air semen 0,6. Prosentase penambahan abu sekam 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% dari berat semen. Setiap prosentase abu sekam dibuat 4 perlakuan dan setiap perlakuan dibuat 3 benda uji. Benda uji direndam dalam air laut dengan larutan 5% Magnesium Sulfat. Dibat 6 bulan benda uji dengan 2 perlakuan dengan tanpa direndam sebagai kontrol. Pengujian kuat desak beton dilakukan setelah perendaman 90 hari.

Kesimpulan penelitian adalah bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton setelah direndam, Penambahan abu sekam dapat meningkatkan kuat tekan beton atau dapat mengantisipasi kerusakan pada beton. Prosentasi optimal penambahan abu sekam adalah 16,8% dari berat semen. Penambahan abu sekam mengurangi nilai slump.

Kata kunci: abu sekam padi, magnesium sulfat, kuat tekan.

## ADDITION OF HUSK ASH IN CONCRETE TO ANTICIPATE DEGRADATION DUE TO MAGNESIUM SULPHATE IN SEA WATER

**Abstract:** This research aims to determine the optimum percentage of husk ash as additive material to concrete mixture to anticipate degradation due to marine magnesium sulphate.

Material use in the concrete mixture were sand and gravel from Karangasem quarry as well as cement type I from Tiga Roda brand. Rice hush ash was taken from clay brick production at Kediri. Sample test cubes with dimension of 10 cm x 10 cm x 10 cm were made with material composition of 1 cement, 2 sand and 3 gravel in volume proportion. The percentage of husk ash addition was varied at 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% and 20% of cement weight. Sample tests were made in 4 treatments consisting 3 cube tests each. Sample test were immersed in marine water containing 5% magnesium sulphate. Control sample were 6 cubes test with 2 treatments where all of them were not immersed. Compression test were conducted when the sample test cubes at age of 90 days.

The research shown that there were decrease of concrete compressive strength at sample cubes that immersed in marine water. Addition of husk ask affect to increase the compressive strength. In other words, it can anticipate the degradation of concrete quality. The optimum percentage of husk ash is 16,8% of cement weight. But the addition of husk ash will decrease slump value.

Keywords: concrete, magnesium sulphate, husk ash, compressive strength.

---

<sup>1</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Dengan semakin meluasnya penggunaan beton sebagai bahan konstruksi maka semakin dituntut untuk meningkatkan kualitas beton sehingga diperlukan suatu perencanaan campuran yang teliti dan benar serta dengan syarat-syarat yang ketat sehingga didapatkan mutu beton sesuai dengan yang disyaratkan. Pada dasarnya tuntutan utama dalam membuat campuran beton adalah mengenai kekuatan tekan beton, keawetan, workability dan harga yang seekonomis mungkin.

Lingkungan agresif dapat membawa dampak yang merugikan terhadap beton karena di lingkungan ini banyak terkandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur yang terdapat dalam beton dan akhirnya dapat menyebabkan terjadinya disintegrasi pada beton. Seperti misalnya pada air laut atau air tanah yang banyak mengandung garam sulfat dan salah satu diantaranya bersifat reaktif adalah Magnesium Sulfat ( $MgSO_4$ ). Dalam hal ini diperlukan beton yang memiliki keawetan atau durability yang tinggi sehingga beton tersebut tahan terhadap seragam Magnesium Sulfat. Mengenai keawetan (durability) beton, dapat ditingkatkan dengan mengurangi porositas dari pada beton yang merupakan sumber kelemahan dari beton.

Proses disintegrasi adalah suatu proses pemisahan atau pelepasan dari suatu bahan yang berukuran besar dan menyatu menjadi bahan yang berukuran kecil dan terpisah-pisah. Proses terjadinya disintegrasi pada beton yang disebabkan oleh Magnesium Sulfat secara garis besarnya dapat dijelaskan bahwa, hasil hidrasi antara semen dengan air akan menghasilkan Kalsium Hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) yang bersifat basa dan mempunyai angka kelarutan yang tinggi. Karena sifat tersebut, maka Magnesium Sulfat akan bereaksi dengan Kalsium Hidroksida akan menghasilkan Kalsium Sulfat (Gypsum) dan Magnesium Hidroksida. Selanjutnya

Kalsium Sulfat akan bereaksi dengan Kalsium Aluminat Hidrat di dalam pasta semen yang akan menghasilkan Kalsium Sulfoaluminat (Ettringite) yang bersifat mengembang dan akhirnya dapat merusak beton.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap disintegrasi oleh zat kimia yang bersifat agresif terutama Magnesium Sulfat yaitu, memuat beton yang kedap air, penggunaan tipe semen yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap Sulfat dan penambahan bahan tambahan mineral seperti pozzolan ke dalam campuran beton.

Pada penelitian ini ditekankan pada usaha yang ketiga yaitu penambahan bahan tambahan pozzolan ke dalam campuran beton, dimana jenis pozzolan yang digunakan adalah abu sekam padi. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan Kalsium Hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa Kalsium Silikat Hidrat dan Kalsium Hidrat yang bersifat hidrolis dan mempunyai angka kelarutan yang rendah.

Abu sekam padi yang diteliti disini adalah limbah hasil pembakaran dari sekam padi yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran batu bata mentah, dalam pembuatan batu bata selain minyak tanah, kayu bakar dan limbah pengrajin kayu. Sekam padi atau kulit gabah merupakan limbah dari pabrik penggilingan padi dimana sekam merupakan bagian terbesar kedua setelah beras dari gabah. Abu sekam padi banyak mengandung senyawa Silikat ( $SiO_2$ ) yaitu 88,92 % sehingga dapat digolongkan sebagai pozzolan.

Pada proses hidrasi air dengan semen akan menghasilkan  $Ca(OH)_2$  yang merupakan bahan yang mudah larut dalam air dan bersifat basa, akan bereaksi dengan

SiO<sub>2</sub> akan membentuk Kalsium Silikat Hidrat yang bersifat sebagai perekat sehingga dapat meningkatkan kekuatan serta kekedapan beton (Subakti, 1994).

Bertitik tolak pada hal diatas, penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan pengaruh penambahan abu sekam padi pada campuran beton dalam menganalisis disintegrasi yang disebabkan oleh serangan garam sulfat agresif yaitu Magnesium Sulfat ditinjau dari segi kuat tekannya. Berapakah besarnya persentase penambahan abu sekam padi yang optimal kedalam campuran beton, dalam menganalisis disinterasi yang disebabkan oleh larutan Magnesium Sulfat dalam air laut.

## MATERI DAN METODE

### Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah limbah hasil pembakaran dari sekam padi yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran batu bata mentah, dalam proses pembuatan bata. Sekam padi atau kulit gabah merupakan limbah dari pabrik penggilingan padi dimana sekam merupakan bagian terbesar kedua setelah beras dan gabah.

Pembakaran sekam pada proses pembuatan batu bata dapat mencapai suhu 600° – 700°C dimana pada suhu tersebut akan dihasilkan SiO<sub>2</sub> yang reaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pozzolan buatan. Sebagaimana kita ketahui silika reaktif dapat bereaksi dengan kapur padam membentuk Kalsium Silikat Hidrat, dimana Kalsium Silikat Hidrat akan mengakibatkan ketahanan kimia dari beton bertambah besar karena berkurangnya kapur bebas di dalam beton akibat proses hidrasi semen dengan air.

Adapun kandungan senyawa kimia abu sekam padi menurut Laboratorium Analitik Universitas Udayana yaitu :

- SiO<sub>2</sub> : 88,92%
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 0,608%
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 0,674%

Dilihat dari kandungan senyawa diatas, abu sekam padi dapat digunakan sebagai pozzolan karena mengandung SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 70% sesuai dengan mutu pozzolan yang disyaratkan.

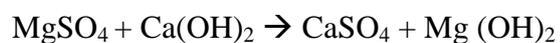
### Magnesium Sulfat

Lingkungan agresif biasanya banyak mengandung senyawa-senyawa kimia yang dapat merusak beton. Senyawa agresif biasanya dijumpai pada air tanah dan air laut yang umumnya mengandung 3,6% - 4% garam-garam terlarut yang terdiri dari 75% natrium klorida (NaCl), 10% magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), dan 10% sisanya garam sulfat, magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>) gypsum (Ca<sub>2</sub>SO<sub>1</sub>), kalium sulfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Paulus Nugraga, 1989). Diantara garam-garam tersebut, magnesium sulfat merupakan salah satu garam yang paling agresif dan bersifat reaktif pada beton, karena mudah bereaksi dengan Kalsium Hidroksida yang merupakan sisa hasil hidrasi antara semen dengan air yang kemudian menghasilkan gypsum dan ettringite yang bersifat menambah volume sehingga terjadi pengembangan dan akhirnya dapat merusak beton.

### Disintegrasi oleh Magnesium Sulfat

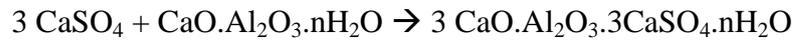
Disintegrasi merupakan suatu proses terjadinya pemisahan atau pelepasan dari suatu bahan yang berukuran besar dan menyatu menjadi berukuran kecil yang terpisah-pisah. (Subakti, 1994).

Beton yang berhubungan dengan lingkungan agresif akan lebih cepat terjadinya disintegrasi. Pada proses hidrasi semen dihasilkan kalsium hidroksida dan kalsium aluminat hidrat. Kalsium hidroksida bersifat alkalin dimana sifat ini menyebabkan beton sensitif terhadap serangan garam sulfat. Magnesium sulfat akan bereaksi dengan kalsium hidroksida akan menghasilkan kalsium sulfat dan magnesium hidroksida. Reaksinya sebagai berikut:



CaSO<sub>4</sub> : Kalsium Sulfat (gypsum)

Selanjutnya gypsum bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat akan menghasilkan kalsium sulfoaluminat (ettringite) yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan muai dan retak pada beton. Reaksinya sebagai berikut :



kalsium sulfo aluminat  
(bersifat mengembang)

(Nugraha, 1989)

Oleh karena pengembangan volume yang melampaui volume asalnya, maka proses kimiawi ini akan menimbulkan penggelembungan, retak dan selanjutnya kerusakan akan menjalar sampai ke dalam terutama akan lebih parah dan beton menjadi porous.

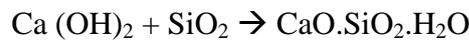
**Peranan Abu Sekam Padi dalam Campuran Beton**

Berdasarkan uraian sebelumnya mengenai definisi dan sifat-sifat bahan tambahan pozzolan abu sekam padi ke

dalam campuran beton dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mereduksi kandungan kalsium Hidro-oksida dalam beton.

Kalsium hidroksida merupakan unsur yang bersifat alkali dan dapat menjadikan beton mudah diserang oleh garam sulfat. Penambahan abu sekam padi yang mengandung senyawa silika (SiO<sub>2</sub>) akan mengikat kapur bebas (kalsium indroksida) menjadi senyawa kalsium silikat hidrat yang merupakan sumber kekuatan beton. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Kalsium Silikat Hidrat

(Subakti, 1994)

2. Sebagai bahan pengisian dalam beton  
Pada beton normal sering dijumpai adanya celah-celah lemah berupa rongga atau pori-pori yang pada umumnya masih terdapat di daerah yransisi yaitu daerah pertemuan antara pasta dengan agregat kasar yang mengandung unsur kalsium hidroksida (Nugraha, 1989). Dengan penambahan pozzolan abu sekam padi yang penyebarannya lebih merata, maka akan memperluas bidang kontak dengan kalsium hidroksida. Kalsium Silikat Hindrat yang terbentuk dapat mengurangi porositas beton dan mengisi pori-pori dalam beton serta sifatnya yang seperti bahan perekat akan dapat meningkatkan daya lekat antara mortar dengan agregat kasar, sehingga dapat meningkatkan keke-

dapan dan kekuatannya dan akhirnya serangan sulfat dapat dicegah.

3. Reduksi kalsium hidroksida oleh silikat (SiO<sub>2</sub>) akan mengurangi sensitifitas beton terhadap agresi sulfat, sehingga dengan demikian tidak mudah menimbulkan kerusakan pada beton.

**Hubungan Disintegrasi dengan Kuat Tekan**

Serangan sulfat secara umum merupakan serangan yang sifatnya kimiawi, berupa suatu reaksi yang menghasilkan suatu produk akhir, yaitu enttringite yang mempunyai sifat mengembang. Oleh karena pengembangan yang melampaui volume asalnya, maka akan menimbulkan penggelembungan, retak dan selanjutnya terjadi kerusakan yang menjalar sampai ke dalam tubuh beton sehingga terjadi

perlemahan yang perlahan-lahan dan akhirnya terjadi disintegrasi bersamaan dengan kehilangan kekuatan dimana reaksi itu terjadi.

Dari uraian ini dapat diketahui bahwa adanya agresi sulfat, dalam hal ini magnesium sulfat dapat menyebabkan disintegrasi pada beton yang akhirnya dapat mereduksi kekuatan beton itu sendiri. Kuat desak tak disangsikan lagi merupakan indeks daya tahan terhadap agresi, karena kekuatan, kepadatannya serta permeabilitas yang rendah kesemuanya saling berkaitan satu dengan lainnya, semakin kuat betonnya semakin awet tampaknya.

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

- Semen : Semen Portland type merk Tiga Roda
- Agregat halus (pasir) : Pasir dari Desa Tulamben, Kecamatan Kubu, Karangasem
- Agregat kasar (kerikil) : Kerikil dari Desa Tulamben, Kecamatan Kubu, Karangasem
- Air : Air PAM di Laboratorium Konstruksi Beton Fakultas Teknik Universitas Udayana
- Pozzolan buatan : Abu Sekam Padi dari Desa Pandak Bandung, Kecamatan Kediri, Tabanan
- Bahan kimia : Magnesium Sulfat diperoleh dari supplier di Denpasar

### Metode Pengambilan Sampel dan Data

Benda uji dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm. Proporsi campuran beton dibuat dengan perbandingan berat 1 pc : 2,225 ps : 3,272 krl yang setara dengan perbandingan volume 1 pc : 2 ps : 3 krl. Dalam penelitian ini terdapat dua faktor perlakuan yang berbeda yaitu faktor air semen dan prosentase penambahan Abu Sekam Padi. Faktor air semen diambil 0,6.

Adapun prosentase penambahan Abu Sekam Padi terhadap berat semen sebagai berikut :

- Perlakuan I : Penambahan 0% Abu Sekam Padi
- Perlakuan II : Penambahan 10% Abu Sekam Padi
- Perlakuan III : Penambahan 12,5% Abu Sekam Padi
- Perlakuan IV : Penambahan 15% Abu Sekam Padi
- Perlakuan V : Penambahan 17,5% Abu Sekam Padi
- Perlakuan VI : Penambahan 20% Abu Sekam Padi

Untuk mengetahui pengaruh disintegrasi Magnesium Sulfat pada campuran beton, maka dibuat benda uji yang tidak direndam sebagai pengontrol yang kemudian akan dibandingkan kuat tekan rata-ratanya dengan benda uji yang direndam selama 90 hari dalam air laut dengan larutan 5% MgSO<sub>4</sub>. Jumlah benda uji masing-masing prosentase adalah 12 buah dengan 4 perlakuan masing-masing 3 ulangan. Dua perlakuan direndam dan dua perlakuan tanpa direndam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Nilai Slump

Pengujian nilai slump dimaksudkan untuk menentukan konsistensi adukan beton yang dapat menggambarkan workabilitas beton. Adapun hasil pengujian nilai slump berbagai perlakuan disajikan dalam Tabel 1.

### Hasil Pengujian Gaya Tekan Hancur Beton

Gaya tekan hancur beton adalah besarnya gaya tekan P (ton) yang dikerjakan pada kubus beton yang menyebabkan kubus beton itu hancur. Pengujian ini dikenakan pada benda uji baik yang direndam maupun tidak direndam. Adapun hasil gaya tekan hancur untuk kedua kondisi tersebut ditampilkan dalam Tabel 2.

**Tabel 1. Data Nilai Slump**

FAS	Ulangan	Nilai slump berbagai perlakuan					
		0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	16,5	11,5	9,5	8	7	6,5
	2	16	12,5	9,5	7,5	7	5,5
	Rata-rata	16,25	12	9,5	7,75	7	6

**Tabel 2. Gaya Tekan Hancur Beton Kondisi Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub> selama 90 hari.**

Variasi FAS	Ulangan	Sampel	Gaya tekan hancur beton tiap perlakuan (ton)					
			0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	1	25,4	29,8	30,4	34,6	36,8	35,4
		2	24	27,4	32	35	38	34
		3	25,6	31,8	30,4	34	36	36,8
	2	1	25,2	29,6	33,6	35,4	38,8	38,4
		2	26,4	30,4	30,8	36,4	37,8	36,6
		3	24,2	27	33,4	37,2	38,6	36,8

**Tabel 3. Gaya Tekan Hancur Beton Umur 90 hari Kondisi tidak Direndam**

Variasi FAS	Ulangan	Sampel	Gaya tekan hancur beton tiap perlakuan (ton)					
			0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	1	29,6	34,4	3	38,8	41,6	35,4
		2	31,4	34	36,6	37,6	40,4	34
		3	30,8	36,2	35,4	39,6	40	36,8
	2	1	31,2	33,2	35,8	37,8	39,8	38,4
		2	30,4	35,4	36,8	39	41,4	36,6
		3	30,6	32	37,8	41	40,2	36,8

**Analisa Kuat Tekan Hancur Beton**

Kuat tekan hancur beton masing-masing benda uji dihitung dengan rumus :

$$b_i = \frac{P \times 100}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

dengan

$\sigma_{bi}$  = Kuat tekan hancur beton masing-masing benda uji (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Gaya tekan hancur beton (ton)

A = Luas bidang tekan (cm<sup>2</sup>)

Hasil analisa masing-masing kuat tekan hancur beton ditampilkan dalam Tabel 4 sampai 7.

**Tabel 4. Kuat Tekan Hancur Beton (Kg/cm<sup>2</sup>) Umur 90 Hari Kondisi Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**

Variasi FAS	Ulangan	Sampel	hancur beton tiap perlakuan (Kg/cm <sup>2</sup> )					
			0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	1	254	298	304	346	368	330
		2	240	274	320	350	380	324
		3	256	318	304	340	360	320
	2	1	252	296	336	354	388	328
		2	264	304	308	364	378	332
		3	242	270	334	372	386	340

**Tabel 5. Kuat Tekan Hancur Beton (Kg/cm<sup>2</sup>) Umur 90 Hari Kondisi Tidak Direndam**

Variasi FAS	Ulangan	Sampel	Kuat tekan hancur beton tiap perlakuan (Kg/cm <sup>2</sup> )					
			0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	1	296	344	340	388	416	3354
		2	314	340	366	376	404	340
		3	308	362	354	396	400	368
	2	1	312	332	358	378	398	384
		2	304	354	368	390	414	366
		3	306	320	378	410	402	368

**Tabel 6. Kuat Tekan Hancur Rata-rata Beton Tiap Ulangan (Kg/cm<sup>2</sup>) Umur 90 hari Kondisi Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**

Variasi FAS	Ulangan	Kuat tekan hancur rata-rata beton tiap ulangan (Kg/cm <sup>2</sup> )					
		0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,6	1	250,000	296,667	309,333	345,333	369,333	324,667
	2	252,667	290,000	326,000	363,333	384,000	333,333
	Rata-rata	251,3	293,3	317,7	354,3	376,7	329,0

**Tabel 7. Kuat Tekan Hancur Rata-rata Beton Tiap Ulangan (Kg/cm<sup>2</sup>) Umur 90 hari Kondisi Tidak Direndam**

Variasi FAS	Ulangan	Kuat tekan hancur rata-rata beton tiap ulangan (Kg/cm <sup>2</sup> )					
		0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
0,5	1	340,667	375,333	420,667	454,667	465,333	436,667
	2	338,667	378,000	422,000	445,333	474,000	409,333
0,6	1	306,000	348,667	353,333	386,667	406,667	354,000
	2	307,333	335,333	368,000	392,667	404,667	372,667
	Rata-rata	306,7	342,0	360,7	389,7	405,7	363,3

**Tabel 8. Prosentase Kenaikan Kuat Tekan Hancur Rata-rata Beton Umur 90 Hari Kondisi Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**

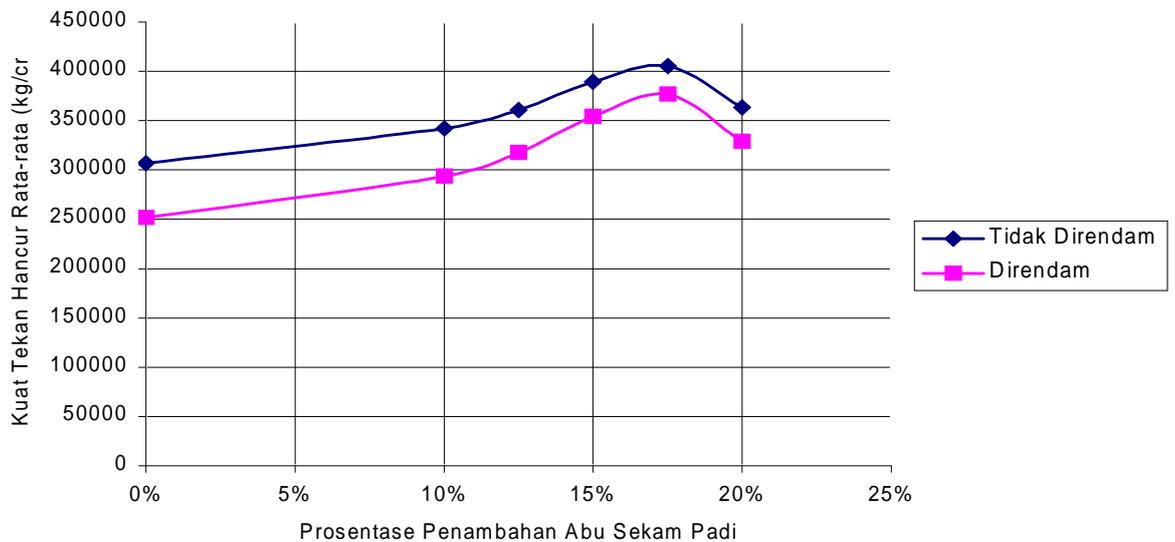
Variasi fas	Perlakuan	Kuat Tekan Rata-rata	Prosentase Kenaikan
0,6	I (0%)	251,333	0,000
	II (10%)	293,333	16,711
	III (12,5%)	317,667	26,393
	IV (15%)	354,333	40,981
	V (17,5%)	376,667	49,867
	VI (20%)	329,000	30,902

**Tabel 9. Prosentase Kenaikan Kuat Tekan Hancur Rata-rata Beton Umur 90 Hari Kondisi Tidak Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**

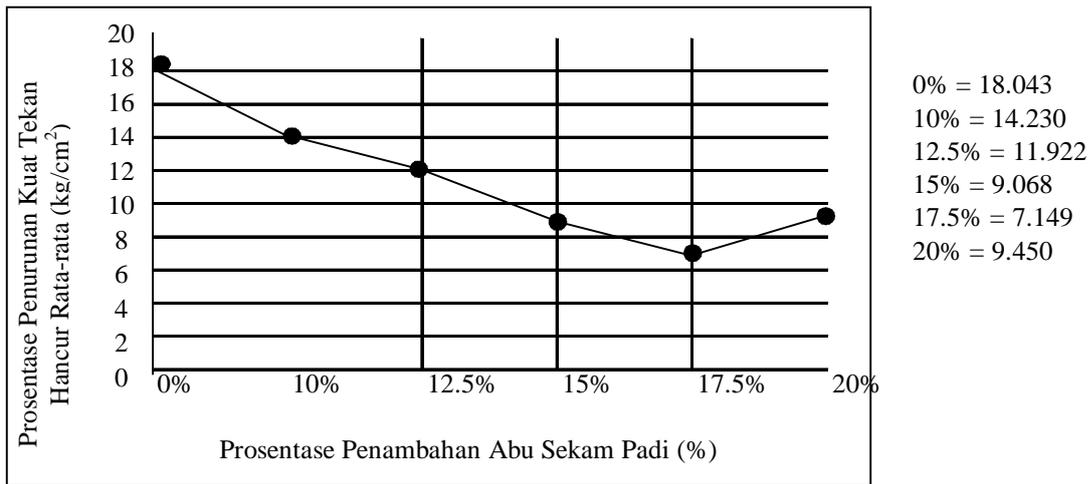
Variasi fas	Perlakuan	Kuat Tekan Rata-rata	Prosentase Kenaikan
0,6	I (0%)	306,667	0,000
	II (10%)	342,000	11,522
	III (12,5%)	360,667	17,609
	IV (15%)	389,667	27,065
	V (17,5%)	405,667	32,283
	VI (20%)	363,333	18,478

**Tabel 10. Prosentase Kenaikan Kuat Tekan Hancur Rata-rata Beton Umur 90 Hari Kondisi Direndam dan Tidak Direndam dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**

Variasi FAS	Perlakuan	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Prosentase Penurunan (%)
		Tidak Direndam	Direndam	
0,6	0%	306,667	251,333	18,043
	10%	342,000	293,333	14,230
	12,5%	360,667	317,667	11,922
	15%	389,667	354,333	9,068
	17,5%	405,667	376,667	7,149
	20%	363,333	329,000	9,450



**Gambar 1. Perbandingan Kuat Tekan Hancur Rata-rata Antara Benda Uji Yang Tidak Direndam dengan Benda Uji yang Direndam Dalam Larutan 5% MgSO<sub>4</sub>**



**Gambar 2. Diagram Pencar Prosentase Penurunan Kuat Tekan Hancur Rata-Rata, FAS 0,6**

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Beton yang direndam dalam air laut dengan larutan Magnesium Sulfat terjadi penurunan kuat tekan beton atau beton mengalami kerusakan
2. Penambahan abu sekam pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton atau dapat mengantisipasi kerusakan beton akibat Magnesium Sulfat.
3. Prosentase optimal penambahan abu sekam pada campuran beton adalah 17,5% dari berat semen.
4. Penambahan abu sekam dapat menurunkan nilai sekam.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa hal dapat disarankan yaitu:

1. Bangunan- bangunan dengan struktur beton yang berdiri dipesisir atau di tengah laut, komposisi campuran beton perlu ditambah dengan suatu pozzolan untuk mengantisipasi kerusakan beton akibat Magnesium Sulfat pada air laut.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan memakai material lain yang mengandung pozzolan tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Dep. PU dan Tenaga Listrik, Direktorat Penyelidik Masalah Bangunan, Dirjen Cipta Karya, Jakarta.
- Anonim. 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SKSNI T-15-1990-03)*, Dep. PU.
- Murdock, L.J. and Brook, K.M. 1986. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Nugraha, P. 1989. *Teknologi Beton Dengan Antisipasi Terhadap Pedomon Beton 1989*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Suarma, I P. 1998. *Optimalisasi Penambahan Abu Batu Tabas Dalam Mengantisipasi Disintegrasi pada Beton yang Disebabkan Oleh Magnesium Sulfat*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- Subakti, A. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS, Surabaya.
- Sudjana. 1975. *Metode Statistika*, Tarsito, Bandung.
- Tanaya, N. 1986. *Rancangan Percobaan I Rancangan Dasar*, Laboratorium Statistik, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Denpasar.