



**EFEK FAKTOR AIR-SEMEN PADA ENERGI
FRAKTUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*WORK OF FRACTURE***

TESIS

ADELFY DARA ARIANTI

55718010001

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
TAHUN 2020**



**EFEK FAKTOR AIR-SEMEN PADA ENERGI
FRAKTUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*WORK OF FRACTURE***

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Strata Dua (S-2)
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil**

ADELFY DARA ARIANTI

55718010001

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
TAHUN 2020**

ABSTRACT

Concrete can withstand relatively low tensile strength around 8% - 15% of its compressive load. The tensile stress is an important concern, given that concrete is a brittle material which generally consists of many micro cracks which are a potential source of crack propagation which results in catastrophic failure under service load. This failure mechanism can be studied by measuring the energy consumed in crack propagation and the formation of new crack surfaces that occur in concrete during loading. In several studies, the relationship of fracture energy to the water-cement ratio showing relative insensitivity. Whereas, the aggregate-paste matrix can greatly affect concrete performance. This experiment is about the effect of water-cement ratio on fracture energy based on work of fracture method. The fracture energy is obtained through a three-point bending test with a sample notch ratio of 0.25 and a loading rate configuration of 0.05 cm/sec with a close-loop testing machine that produces a load-displacement curve. Concrete samples using crushed stones with a maximum size of 19 mm and water-cement ratio of 0.3, 0.4, 0.6 were tested at 56 days. The correlation between the ratio of water-cement and fracture energy becomes complex if accompanied by the use of admixture which functions as improve the performance of concrete which has a lower water-cement ratio. This can be seen from the results of tests on specimens with a water-cement ratio of 0.3, the compressive strength results are relatively increased but fracture performance decreases even lower than specimens with a water-cement ratio of 0.4 and 0.6.

Keywords: water-cementitious ratio; fracture energy; compressive strength; modulus elasticity; concrete

ABSTRAK

Beton dapat menahan kuat tarik yang relatif rendah sekitar 8% - 15% dari beban tekannya. Tegangan tarik menjadi perhatian yang penting, mengingat beton merupakan material getas yang umumnya terdiri dari banyak retakan mikro yang merupakan sumber potensial perambatan retak yang mengakibatkan kegagalan katastropik pada beban servis. Mekanisme kegagalan ini dapat dipelajari dengan mengukur energi yang dikonsumsi dalam perambatan retak dan pembentukan permukaan retak baru yang terjadi pada beton selama pembebahan. Dalam beberapa studi, hubungan energi rekahan dengan rasio air-semen menunjukkan ketidakpekaan relatif. Padahal, matriks agregat-pasta dapat sangat mempengaruhi kinerja beton. Penelitian ini membahas pengaruh rasio air-semen terhadap perilaku rekahan dengan metode *work of fracture*. Energi fraktur diperoleh melalui uji *three point bending* dengan rasio takik sampel 0.25 dan konfigurasi laju pembebahan 0.05 cm/detik dengan mesin uji *close-loop* yang menghasilkan kurva beban-perpindahan. Sampel beton menggunakan batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm dan rasio air-semen 0.3, 0.4, 0.6 diuji pada 56 hari. Korelasi antara rasio air-semen dengan energi rekahan menjadi kompleks jika diiringi dengan penggunaan admixture yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja beton yang memiliki rasio air-semen rendah. Hal ini terlihat dari hasil pengujian pada spesimen dengan rasio air-semen 0.3 yang menunjukkan kuat tekan relatif meningkat namun kinerja rekahan menurun bahkan lebih rendah dibandingkan spesimen dengan rasio air-semen 0.4 dan 0.6.

Kata kunci: rasio air-semen; energi fraktur; kekuatan tekan; modulus elastisitas; beton

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Efek Faktor Air-Semen pada Energi Fraktur dengan Menggunakan
Metode *Work of Fracture*

Bentuk Tesis : Eksperimen dan Analisis

Nama : Adelfy Dara Arianti

NIM : 55718010001

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 31 Agustus 2020

Mengesahkan:

Dosen Pembimbing



(Dr. Resmi Bestari Muin, MS)

Direktur Program Pascasarjana



(Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil



(Dr. Ir. Budi Susetyo, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Efek Faktor Air-Semen pada Energi Fraktur dengan Menggunakan Metode *Work of Fracture*

Bentuk Tesis : Eksperimen dan Analisis

Nama : Adelfy Dara Arianti

NIM : 55718010001

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 31 Agustus 2020

Merupakan hasil penelitian dan karya saya sendiri dengan bimbingan oleh Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Pascasarjana Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi data dan hasil pengolahan data yang disajikan telah dinyatakan jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.



LEMBAR PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adelfy Dara Arianti

NIM : 55718010001

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Efek Faktor Air-Semen pada Energi Fraktur dengan Menggunakan Metode *Work of Fracture*” telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan Sistem Turnitin pada Tanggal 21 September 2020, diperoleh nilai prosentase dengan rincian sebagai berikut:

- Similarity Index = 24%
- Internet Source = 22%
- Publications = 8%
- Student Papers = 13%

Jakarta, 31 Agustus 2020

Administrator Turnitin UMB



Arie Pangudi, A.Md

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tesis yang merupakan salah satu syarat kelulusan dalam mendapatkan gelar Strata Dua (S-2) pada Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana.

Sebagaimana judul Tesis ini yaitu ‘Efek Faktor Air-Semen pada Energi Fraktur dengan menggunakan Metode *Work of Fracture*’, dengan segala keterbatasan yang ada Penulis berusaha sebaik mungkin dalam menyelesaikan analisa yang berkaitan dengan penelitian ini, dengan harapan dapat memberikan kontribusi dalam mendukung penyelesaian masalah yang berkaitan dengan bidang serupa.

Tesis ini tidak lepas dari dukungan, saran, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Resmi Bestari Muin, MS selaku Dosen Pembimbing dan Ibu Dr. Agnes Hannah Patty, MT selaku Narasumber Penelitian atas bimbingan dan dukungan yang diberikan kepada Penulis.
2. Bapak Pariatmono Soekamdo, MSc, DIC, PhD selaku Dosen Penguji dan Bapak Dr. Ir. Budi Susetyo selaku Ketua Penguji yang telah memberikan saran dan masukan bermanfaat dalam penyusunan Tesis ini.
3. Kedua Orang Tua Penulis, Ade Supriyadi dan Nurafianti, terutama Ibu tercinta yang tidak pernah lelah untuk memberikan pendidikan kepada anak-anaknya agar bisa sampai kejenjang ini dan tak pernah putus dalam memberikan kasih sayang serta do'a terbaik kepada Penulis.
4. Seluruh keluarga besar Alm. H. Achmad Chotib yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan moral kepada Penulis.
5. Orang terkasih dan sahabat yang senantiasa selalu ada disetiap kondisi serta menjadi penyemangat tersendiri bagi Penulis agar dengan segera mampu menyelesaikan penelitian ini.

6. Teman seperjuangan MTS UMB 2018, KBTS UMB 2013 maupun teman – teman lain yang tidak luput memberikan motivasi kepada Penulis.

Penulis mohon maaf jika terdapat kekurangan ataupun kesalahan yang dilakukan selama penelitian maupun saat penulisan. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Jakarta, 31 Agustus 2020

Adelfy Dara Arianti

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah.....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Kajian Teoritis	7
2.1.1 <i>Fracture Energy</i>	7
2.1.2 Three-Point Bend Beams	9
2.1.3 Karakteristik Beton	11
2.1.4 Hubungan Faktor Air-Semen dengan Kekuatan Beton.....	12
2.1.5 Hubungan Faktor Air-Semen dengan Matriks Agregat	13
2.1.6 Hubungan Faktor Air-Semen dengan Energi Fraktur	15
2.1.7 Material Beton.....	17
2.2. Pengujian Laboratorium	18

2.2.1	Pengujian Kuat Tekan Beton	18
2.2.2	Pengujian Modulus Elastisitas	18
2.2.2	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	19
2.3.	Celah Penelitian (<i>Research Gap</i>)	19
2.4.	Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III.....		23
METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Desain Penelitian.....	23
3.2.	Variabel Penelitian	25
3.3.	Metode Analisis Data	25
3.3.1	Pengujian Properties Material	25
3.3.2	Rancangan Campuran Beton Normal (SNI 7656-2012)	26
3.3.3	Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 1974-2011).....	30
3.3.4	Pengujian Modulus Elastisitas Beton (SK SNI T-15-1991)	31
3.3.5	Pengujian Kuat Lentur Beton (SNI 03-4154-1996)	32
BAB IV		35
PEMBAHASAN		35
4.1.	Properties Material	35
4.2.	Mix Design	36
4.3.	Kuat Tekan Beton.....	38
4.4.	Fraktur Energi Beton	41
BAB V.....		55
KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		
Lampiran 1.	Hasil Similarity Tesis	
Lampiran 2.	Hasil Similarity Jurnal	
Lampiran 3.	Publikasi Jurnal	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Clustering antara Variabel dan Metode pada Energi Fraktur	20
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	21
Tabel 3.1 Perkiraan Kadar Air Bebas dan Kandungan Udara	27
Tabel 3.2 Nilai Faktor Air-Semen berdasarkan Kuat Tekan Rencana.....	27
Tabel 3.3 Volume Agregat Kasar Kering berdasarkan Ukuran Butir.....	28
Tabel 3.4 Perkiraan Berat Beton Segar	28
Tabel 4.1 Properties Material.....	35
Tabel 4.2 Komposisi Campuran Beton	37
Tabel 4.3 Hasil Kekuatan Tekan dan Modulus Elastisitas.....	38
Tabel 4.4 Data Logger Pengujian Lentur Spesimen Beton.....	43
Tabel 4.5 Analisis Energi Fraktur	48
Tabel 4.6 Komparasi Energi Fraktur dengan Penelitian Terdahulu.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegagalan tegangan dengan ukuran retak untuk lebar pelat.....	8
Gambar 2.2 Tahapan Mode I Pertumbuhan Retak.....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi balok pada <i>three-point bend test</i>	9
Gambar 2.4 <i>Load-Displacement Curve</i> dari Hillerborg (1985).....	11
Gambar 2.5 Jalur fraktur skematik (a) NSC (b) HSC	14
Gambar 2.6 Energi fraktur r dibandingkan <i>w/c ratio</i> untuk beton pada seri II.....	15
Gambar 2.7 Variasi energi fraktur dengan perubahan dalam rasio air-semen.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Geometri spesimen dan konfigurasi <i>test three point bend</i> (TPB)	33
Gambar 3.3 <i>Starin gauge</i>	34
Gambar 4.1 Komparasi kuat tekan dengan berbagai <i>w/c ratio</i>	38
Gambar 4.2 Pola retak dan kerusakan pada spesimen uji tekan beton.....	40
Gambar 4.3 Komparasi kuat tekan beton dengan penelitian terdahulu	40
Gambar 4.4 Dokumentasi pengujian kuat tekan beton	42
Gambar 4.5 Kurva <i>Load-Displacement</i> untuk beton tanpa tulangan	45
Gambar 4.6 Kurva <i>Load-Displacement</i> untuk beton dengan tulangan	45
Gambar 4.7 Kurva <i>Load-Displacement</i> untuk beton HSC.....	46
Gambar 4.8 Kurva <i>Load-Displacement</i> untuk beton MSC.....	46
Gambar 4.9 Kurva <i>Load-Displacement</i> untuk beton NSC.....	47
Gambar 4.10 Dokumentasi pengujian <i>TPB</i>	51
Gambar 4.11 Dokumentasi spesimen pasca pengujian	51
Gambar 4.12 Pori atau rongga pada spesimen HSC pasca pengujian.....	52
Gambar 4.13 Ilustrasi lajur retak pada spesimen balok	53