

**PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN PASIR DENGAN ABU
TERBANG BERBASIS *CEMENTING EFFICIENCY* POZOLAN
TERHADAP *STRENGTH-WEIGHT RATIO* DAN *MATERIAL COST-
STRENGTH RATIO* BETON**

PROYEK AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh:

Muhammad Mujiburrakhman

NIM 16510139001

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019**

**PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN PASIR DENGAN ABU
TERBANG BERBASIS *CEMENTING EFFICIENCY* POZOLAN
TERHADAP *STRENGTH-WEIGHT RATIO* DAN *MATERIAL COST-
STRENGTH RATIO* BETON**

Oleh:

Muhammad Mujiburrahman
NIM 16510139001

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh dari penggantian sebagian pasir dengan abu terbang terhadap *strength-weight ratio* beton dan (2) mengetahui pengaruh dari penggantian sebagian pasir dengan abu terbang terhadap *material cost-strength ratio* beton.

Penelitian ini merupakan eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang dilakukan di laboratorium. Pada penelitian ini penggantian sebagian pasir dengan abu terbang dilakukan sebanyak 0%, 20%, 35%, dan 50% berdasarkan proporsi berat setiap bahan terhadap kebutuhan semen Portland. Beton dengan abu terbang dirancang dengan menerapkan faktor efisiensi pozolan guna mendapatkan kekuatan pengganti dari yang hilang akibat pengurangan kepadatan beton. Pengukuran volume dan berat serta pengujian tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari. *Strength-weight ratio* dipertimbangkan untuk mengukur efisiensi kinerja beton, dimana semakin tinggi nilai *strength-weight ratio* maka kinerja beton semakin efisien. *Material cost-strength ratio* dipertimbangkan untuk mengukur keekonomisan beton, dimana semakin rendah nilai *material cost-strength ratio* maka beton semakin ekonomis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) *strength-weight ratio* beton meningkat yang secara berurutan bernilai 0.018, 0.019, 0.022, dan 0.023 MPa/kg/m³ dan (2) *material cost-strength ratio* beton berkurang yang secara berurutan bernilai Rp. 20320.65, 18791.35, 15675.26, dan 14817.33/m³/MPa.

Kata kunci: abu terbang, faktor efisiensi pozolan, *material cost-strength ratio*, penggantian pasir, *strength-weight ratio*

**THE EFFECT OF SAND PARTIAL REPLACEMENT BY FLY ASH
BASED ON CEMENTING EFFICIENCY OF POZZOLAN TO
STRENGTH-WEIGHT RATIO AND MATERIAL COST-STRENGTH
RATIO OF CONCRETE**

Author:

Muhammad Mujiburrakhman
SIDN 16510139001

ABSTRACT

The present research purposes are (1) finding out the effect of sand partial replacement by fly ash to strength-weight ratio of concrete and (2) finding out the effect of sand partial replacement by fly ash to material cost-strength ratio of concrete.

The present research is an experiment with quantitative approach that was done in laboratory. In the present research sand partial replacement by fly ash was done as many as 0%, 20%, 35%, and 50% depends on weight proportion of each material to Portland cement needs. Concrete with fly ash was designed by applying the efficiency factor of pozzolan in order to get a substitute strength of the lost due to the reduction in concrete density. Measurement of volume and weight along with compression test were done after concrete aged to 28 days. Strength-weight ratio was considered to measure the performance efficiency of concrete, whereby the value of strength-weight ratio is greater then the performance of concrete is more efficient Material cost-strength ratio was considered to measure the economy of concrete, whereby the value of material cost-strength ratio is smaller then the concrete is more economical.

The result of research showed that (1) strength-weight ratio of concrete increased which was respectively valued of 0.018, 0.019, 0.022, and 0.023 MPa/kg/m³ and (2) material cost-strength ratio of concrete decreased which was respectively valued of Rp. 20320.65, 18791.35, 15675.26, and 14817.33/m³/MPa.

Keywords: efficiency factor of pozzolan, fly ash, material cost-strength ratio, sand replacement, strength-weight ratio

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Mujiburrakhman

NIM : 16510139001

Program Studi : D3 Teknik Sipil

Judul PA : Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang Berbasis *Cementing Efficiency* Pozolan terhadap *Strength-weight Ratio* dan *Material Cost-strength Ratio* Beton

menyatakan bahwa proyek akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 19 September 2019

Yang menyatakan,



Muhammad Mujiburrakhman
NIM 16510139001

LEMBAR PERSETUJUAN

Proyek Akhir dengan Judul

**PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN PASIR DENGAN ABU
TERBANG BERBASIS *CEMENTING EFFICIENCY* POZOLAN
TERHADAP *STRENGTH-WEIGHT RATIO* DAN *MATERIAL COST-
STRENGTH RATIO* BETON**

Disusun oleh:

Muhammad Mujiburrakhman

NIM 16510139001

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Akhir Proyek Akhir bagi yang bersangkutan.

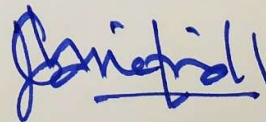
Yogyakarta, 19 September 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Sunar Rochmadi, M.E.S.
NIP 19610429 198803 1 002

Disetujui,
Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Slamet Widodo, S.T., M.T.
NIP 19761103 2000031 001

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN PASIR DENGAN ABU
TERBANG BERBASIS *CEMENTING EFFICIENCY* POZOLAN
TERHADAP *STRENGTH-WEIGHT RATIO* DAN *MATERIAL COST-
STRENGTH RATIO* BETON**

Disusun oleh:

Muhammad Mujiburrakhman

NIM 16510139001

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi D3
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
pada Tanggal 3 Oktober 2019

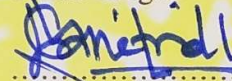
TIM PENGUJI

Nama/Jabatan

Tanda Tangan

Tanggal

Dr. Ir. Slamet Widodo, S.T., M.T.
Ketua Penguji/Pembimbing



15/10 2019

Ir. Pramudiyanto, S.Pd.T., M.Eng.
Penguji



15/10 2019

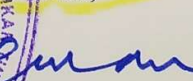
Nur Hidayat, S.Pd.T., M.Pd.
Sekertaris

15/10 2019

Yogyakarta, 16. Oktober 2019

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Prof. Drs. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D.

NIP 19640205 198703 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rahmat dan rida Allah Yang Maha Kuasa saya persembahkan proyek akhir ini kepada:

Bapak Hendroyono dan Ibu Ngabidah Sri Hartini Tercinta
sebagai bukti terimakasih atas seluruh pengorbanan yang dilakukan dalam
membesarkan dan mendidik saya dengan sabar dan penuh kasih sayang.

Mas Muhammad Habiburrakhman Terhormat
sebagai bukti terimakasih atas usaha yang dilakukan untuk selalu menjaga saya
dari segala hal buruk.

Negara dan Bangsa Republik Indonesia
sebagai wujud pengabdian kecil untuk kemajuan teknologi beton guna menunjang
kebutuhan pembangunan infrastruktur berkelanjutan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT/Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, Proyek Akhir dalam rangka untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik dengan judul “Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang Berbasis *Cementing Efficiency* Pozolan terhadap *Strength-weight Ratio* dan *Material Cost-strength Ratio* Beton” dapat disusun sesuai dengan harapan. Proyek Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dengan pihak lain. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada yang terhormat:

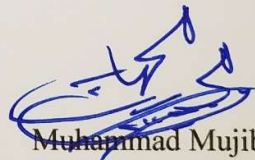
1. Dr. Ir. Slamet Widodo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing PA yang telah banyak memberikan semangat, dorongan, dan bimbingan selama penyusunan Proyek Akhir ini.
2. Dr. Ir. Slamet Widodo, S.T., M.T., Ir. Pramudiyanto, S.Pd.T., M.Eng., dan Nur Hidayat, S.Pd.T., M.Pd. selaku Tim Penguji yang telah memberikan perbaikan secara komprehensif terhadap PA ini.
3. Drs. Darmono, M.T. dan Dr. Ir. Sunar Rochmadi, M.E.S. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan dan Ketua Program Studi D3 Teknik Sipil beserta dosen dan staf yang telah memberikan bantuan dan fasilitas selama proses penyusunan pra-proposal sampai dengan selesainya PA ini.
4. Prof. Drs. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik yang memberikan persetujuan pelaksanaan Proyek Akhir.
5. Pabrik Spiritus Madukismo PT Madubaru yang telah memberikan bantuan abu terbang sebagai bahan dalam penelitian PA ini.

6. PT Bantul Holcim *Readymix* yang telah memberikan bantuan semen Portland Tipe I sebagai bahan dalam penelitian PA ini.
7. Semua pihak, secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan di sini, atas bantuan dan perhatiannya selama penyusunan Proyek Akhir ini.

Akhirnya, semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT/Tuhan Yang Maha Esa dan Proyek Akhir ini menjadi informasi bermanfaat bagi pembaca dan pihak lain yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 10 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Muhammad Mujiburrakhman
NIM 16510139001

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
ABSTRAK	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat.....	4
G. Keaslian Gagasan.....	5

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Beton	6
B. Bahan Penyusun Beton.....	6
C. Rancang Campur Beton	14
D. Abu Terbang	16
E. Abu Terbang dalam Beton Semen Portland	19
F. Hidrasi Semen Portland.....	20
G. Sifat Pozolanik Abu Terbang	23
H. Abu Terbang sebagai Pengganti Pasir.....	26

I. Penerapan <i>Cementing Efficiency</i> Pozolan	32
J. Perancangan Campuran Beton Penggantian Pasir dengan Abu Terbang.....	36

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	40
B. Subjek dan Objek Penelitian.....	40
C. Variabel Penelitian.....	40
D. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
E. Alat dan Bahan Penelitian	41
F. Prosedur Penelitian	56

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	74
B. Pembahasan	79
C. Keterbatasan Penelitian	91

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan.....	92
B. Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bahan Baku Semen Hidrolis.....	7
Tabel 2. Kandungan Oksida Bahan Baku Semen Hidrolis	7
Tabel 3. Syarat Gradasi Agregat Halus.....	11
Tabel 4. Syarat Gradasi Agregat Kasar.....	12
Tabel 5. Syarat Kekerasan Agregat Kasar	13
Tabel 6. Jumlah Senyawa Kimia Abu Terbang berdasarkan Kategori Batu Bara	17
Tabel 7. Persyaratan Kimia Abu Terbang untuk Beton Semen Portland	18
Tabel 8. Proses Hidrasi Semen Portland.....	20
Tabel 9. Jumlah Senyawa Kimia Semen Portland.....	20
Tabel 10. Rancang Campur Mortar dalam Penelitian Papadakis	27
Tabel 11. Rancang Campur Beton dalam Penelitian Siddique	28
Tabel 12. Rancang Campur Beton dalam Penelitian Rajamane dan Ambily	30
Tabel 13. Rancang Campur Beton dalam Penelitian Deo dan Pofale	31
Tabel 14. Perkiraan Kebutuhan Air Campuran Beton Nilai <i>Slump</i> 60-180 mm...	65
Tabel 15. Harga Satuan Bahan Campuran Beton.....	73
Tabel 16. Hasil Pengujian Agregat.....	74
Tabel 17. Hasil Pengujian Gradasi Abu Terbang.....	75
Tabel 18. Proporsi Berat Antarbahan Hasil Perancangan Campuran Beton.....	75
Tabel 19. Data Hasil Perancangan Campuran Beton Segar	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Partikel Abu Terbang.....	17
Gambar 2. Ilustrasi Pembentukan Produk Hidrasi dan Penurunan Porositas Semen Portland berdasarkan Waktu.....	22
Gambar 3. Skema Proses dan Produk Reaksi Pozolanik Abu Terbang.....	23
Gambar 4. Contoh Perbedaan Jumlah Kandungan Kalsium Hidroksida Semen (<i>Reference</i>) dengan Semen-Abu Terbang (FA35-67W40) berdasarkan Waktu	24
Gambar 5. Ilustrasi Perbedaan Peningkatan Kuat Tekan Beton dengan Abu Terbang terhadap Beton Normal (<i>Control</i>) berdasarkan Waktu.....	25
Gambar 6. Contoh Pengaruh Peningkatan Penggunaan Abu Terbang terhadap Ekspansi Merusak pada Beton akibat Reaksi Silika-Alkali.....	26
Gambar 7. <i>Ettringite</i> yang Mengkristal Ulang pada Retakan Beton akibat Reaksi Silika-Alkali.....	26
Gambar 8. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Peningkatan Kuat Tekan Mortar berdasarkan Waktu dalam Penelitian Papadakis.....	27
Gambar 9. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Peningkatan Kuat Tekan Beton berdasarkan Waktu dalam Penelitian Siddique.....	29
Gambar 10. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang tehadap Kuat Tekan Beton dalam Penelitian Rajamane dan Ambily	30
Gambar 11. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Kuat Tekan Beton dalam Penelitian Deo dan Pofelo	31
Gambar 12. Grafik Faktor Efisiensi Pozolan Abu Terbang.....	36
Gambar 13. Ember.....	41
Gambar 14. Kain Lap.....	42
Gambar 15. Perkakas Uji Kondisi Agregat Halus.....	43
Gambar 16. Gelas Ukur	43

Gambar 17. Ayakan Gradasi	44
Gambar 18. Ayakan Pencuci	44
Gambar 19. Palu Kayu	45
Gambar 20. Perkakas Uji <i>Slump</i>	46
Gambar 21. Cetakan Silinder	46
Gambar 22. Bak Perendaman	47
Gambar 23. Cetakan Penutup Silinder Vertikal	47
Gambar 24. Neraca Ohaus Akurasi 0.01 Gram	48
Gambar 25. Neraca Keseimbangan Berat Akurasi 1 Gram	48
Gambar 26. Neraca Skala Bangku	49
Gambar 27. Meteran Gulung	49
Gambar 28. Jangka Sorong	50
Gambar 29. Mesin Gradasi	50
Gambar 30. Mesin Los Angeles	51
Gambar 31. Oven	51
Gambar 32. Mesin Pengaduk	52
Gambar 33. Pemanas Senyawa Penutup	52
Gambar 34. Mesin Uji Tekan	53
Gambar 35. Semen Portland Tipe I	53
Gambar 36. Pasir Alami	54
Gambar 37. Batu Pecah	54
Gambar 38. Abu Terbang	55
Gambar 39. Air	55
Gambar 40. Belerang	56
Gambar 41. Oli	56
Gambar 42. Alir Prosedur Penelitian	57
Gambar 43. Ilustrasi Kondisi Agregat Halus	59
Gambar 44. Grafik Perbandingan Agregat Campuran berdasarkan Zona Pasir	66
Gambar 45. Grafik Berat Satuan Campuran Beton Segar	67
Gambar 46. Grafik Hasil Pengujian Gradasi Pasir	74
Gambar 47. Grafik Hasil Pengujian Gradasi Batu Pecah	75

Gambar 48. Campuran Beton Segar saat Pengujian <i>Slump</i>	86
Gambar 49. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Berat Satuan Beton Keras	76
Gambar 50. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Kuat Tekan Beton	77
Gambar 51. Benda Uji Beton setelah Pengujian Tekan.....	88
Gambar 52. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap <i>Strength-weight Ratio</i> Beton	77
Gambar 53. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap Biaya Bahan Campuran Beton	78
Gambar 54. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir dengan Abu Terbang terhadap <i>Material Cost-strength Ratio</i> Beton	78

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (1)	33
Persamaan (2)	34
Persamaan (3)	34
Persamaan (4)	35
Persamaan (5)	37
Persamaan (6)	38
Persamaan (7)	38
Persamaan (8)	38
Persamaan (9)	38
Persamaan (10)	39
Persamaan (11)	39
Persamaan (12)	59
Persamaan (13)	60
Persamaan (14)	61
Persamaan (15)	62
Persamaan (16)	62
Persamaan (17)	63
Persamaan (18)	64
Persamaan (19)	65
Persamaan (20)	65
Persamaan (21)	65
Persamaan (22)	67
Persamaan (23)	67
Persamaan (24)	67
Persamaan (25)	71
Persamaan (26)	72
Persamaan (27)	72
Persamaan (28)	72
Persamaan (29)	83