

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS
DENGAN AGREGAT HALUS LUMPUR SIDOARJO
TERHADAP PROPERTI MEKANIS BETON DENGAN
*DENSIFIED MIXTURE DESIGN ALGORITHM (DMDA)***



**CHRISTOPHORUS ANRO ADA'
NPM : 2015410125**

PEMBIMBING :

Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS
DENGAN AGREGAT HALUS LUMPUR SIDOARJO
TERHADAP PROPERTI MEKANIS BETON DENGAN
*DENSIFIED MIXTURE DESIGN ALGORITHM (DMDA)***



**CHRISTOPHORUS ANRO ADA'
NPM: 2015410125**

BANDUNG, 20 JUNI 2019

PEMBIMBING:

Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Christophorus Anro Ada'

NPM : 2015410125

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Studi Eksperimental Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Halus Dengan Agregat Halus Lumpur Sidoarjo Terhadap Properti Mekanis Beton Dengan Densified Mixture Design Algorithm (DMDA) adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Serta seluruh data praktikum adalah benar-benar diambil dari praktikum di laboratorium struktur Universitas Katolik Parahyangan, Kota Bandung. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 20 Juni 2019



Christophorus Anro Ada'

2015410125

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN
AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT HALUS LUMPUR SIDOARJO
TERHADAP PROPERTI MEKANIS BETON DENGAN *DENSIFIED
MIXTURE DESIGN ALGORITHM (DMDA)***

**Christophorus Anro Ada'
NPM: 2015410125**

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

Ko-Pembimbing: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

ABSTRAK

Dalam dunia konstruksi penggunaan beton banyak menggunakan bahan-bahan yang mengeksploitasi sumber daya alam sehingga akan muncul dampak negatif yang dapat merusak lingkungan. Salah satu alternatifnya adalah pemanfaatan limbah sebagai pengganti bahan bangunan yang bersumber dari alam. Pada penelitian ini, dilakukan pemanfaatan limbah yang berasal dari lumpur Sidoarjo (lusi) sebagai bahan alternatif yang dapat menggantikan sebagian agregat halus. Pada penelitian ini, dipelajari pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo dengan menggunakan *Densified Mixture Design Algorithm (DMDA)* untuk merencanakan campuran. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, dan *ultrasonic pulse velocity (UPV)* dengan *water-to-binder ratio (w/b)* sebesar 0.4. Variasi penggantian agregat halus diambil sebesar 0%, 15%, dan 30%. Silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm digunakan untuk menguji kuat tekan pada umur 7, 14, 28 hari dan kuat tarik pada 28 hari. Benda uji balok berukuran 100 mm × 100 mm × 300 mm digunakan untuk pengujian kuat geser pada umur 28 hari dan UPV pada umur 7, 14, 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata pada umur 28 hari dengan substitusi 0%, 15%, 30% sebesar 21,620 MPa, 26,720 MPa, dan 22,747 MPa. Nilai kuat tarik belah rata-rata pada umur 28 hari dengan substitusi 0%, 15%, 30% sebesar 2,164 MPa, 2,826 MPa, dan 2,927 MPa. Nilai kuat geser rata-rata pada umur 28 hari dengan substitusi 0%, 15%, 30% sebesar 3,239 MPa, 3,937 MPa, dan 3,490 MPa. Nilai UPV rata-rata dengan substitusi 0%, 15%, 30% pada umur 7, 14, 28 hari memiliki nilai pada rentang 3,660 km/s – 4,575 km/s. Berdasarkan nilai UPV tersebut menunjukkan bahwa beton mempunyai kualitas yang baik.

Kata kunci: beton, agregat halus lumpur Sidoarjo, *Densified Mixture Design Algorithm (DMDA)*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE WITH FINE AGGREGATE MADE FROM SIDOARJO MUD ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH DENSIFIED MIXTURE DESIGN ALGORITHM (DMDA)

Christophorus Anro Ada'
NPM: 2015410125

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

Co-Advisor: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNE 2019

ABSTRACT

In the construction, the usage of concrete which exploited natural resources will cause negative effects to the environment. The utilization of waste materials is an alternative for substituting natural resources building materials. In this research, Sidoarjo's Mud was utilized as an alternative of fine aggregate replacement material. This study explored the influence the partial replacement of fine aggregate with Sidoarjo's Mud as fine aggregate by using the *Densified Mixture Design Algorithm method (DMDA)*. The mechanical properties were tested on compressive strength, splitting tensile strength, shear strength, and ultrasonic pulse velocity (UPV) with water-to-binder ratio (w/b) of 0.4. Variations of fine aggregate replacement were 0%, 15%, and 30%. Cylindrical specimens with diameter of 100 mm and height of 200 mm were used for compressive strength test which was tested at 7, 14, 28 days and splitting tensile strength test which was tested at the age of 28 days. Beam specimens with dimension of 100 mm × 100 mm × 300 mm were used for shear strength test tested at 28 days and UPV test which was tested at 7, 14, 28 days. From the test results the characteristic compressive strength at the age of 28 days with substitutions of 0%, 15%, 30% were 21,620 MPa, 26,720 MPa, and 22,747 MPa, respectively. The average 28-day splitting tensile strength with substitutions of 0%, 15%, 30% were 2.164 MPa, 2.826 MPa and 2.927 MPa, respectively. The average 28-day shear strength with substitutions of 0%, 15%, 30% were 3.239 MPa, 3.937 MPa, and 3.490 MPa, respectively. The average UPV values with substitution of 0%, 15%, 30% at 7, 14, and 28 days in the range from 3,660 km / s to 4,575 km / s. Those UPV values indicated that the concrete has a good quality.

Keywords: concrete, fine aggregate of Sidoarjo's mud, densified mixture design algorithm, compressive strength, splitting tensile strength, shear strength, ultrasonic pulse velocity.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa dan Kuasa atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Halus Dengan Agregat Halus Lumpur Sidoarjo Terhadap Properti Mekanis Beton Dengan *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA). Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan studi S-1 di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Selama proses penulisan skripsi ini tidak lepas dari hambatan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, dan penulisan. Namun, penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut. Oleh karenanya, penulis sangat berterima kasih atas saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah membantu dan membimbing penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang dengan sabar telah membantu dan membimbing penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
3. Kak Annisa, Bapak Lasino, dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (PUSKIM) yang telah memberikan agregat halus Lumpur Sidoarjo dalam proses penelitian skripsi ini.
4. Bapak Muladi dari PT. Pionir Beton yang telah memberikan material *fly ash* dalam proses penelitian skripsi ini.
5. Bapak Ir. Teguh Farid, Bapak Markus Didi, dan Bapak Heri Rustandi yang telah banyak membantu dan memberi arahan penulis selama persiapan bahan dan pembuatan benda uji di Laboratorium Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

6. Orang tua penulis Welem Ada' dan Lidwina Arrungan yang selalu memberi dukungan dan dorongan semangat dalam proses penelitian skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan skripsi, Agung, Albert, Tommy, Fawwaz, Chandra, Yasun, Steven, Bintang, Clif, Akbar, dan Raszi yang senantiasa membantu dan memberikan semangat atas penyusunan skripsi ini.
8. Semua teman angkatan 2015 Teknik Sipil UNPAR yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
9. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya program studi teknik sipil.
10. Teman-teman seperjuangan MAHITALA dan keluarga Cemara yang masih menempuh kuliah maupun yang sudah dalam dunia kerja yang senantiasa membantu dan memberikan semangat hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah mendoakan dan membantu yang tak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan yang dilakukan selama proses penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Terima kasih.

Bandung, 20 Juni 2019



Christophorus Anro Ada'

2015410125

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-3
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-4
1.5 Metode Penelitian	1-4
1.6 Diagram Alir	1-6
1.7 Sistematika Penulisan.....	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Beton	2-1
2.2 Material Beton	2-3
2.2.1 Air	2-3
2.2.2 Agregat Halus	2-3
2.2.3 Agregat Kasar	2-4
2.2.4 Agregat Buatan	2-5
2.2.5 <i>Fly ash</i>	2-8
2.2.6 Semen Portland Komposit	2-9
2.3 <i>Densified Mixture Design Algorithm (DMDA)</i>	2-11
2.4 Metode Pengujian	2-15
2.4.1 Uji Kuat Tekan	2-15
2.4.2 Uji Kuat Tarik Belah.....	2-16
2.4.3 Uji Kuat Geser	2-17
2.4.4 Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i>	2-18

2.5 Metode Perawatan.....	2-20
BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN.....	3-1
3.1 Bahan dan Benda Uji	3-1
3.1.1 Bahan Uji.....	3-1
3.1.2 Benda Uji.....	3-4
3.2 Pengujian Bahan Uji	3-4
3.2.1 Pengujian Agregat Kasar.....	3-4
3.2.2 Pengujian Agregat Halus.....	3-7
3.2.3 Pengujian <i>Fly Ash</i>	3-13
3.2.4 Pengujian Semen.....	3-14
3.3 <i>Mix Design</i> Beton dengan Metode DMDA	3-15
3.3.1 Alfa Test.....	3-15
3.3.2 Beta Test.....	3-18
3.4 Prosedur Pelaksanaan Pengocoran Beton.....	3-21
3.4.1 Pencampuran Bahan, Material, dan Pengocoran	3-21
3.4.2 Perawatan / <i>Curing</i>	3-23
3.5 Prosedur Pengujian Beton	3-23
3.5.1 Uji Kuat Tekan	3-23
3.5.2 Uji Kuat Tarik Belah.....	3-25
3.5.3 Uji Kuat Geser	3-26
3.5.4 Uji Ultrasonic Pulse Velocity	3-28
BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN	4-1
4.1 Berat isi beton.....	4-1
4.2 Analisis Uji Kuat Tekan.....	4-2
4.3 Analisis Uji Kuat Tarik Belah	4-13
4.4 Analisis Uji Kuat Geser.....	4-15
4.5 Analisis Uji Ultrasonic Pulse Velocity.....	4-18
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2

DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN 1	L1-1
LAMPIRAN 2	L2-1
LAMPIRAN 3	L3-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas permukaan benda uji tekan	(mm ²)
Agg	=	Agregat	
Al	=	Aluminium	
Al ₂ O ₃	=	<i>Aluminium Oksida</i>	
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Material</i>	
b	=	Binder	
BPPT	=	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi	
C	=	Karbon	
c	=	<i>cement / semen</i>	
Ca	=	Kalsium	
ca	=	<i>Coarse Aggregate / agregat kasar</i>	
CaO	=	<i>Kalsium Oksida</i>	
Cl	=	Klorida	
CO ₂	=	Karbon Dioksida	
cs	=	<i>Coarse Sand / agregat halus</i>	
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>	
D	=	Diameter benda uji	(mm)
DMDA	=	<i>Densified Mixture Design Algorithm</i>	
<i>f_b</i>	=	Estimasi kuat tekan beton 28 hari	(MPa)
<i>f_c</i>	=	Kuat tekan beton	(MPa)
<i>f_{ct}</i>	=	Kuat tarik belah beton	(MPa)
Fe	=	Besi	
Fe ₂ O ₃	=	Besi (III) Oksida	
fly	=	<i>Fly Ash</i>	
FM	=	Fineness Modulus	
<i>f_v</i>	=	Kuat geser beton	(MPa)
HP	=	Hilang Pijar	
K ₂ O	=	<i>Kalium Dioksida</i>	
L	=	Panjang/tinggi benda uji	(mm)
<i>l</i>	=	Jarak antara <i>transmitter</i> dengan <i>receiver</i>	(mm)

Lusi	=	Lumpur Sidoarjo	
Mg	=	Magnesium	
MgO	=	<i>Magnesium Oksida</i>	
MnO ₂	=	<i>Mangan (IV) Oksida</i>	
Na	=	Sodium	
Na ₂ O	=	<i>Sodium Oksida</i>	
NaOH	=	<i>Sodium Hidroksida</i>	
NA70L30	=	<i>Natural Aggregate 70% Lusi 30%</i>	
NA85L15	=	<i>Natural Aggregate 85% Lusi 15%</i>	
NA100L0	=	<i>Natural Aggregate 100% Lusi 0%</i>	
OD	=	<i>Oven Dry</i>	
P	=	Beban maksimum	(N)
p	=	Pasta	
P ₂ O ₅	=	Phosphorus Trioxide	
Pb	=	Timbal	
PBI	=	Peraturan Beton Indonesia	
PCC	=	<i>Portland Composite Cement</i>	
PUNDIT	=	<i>Portable Unit Non Destructive Indicator Tester</i>	
S	=	Sulfur	
SG	=	<i>Specific Gravity</i>	
Si	=	Silika	
SiO ₂	=	Silikat Dioksida	
SNI	=	Standar Nasional Indonesia	
SO ₃	=	<i>Sulfat Trioksida</i>	
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>	
T	=	Waktu tempuh gelombang longitudinal ultrasonik	(detik)
TiO ₂	=	Titanium Dioxide	
UPV	=	<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	
UTM	=	<i>Universal Testing Machine</i>	
V	=	Volume	(mm ²)
v	=	Kecepatan gelombang longitudinal (<i>Pulse Velocity</i>)	(m/s)
v	=	Void	

W	=	Massa	
x	=	Umur benda uji	(Hari)
Y	=	Kuat tekan beton regresi	(MPa)
Zn	=	Seng	
α	=	Parameter alfa (DMDA)	
β	=	Parameter beta (DMDA)	
γ	=	Massa jenis	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-6
Gambar 2.1 Proses Pembuatan Agregat Buatan Lumpur Sidoarjo.....	2-7
Gambar 2.2 Konsep DMDA dalam Meminimalisir Rongga-Rongga dalam Campuran Beton.....	2-11
Gambar 2.3 Ilustrasi Pengujian Kuat Geser	2-18
Gambar 2.4 Metode Pengujian UPV	2-18
Gambar 3.1 Agregat Kasar Alami (Kerikil) Lolos Saringan No. 1/2	3-1
Gambar 3.2 Agregat Halus Lumpur Sidoarjo Lolos Saringan No. 4.....	3-2
Gambar 3.3 Agregat Halus (Pasir Alami) Lolos Saringan No. 4	3-2
Gambar 3.4 <i>Fly ash</i> Tipe F Lolos Saringan No. 200.....	3-3
Gambar 3.5 Semen Portland Komposit.....	3-3
Gambar 3.6 Alat Penggetar	3-5
Gambar 3.7 Kerucut Abram dan Batang Penumbuknya.....	3-10
Gambar 3.8 Bahan dan Peralatan Uji <i>Specific Gravity</i>	3-10
Gambar 3.9 Piknometer yang Telah Terisi <i>Fly ash</i> 1/3 Bagian	3-13
Gambar 3.10 Piknometer yang Telah diisi Air Sampai Penuh.....	3-14
Gambar 3.11 Peralatan Pengujian Alfa Test	3-16
Gambar 3.12 Pencampuran Material	3-17
Gambar 3.13 Metode <i>Quartering</i>	3-17
Gambar 3.14 Penumbukan Material	3-17
Gambar 3.15 Meratakan Bagian Atas Kontainer.....	3-18
Gambar 3.16 Metode <i>Quartering</i>	3-19
Gambar 3.17 Penumbukan Material	3-19
Gambar 3.18 Meratakan Bagian Atas Kontainer.....	3-20
Gambar 3.19 Bahan-bahan Pengecoran	3-21
Gambar 3.20 Uji Slump	3-22
Gambar 3.21 Hasil Penurunan <i>Slump Test</i>	3-22
Gambar 3.22 Metode Perawatan Beton dengan <i>Sealed Curing</i>	3-23
Gambar 3.23 Alat Bantu Uji Kuat Tarik Belah	3-25
Gambar 3.24 Benda Uji Menggunakan Alat Bantu pada Mesin	3-25

Gambar 3.25 Alat Bantu Uji Kuat Geser	3-27
Gambar 3.26 Pengujian Kuat Geser.....	3-27
Gambar 3.27 Pengujian dengan Metode <i>Direct</i>	3-29
Gambar 3.28 Kalibrasi Alat Uji.....	3-29
Gambar 3.29 <i>Transducer</i> yang Telah diberikan Gel	3-29
Gambar 4.1 Kuat Tekan Terhadap Variasi.....	4-4
Gambar 4.2 Grafik Hubungan X/Y dengan Umur Uji (NA100L0).....	4-5
Gambar 4.3 Grafik Hubungan X/Y dengan Umur Uji (NA85L15).....	4-6
Gambar 4.4 Grafik Hubungan X/Y dengan Umur Uji (NA70L30).....	4-7
Gambar 4.5 Kuat Tekan Regresi dan Umur Uji Berdasarkan Variasi.....	4-9
Gambar 4.6 Kuat Tekan Karakteristik Terhadap Variasi.....	4-12
Gambar 4.7 Kuat Tarik Belah Terhadap Variasi	4-15
Gambar 4.8 Kuat Geser Terhadap Variasi	4-18
Gambar 4.9 <i>Pulse Velocity</i> Terhadap Variasi.....	4-20
Gambar L2.0.1 Benda Uji Kuat Tekan NA100L0.....	2
Gambar L2.0.2 Benda Uji Kuat Tekan NA85L15.....	2
Gambar L2.0.3 Benda Uji Kuat Tekan NA70L30.....	3
Gambar L2.0.4 Benda Uji Kuat Tarik Belah NA100L0	3
Gambar L2.0.5 Benda Uji Kuat Tarik Belah NA85L15	4
Gambar L2.0.6 Benda Uji Kuat Tarik Belah NA70L30	4
Gambar L2.0.7 Benda Uji Kuat Geser NA100L0	5
Gambar L2.0.8 Benda Uji Kuat Geser NA85L15	5
Gambar L2.0.9 Benda Uji Kuat Geser NA70L30	6
Gambar L2.0.10 Benda Uji UPV.....	6
Gambar L3.0.1 Kurva Gradasi Agregat Kasar	2
Gambar L3.0.2 Kurva Gradasi Agregat Halus	3

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Analisis Kimia Lumpur Sidoarjo sebagai Bahan Baku Bangunan	2-5
Tabel 2.2 Rancangan Uji Coba Suhu Bakar Agregat Buatan.....	2-6
Tabel 2.3 Hasil Pengujian Kandungan Kimia <i>Fly ash</i> oleh PT Pioneer Bandung	2-9
Tabel 2.4 Estimasi Kuat Tekan berdasarkan Diameter Benda Uji	2-16
Tabel 2.5 Kualitas Beton berdasarkan Kecepatan Gelombang Longitudinal	2-20
Tabel 3.1 Detail Benda Uji.....	3-4
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar (Kerikil).....	3-6
Tabel 3.3 <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	3-6
Tabel 3.4 Absorpsi Agregat Kasar.....	3-7
Tabel 3.5 Gradasi Agregat Halus 0%	3-7
Tabel 3.6 Gradasi Agregat Halus 15% (Pertama)	3-8
Tabel 3.7 Gradasi Agregat Halus 15% (Kedua)	3-8
Tabel 3.8 Gradasi Agregat Halus 30% (Pertama)	3-9
Tabel 3.9 Gradasi Agregat Halus 30% (Kedua)	3-9
Tabel 3.10 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus 0%	3-11
Tabel 3.11 Absorpsi Agregat Halus 0%	3-11
Tabel 3.12 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus 15%	3-12
Tabel 3.13 Absorpsi Agregat Halus 15%	3-12
Tabel 3.14 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus 30%	3-12
Tabel 3.15 Absorpsi Agregat Halus 30%	3-13
Tabel 3.16 <i>Specific Gravity Fly Ash</i>	3-14
Tabel 3.17 <i>Specific Gravity</i> Semen.....	3-15
Tabel 3.18 Kapasitas Ukuran Kontainer	3-16
Tabel 3.19 Hasil Perhitungan Komposisi Bahan Uji	3-20
Tabel 3.20 Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton NA100L0	3-24
Tabel 3.21 Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton NA85L15	3-24
Tabel 3.22 Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton NA70L30	3-24
Tabel 3.23 Data Hasil Uji Kuat Tarik Belah NA100L0	3-26

Tabel 3.24 Data Hasil Uji Kuat Tarik Belah NA85L15	3-26
Tabel 3.25 Data Hasil Uji Kuat Tarik Belah NA70L30	3-26
Tabel 3.26 Data Hasil Uji Kuat Geser NA100L0.....	3-27
Tabel 3.27 Data Hasil Uji Kuat Geser NA85L15	3-28
Tabel 3.28 Data Hasil Uji Kuat Geser NA70L30.....	3-28
Tabel 3.29 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA100L0 (7 Hari)	3-30
Tabel 3.30 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA100L0 (14 Hari)	3-30
Tabel 3.31 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA100L0 (28 Hari)	3-31
Tabel 3.32 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA85L15 (7 Hari)	3-32
Tabel 3.33 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA85L15 (14 Hari)	3-32
Tabel 3.34 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA85L15 (28 Hari)	3-33
Tabel 3.35 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA70L30 (7 Hari)	3-34
Tabel 3.36 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA70L30 (14 Hari)	3-34
Tabel 3.37 Data Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> NA70L30 (28 Hari)	3-35
Tabel 4.1 Berat Isi Beton NA100L0	4-1
Tabel 4.2 Berat Isi Beton NA85L15	4-1
Tabel 4.3 Berat Isi Beton NA70L30	4-2
Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Tekan NA100L0	4-3
Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan NA85L15	4-3
Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tekan NA70L30	4-3
Tabel 4.7 Nilai Faktor X/Y (NA100L0)	4-5
Tabel 4.8 Nilai Faktor X/Y (NA85L15)	4-6
Tabel 4.9 Nilai Faktor X/Y (NA70L30)	4-7
Tabel 4.10 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur NA100L0	4-8
Tabel 4.11 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur NA85L15	4-9
Tabel 4.12 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur NA70L30	4-9
Tabel 4.13 Estimasi Kuat Tekan 28 Hari dan Kuat Tekan Karakteristik NA100L0	4-11
Tabel 4.14 Estimasi Kuat Tekan 28 Hari dan Kuat Tekan Karakteristik NA85L15	4-11
Tabel 4.15 Estimasi Kuat Tekan 28 Hari dan Kuat Tekan Karakteristik NA70L30	4-12

Tabel 4.16 Hasil Uji Kuat Tarik Belah dan Koefisien Kuat Tarik Belah NA100L0	4-13
Tabel 4.17 Hasil Uji Kuat Tarik Belah dan Koefisien Kuat Tarik Belah NA85L15	4-14
Tabel 4.18 Hasil Uji Kuat Tarik Belah dan Koefisien Kuat Tarik Belah NA70L30	4-14
Tabel 4.19 Hasil Uji Kuat Geser dan Koefisien Kuat Geser NA100L0	4-16
Tabel 4.20 Hasil Uji Kuat Geser dan Koefisien Kuat Geser NA85L15	4-16
Tabel 4.21 Hasil Uji Kuat Geser dan Koefisien Kuat Geser NA70L30	4-17
Tabel 4.22 Hasil Uji UPV NA100L0.....	4-19
Tabel 4.23 Hasil Uji UPV NA85L15.....	4-19
Tabel 4.24 Hasil Uji UPV NA70L30.....	4-19

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perencanaan Campuran Beton.....	L1-1
LAMPIRAN 2 Foto-foto Hasil Pengujian.....	L2-1
LAMPIRAN 3 Kurva Gradasi Analisa Saringan	L3-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan material komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007). Beton merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Infrastruktur dalam hal ini mencakup gedung, pembangunan rumah, jalan raya, jembatan, bandara, pelabuhan, bangunan gudang, dan banyak hal lain. Keuntungan dalam penggunaan beton yaitu mudah dicetak menjadi beragam bentuk penampang, tahan terhadap temperatur tinggi, memiliki kuat tekan tinggi, dan harga relatif murah. Penggunaan beton dalam dunia konstruksi banyak menggunakan bahan-bahan yang mengeksploitasi sumber daya alam sehingga akan muncul dampak negatif yang dapat mencemari lingkungan.

Pemanfaatan bahan-bahan alternatif pengganti bahan bangunan yang bersumber dari alam sangat diperlukan, salah satu contohnya adalah pemanfaatan limbah. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga) yang dianggap tidak bernilai dan dapat merusak lingkungan. Dikarenakan besarnya tuntutan untuk mengontrol polusi dan limbah yang dihasilkan dari berbagai industri, maka dari itu solusi pemanfaatan limbah merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan menggunakan bahan limbah sebagai bahan bangunan alternatif.

Bencana Lumpur Lapindo yang terjadi pada tahun 2006 di Porong Sidoarjo merupakan salah satu bencana alam yang diakibatkan karena kesalahan teknis dengan kerugian besar. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menyatakan semburan lumpur Lapindo merupakan fenomena alam yang disebut *mud volcano*. Kegiatan pengeboran minyak yang dilakukan oleh PT Lapindo Berantas menyebabkan tidak stabilnya kondisi tanah di bawah lokasi awal. Banyak

cara yang sudah dilakukan oleh PT Lapindo Berantas salah satunya adalah menampung lumpur namun cara tersebut kurang efektif karena adanya tekanan, sehingga menyebabkan munculnya semburan lumpur panas dari dalam bumi yang meluap ke daratan. Akibat yang disebabkan oleh bencana lumpur lapindo dapat dikatakan krusial karena hingga saat ini masih menggenangi wilayah sekitar pengeboran dan daerah pemukiman. Dapat disimpulkan bahwa lumpur lapindo merupakan material yang tidak dapat digunakan lebih lanjut atau dapat disebut sebagai limbah.

Salah satu cara untuk mengurangi limbah, lumpur Sidoarjo dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Sehingga lumpur Sidoarjo dapat dimaksimalkan sebagai bahan tambahan untuk campuran beton. Penggunaan beton dengan menggunakan penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah yang dihasilkan. Pemerintah melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (PUSKIM) telah meneliti lumpur Sidoarjo, salah satu hasil penelitian yang telah dibuat adalah agregat ringan buatan. Pembuatan agregat ringan buatan dilakukan melalui proses pembakaran (900°C - 1100°C). Agregat ringan buatan yang telah diteliti oleh PUSKIM akan digunakan sebagai pengganti agregat alami. Pada penelitian ini akan digunakan metode baru yaitu metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA) agar mendapatkan proporsi dengan kekuatan yang terbaik.

Metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA) adalah metode yang dikembangkan berdasarkan hipotesis bahwa sifat-sifat mekanis yang optimum akan dihasilkan ketika berat isi beton tinggi (Hwang, 2005). Berat isi agregat pada metode DMDA diperiksa dengan melakukan dua pengujian yaitu α test (agregat halus + *fly ash*) dan β test (agregat halus + agregat kasar + *fly ash*). Setelah mendapatkan persentase optimum dari α dan β , kemudian parameter-parameter tersebut digunakan untuk merencanakan beton dengan berat isi yang tinggi. *Fly ash* yang digunakan pada metode ini berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton sehingga beton dapat menjadi lebih padat. *Fly ash* itu sendiri berasal dari hasil sisa-sisa pembakaran batu bara, *fly ash* memiliki kandungan tinggi akan silikon (Si) dan aluminium (Al). Namun penambahan air pada *fly ash* tidak

akan membuatnya menjadi bahan pengikat maka dari itu diperlukan bahan pengikat berupa 100% semen PCC (*Portland Composite Cement*).

Dalam studi eksperimental ini, akan dipelajari pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo dengan menggunakan metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA). Pada penelitian ini akan diuji terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, kuat geser, dan homogenitas beton yang direncanakan dengan variasi penggantian agregat halus (0%, 15%, dan 30%).

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari studi eksperimental ini adalah untuk mengetahui properti mekanis beton pada penggunaan agregat ringan buatan dari lumpur Sidoarjo terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, dan homogenitas beton dari properti mekanis beton yang direncanakan dengan *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA). Semua pengujian dilakukan dengan variasi penggantian sebagian agregat halus buatan berbahan dasar lumpur Sidoarjo.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini antara lain:

1. Mengetahui perubahan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, dan nilai homogenitas beton terhadap variasi penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo.
2. Mengetahui perkembangan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, dan homogenitas beton terhadap umur.
3. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo terhadap kekuatan beton yang direncanakan dengan *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA).

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan campuran menggunakan metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA).
2. Komposisi penggantian sebagian agregat halus dengan lumpur Sidoarjo ditentukan dengan berat isi terbesar.
3. Rasio persentase penggantian agregat halus yaitu 0 %, 15 %, dan 30 %.
4. *Water-to-binder ratio* (*w/b*) adalah 0.4.
5. Perawatan dilakukan dengan metode *sealed curing*.
6. Kuat tekan diuji pada benda uji silinder $d = 100$ mm dan $t = 200$ mm pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari 3 minimum buah benda uji.
7. Kuat tarik belah diuji pada benda uji silinder $d = 100$ mm dan $t = 200$ mm pada umur 28 hari.
8. Kuat geser diuji pada benda uji balok berukuran 100 mm \times 100 mm \times 300 mm pada umur 28 hari.
9. Uji *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada umur 7, 14, dan 28 hari pada benda uji balok berukuran 100 mm \times 100 mm \times 300 mm.
10. *Fly ash* yang digunakan memiliki kahalusan butir lolos saringan No. 200 (0.074 mm).
11. Agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo dengan ukuran butir < 4.75 mm sebagai pengganti sebagian agregat halus.
12. Agregat kasar menggunakan batu pecah dengan diameter maksimum 19 mm.

1.5 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua metode untuk mendukung penulisan skripsi, yaitu:

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah teknik pengumpulan sumber data, informasi, maupun teori untuk menunjang studi eksperimental. Studi literatur dilakukan untuk menambah ilmu serta mendapatkan pemahaman konsep pada penggantian

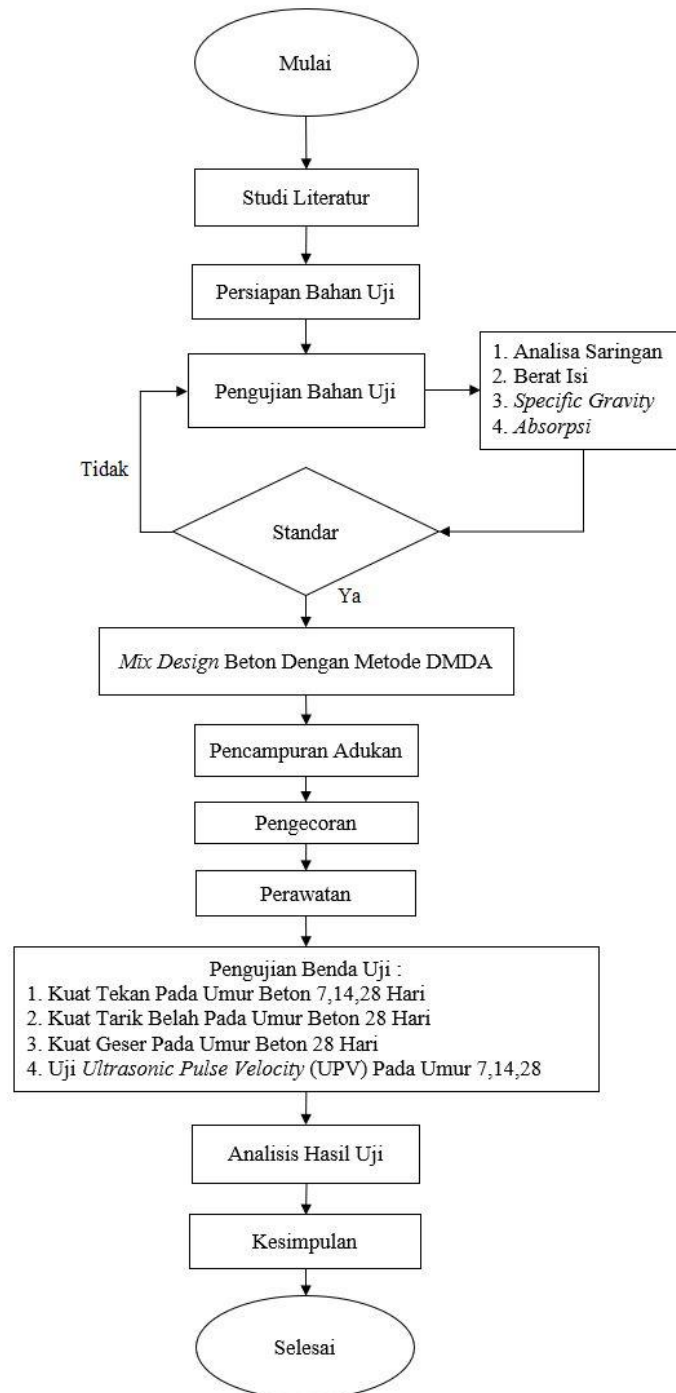
sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo dengan menggunakan metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA).

2. Uji Eksperimental

Pembuatan beton dengan bahan dasar agregat halus (penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo), pasir alami, air, abu terbang (*fly ash*), dan semen portland komposit dengan menggunakan metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA). Uji eksperimental dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM), untuk kuat geser beton akan diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dan Uji *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).

1.6 Diagram Alir

Studi eksperimental ini akan dilaksanakan berdasarkan diagram alir yang telah ditentukan pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, diagram alir, dan sistematikan penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas mengenai landasan teori yang merupakan dasar-dasar teori yang digunakan pada skripsi ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian.

BAB 4 ANALISIS DATA

Bab ini akan membahas mengenai analisis dari hasil pengujian dan hasil perbandingan terhadap hasil pengujian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan diberikan kesimpulan yang ditarik dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan. Selain itu, akan ada saran terkait permasalahan yang dibahas yang didasarkan pada hasil pengujian.

