

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT
KASAR DENGAN AGREGAT KULON PROGO UNTUK *HIGH*
*PERFORMANCE CONCRETE***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Widya Pangestika Ayuningtyas Prabowo Putri
20180110002

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Pangestika Ayuningtyas Prabowo Putri
NIM : 20180110002
Judul : Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar
Dengan Agregat Kulon Progo Untuk *High Performance
Concrete*.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 26 Januari 2023

Yang membuat pernyataan



Widya Pangestika

Ayuningtyas Prabowo Putri

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Pangestika Ayuningtyas Prabowo Putri
NIM : 20180110002
Judul : Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Dengan
Agregat Kulon Progo Untuk *High Performance Concrete*.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Utilization of Recycled Concrete Waste as a Substitute for Kulon Progo Coarse Aggregate in High Performance Concrete* dan didanai melalui skema hibah kolaboratif luar negeri oleh Lembaga Riset dan Inovasi (LRI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022 dengan nomor hibah SK : 20/RIS-LRI/II/2022.

Yogyakarta, 26 Januari 2023

Penulis,



Widya Pangestika APP

Dosen Peneliti,



Ir. Fadillawaty S, M.T.

Dosen Anggota Peneliti 1,



Hakas Prayuda, S.T., M.Eng

Dosen Anggota Peneliti 2



Ir. Fanny Menika, S.T., M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur panjatkan kepada **Allah SWT** atas segala nikmat sehat rohani dan jasmani serta kemudahan dan kelancaran dalam saya menjalankan kegiatan perkuliahan dan sampai pada titik bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas Akhir yang saya buat ini, saya persembahkan untuk:

Kedua Orang Tua dan Kakak Perempuan

Terima kasih untuk segala do'a, dukungan dan nasihat baik secara materil maupun moril sehingga membuat saya semangat dan bisa menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir dengan baik.

Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng dan Hakas Prayuda, S.T., M.Eng

Selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir saya, saya ucapkan terima kasih untuk ilmu dan bimbingan dari ibu dan bapak sehingga tugas akhir ini bisa saya selesaikan dengan baik.

Tim Tugas Akhir (Imam dan Raja)

Terima kasih telah membantu saya dalam melakukan pengujian di laboratorium untuk tugas akhir ini.

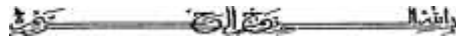
Teman seperjuangan (Gani, Hilmy, Sisca, Adi, Ludfi, Aziz)

Terima kasih telah membantu saya memberikan dukungan semangat dan tenaga untuk keperluan penelitian, serta menemani saya ketika saya lagi sedih dan senang selama masa perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini.

Teman kelas A dan C Teknik Sipil 2018

Terima kasih sudah menemani, mendukung, membantu dan mau direpotkan selama masa perkuliahan ini. Semoga kita semua sukses dalam hal apapun.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh limbah beton terhadap kuat tekan, tarik belah, kuat lentur beton.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Gunawan Budiyo, M.P., IPM. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Aris Widy Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng. dan Hakas Prayuda, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
7. Ir. Edi Prabowo dan Dra. Wiwiek Mardhiyani, M.M., selaku Orang Tua yang telah memberikan do'a dan dukungan sehingga tugas akhir ini selesai.
8. Kartika Mahardhika Dyah Puspitasari S.T., M.T., yang selalu menghibur, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis.

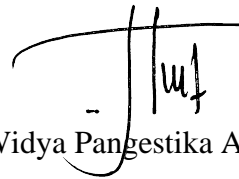
9. Gani Ali Raska yang selalu memberikan kepada penulis agar tidak pantang menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 26 Januari 2023



Widya Pangestika A.P.P

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.1.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Saat Ini	26
2.1. Dasar Teori.....	31
2.2.1 Beton	31
2.2.2 Beton Ringan.....	31
2.2.3 Beton Normal	32
2.2.4 Beton Mutu Tinggi Atau <i>High Performance Concrete</i> (HPC)	32
2.2.5 Agregat Daur Ulang Dari Limbah Beton	32
2.2.6 Bahan Penyusun Beton.....	33
2.2.7 Pemeriksaan Agregat.....	36
2.2.7 Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	40
2.2.8 Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	41
2.2.9 <i>Fresh Properties</i>	41
2.2.10 Standar Deviasi.....	42
2.2.11 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	42
2.2.12 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	43

2.2.13	Pengujian Kuat Tarik Belah	44
2.2.14	Pengujian Kuat Lentur Beton	45
2.2.15	Kehilangan Massa (Mass Loss).....	47
2.2.16	Pengujian Penyerapan Air	47
2.2.17	<i>Surface</i> Beton	48
2.2.18	Pengujian <i>Hammer Test</i>	48
2.2.19	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	49
2.2.20	Pola Keruntuhan Silinder Beton.....	50
2.2.21	Pola Keruntuhan Balok Beton.....	50
BAB III METODE PENELITIAN.....		52
3.1.	Materi Penelitian	52
3.2.	Alat dan Bahan	52
3.2.1.	Alat	52
3.2.2.	Bahan.....	62
3.3.	Tempat dan Waktu Penelitian	65
3.4.	Tahapan Penelitian	65
3.4.1.	Studi Literatur.....	67
3.4.2.	Persiapan Alat dan Bahan.....	67
3.4.3.	Pengujian Material	67
3.4.4.	<i>Mix Design</i> Beton.....	72
3.4.5.	Pembuatan Benda Uji.....	73
3.4.6.	Pengujian <i>Slump</i>	74
3.4.7.	<i>Slump Loss</i> (kehilangan nilai <i>slump</i>).....	75
3.4.8.	Pencetakan Benda Uji	75
3.4.9.	Metode Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	76
3.4.10.	Metode kehilangan massa (<i>Mass Loss</i>).....	76
3.4.11.	Pengujian Penyerapan Air	77
3.4.12.	<i>Surface</i> Beton	77
3.4.13.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	78
3.4.14.	Pengujian Kuat Tarik Belah	78
3.4.15.	Pengujian Kuat Lentur Beton	79
3.4.16.	Pengujian <i>Hammer Test</i>	79
3.4.17.	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	80
3.5.	Analisis Data	80
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		81

4.1	Pengujian Material	81
4.1.1	Pengujian pada Agregat Halus	81
4.1.2	Pengujian pada Agregat Kasar	83
4.1.3	Pengujian <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	87
4.1.4	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	88
4.2	<i>Mix Design</i>	89
4.3	Uji <i>Slump</i> Beton	92
4.3.1	<i>Slump Test</i>	92
4.3.2	<i>Slump Loss</i>	93
4.4	<i>Mass Loss</i>	94
4.5	Pengujian Penyerapan Air	95
4.6	Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.....	97
4.7	Pengujian Kuat Tarik Belah Benda Uji.....	99
4.8	Pengujian Kuat Lentur Benda Uji	101
4.9	Pengujian Hammer Test	101
4.10	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	103
4.11	Pola Keruntuhan	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		106
5.1	Kesimpulan.....	106
5.2	Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....		108
LAMPIRAN		111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil uji kuat tekan beton rata – rata gabungan antara beton normal dan limbah pecahan beton terhadap umur beton (Febriani, 2013).....	7
Gambar 2. 2 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 0% (Mulyati dan Arman, 2014)..	8
Gambar 2. 3 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 50% (Mulyati dan Arman, 2014)	9
Gambar 2. 4 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 60% (Mulyati dan Arman, 2014)	9
Gambar 2. 5 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 70% (Mulyati dan Arman, 2014)	9
Gambar 2. 6 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 80% (Mulyati dan Arman, 2014)	9
Gambar 2. 7 Hasil uji kuat tekan berbagai variasi kandungan agregat daur ulang (Hamid et al, 2014)	10
Gambar 2. 8 Kecenderungan penurunan kuat tekan akibat pergantian agregat alam oleh agregat daur ulang (Hamid et al, 2014).....	11
Gambar 2. 9 Hasil uji modulus elastisitas berbagai variasi kandungan agregat daur ulang (Hamid et al, 2014).....	11
Gambar 2. 10 Kecenderungan penurunan modulus elastisitas berbagai variasi kandungan agregat daur ulang (Hamid et al, 2014)	11
Gambar 2. 11 Hubungan % limbah beton terhadap nilai modulus elastisitas (Soelarso dan Baehaki, 2016)	13
Gambar 2. 12 Rata – rata penurunan kuat tekan (Soelarso dan Baehaki, 2016)....	14
Gambar 2. 13 Hasil pengujian modulus elastisitas (Soelarso dan Baehaki, 2016)	14
Gambar 2. 14 Hasil perhitungan perbandingan nilai modulus elastisitas (Soelarso dan Baehaki, 2016).....	15
Gambar 2.15 Hasil uji kadar limbah beton menggunakan metode <i>bar-chart</i> (Rahman dan Harnaeni, 2016)	16
Gambar 2. 16 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 0% (Hariyanto, 2019)	18
Gambar 2. 17 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 40% (Hariyanto, 2019)	18
Gambar 2. 18 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 60% (Hariyanto, 2019)	18
Gambar 2. 19 Hasil uji kuat tekan proporsi beton 100%(Hariyanto, 2019)	18
Gambar 2. 20 Hasil campuran limbah pecahan beton FAS 0,3 (Munthe, 2019) ...	20
Gambar 2. 21 Hasil campuran limbah pecahan beton FAS 0,5 (Munthe, 2019) ...	20
Gambar 2. 22 Hasil uji kuat tarik belah beton FAS 0,3 (Munthe, 2019)	Gambar 2.
Gambar 2. 23 Hasil uji kuat tarik belah beton FAS 0,5 (Munthe, 2019).....	20

Gambar 2. 24 kurva hubungan FAS dan kuat Tarik belah beton (Munthe, 2019).	21
Gambar 2. 25 Hasil uji kadar aspal optimum (Imannurahman et al., 2020)	22
Gambar 2. 26 Hasil <i>analysis of variance</i> satu arah (Imannurahman et al., 2020) .	23
Gambar 2. 27 Kurva gradasi gabungan agregat (Prasetyo et al., 2021).....	24
Gambar 2. 28 Hasil kuat tekan beton (Prastiyo, 2022)	25
Gambar 2. 29 Hasil perbandingan kuat tekan beton (Setia dan Kusdian, 2022) ...	26
Gambar 2. 30 Pengujian kuat tekan beton	44
Gambar 2. 31 Pengujian kuat tarik belah beton	44
Gambar 2. 32 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat (BSN, 2014)	46
Gambar 2. 33 Skema pembebanan balok.....	46
Gambar 2. 34 Diagram gaya dalam balok dengan beban terpusat.....	47
Gambar 2. 35 Pengujian Hammer Test (Tarranza, 2014)	49
Gambar 2. 36 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) (Widodo et al., 2022)	49
Gambar 2. 37 Keruntuhan beton tanpa tulangan (Sangga, 2010)	51
Gambar 3. 1 Timbangan digital	52
Gambar 3. 2 Ayakan agregat halus	53
Gambar 3. 3 Ayakan agregat kasar	53
Gambar 3. 4 <i>Mini concrete mixer</i>	54
Gambar 3. 5 Kerucut <i>abrams</i>	54
Gambar 3. 6 Batang penusuk	55
Gambar 3. 7 Alas baja.....	55
Gambar 3. 8 Meteran.....	56
Gambar 3. 9 Cetakan beton balok.....	56
Gambar 3. 10 Cetakan beton silinder.....	57
Gambar 3. 11 Nampan	57
Gambar 3. 12 Kawat bendrat	57
Gambar 3. 13 Sendok semen dan pasir	58
Gambar 3. 14 <i>Universal machine test</i>	58
Gambar 3. 15 Mesin <i>los angeles</i>	59
Gambar 3. 16 Oven	59

Gambar 3. 17 Mesin <i>sieve shaker</i>	60
Gambar 3. 18 Bak perendam.....	60
Gambar 3. 19 <i>Neraca ohaus</i>	60
Gambar 3. 20 <i>Bosch hammer</i>	61
Gambar 3. 21 <i>X-ray diffraction</i>	61
Gambar 3. 22 <i>Scanning electron microscope</i>	62
Gambar 3. 23 Agregat halus	62
Gambar 3. 24 Agregat kasar	62
Gambar 3. 25 Limbah beton	63
Gambar 3. 26 Semen	63
Gambar 3. 27 Air.....	64
Gambar 3. 28 <i>Superplasticizer</i>	64
Gambar 3. 29 Silica fume.....	65
Gambar 3. 30 Bagan alir tahapan penelitian	65
Gambar 3. 31 Dimensi benda uji silinder.....	74
Gambar 3. 32 Dimensi benda uji balok.....	74
Gambar 3. 33 Uji <i>slump</i>	74
Gambar 3. 34 Pencetakan benda uji	75
Gambar 3. 35 Proses perawatan benda uji (<i>curing</i>)	76
Gambar 3. 36 Proses <i>mass loss</i>	76
Gambar 3. 37 Uji penyerapan air	77
Gambar 3. 38 <i>Surface</i> beton.....	77
Gambar 3. 39 Uji kuat tekan beton	78
Gambar 3. 40 Uji kuat tarik belah.....	78
Gambar 3. 41 Uji kuat lentur beton.....	79
Gambar 3. 42 Uji <i>hammer test</i>	79
Gambar 3. 43 Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	80
Gambar 4. 1 Grafik persen lolos kumulatif.....	81
Gambar 4. 3 Hasil zona gradasi nomor 3	82
Gambar 4. 4 Hasil persen lolos kumulatif.....	84
Gambar 4. 5 Hasil persen lolos kumulatif.....	84
Gambar 4. 6 Hasil pengujian <i>x-ray diffraction</i> pada semen	87

Gambar 4. 7 Grafik hasil pengujian <i>x-ray diffraction</i> pada silica fume.....	88
Gambar 4. 8 Hasil pengujian <i>Scanning Electron Miccroscope</i> pada semen	89
Gambar 4. 9 Grafik hasil pengujian <i>Scanning Electron Miccroscope</i> pada silica fume.....	89
Gambar 4. 10 Hasil pengujian kehilangan berat pada beton silinder 0%, 25%, dan 50%	94
Gambar 4. 11 Hasil pengujian kehilangan berat pada beton balok kulonprogo dan limbah 0%, 25%, dan 50%	95
Gambar 4. 12 Hasil pengujian penyerapan air silinder	96
Gambar 4. 13 Hasil pengujian penyerapan air balok	96
Gambar 4. 14 Hasil pengujian kuat tekan beton kulonprogo 0% dengan variasi 7 hari, 14 hari, dan 28 hari	97
Gambar 4. 15 Hasil pengujian kuat tekan beton limbah 0% dengan variasi 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.....	98
Gambar 4. 16 Hasil pengujian kuat tekan beton kulonprogo 25% dengan variasi 7 hari, 14 hari, dan 28 hari	98
Gambar 4. 17 Hasil pengujian kuat tekan beton kulonprogo 50% dengan variasi 7 hari, 14 hari, dan 28 hari	98
Gambar 4. 18 Hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 0%, 25%, dan 50% dengan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari	100
Gambar 4. 19 Hasil pengujian kuat lentur balok variasi 0%, 25%, dan 50% dengan umur 28 hari	101
Gambar 4. 20 Hasil pengujian hammer test benda uji silinder	102
Gambar 4. 21 Hasil pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i> pada beton silinder.....	103
Gambar 4. 22 Pola keruntuhan hasil pengujian kuat tekan beton silinder dengan variasi (a) (b) 25%, (c) (d) 0%, (e) (f) 50%	105
Gambar 4. 23 Pola keruntuhan hasil pengujian kuat tarik belah beton silinder dengan variasi (g) (h) 25%, (i) (j) 0%, (e) (f) 50%	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian kuat tekan beton (Soelarso dan Baehaki, 2016).....	12
Tabel 2.1 Hasil pengujian kuat tekan beton (Soelarso dan Baehaki, 2016).....	13
Tabel 2.2 Rata – rata penurunan kuat tekan untuk semua umur pengujian (Soelarso dan Baehaki, 2016)	14
Tabel 2.3 Hasil pengujian modulus elastisitas (Soelarso dan Baehaki, 2016).....	14
Tabel 2.4 Hasil perhitungan perbandingan nilai modulus elastisitas (Soelarso dan Baehaki, 2016)	15
Tabel 2.5 Hasil pengujian <i>marshall</i> campuran <i>HRS-Base</i> menggunakan limbah beton (Rahman dan Harnaeni, 2016)	16
Tabel 2.6 Hasil pengujian kuat tekan (Hariyanto, 2019)	17
Tabel 2.7 Hasil nilai kuat tekan dengan beberapa porsi (Hariyanto, 2019).....	19
Tabel 2.8 Hasil uji <i>marshall</i> optimum (Imannurahman et al., 2020).....	22
Tabel 2.9 Kuat tekan beton normal (Prastiyo, 2022)	24
Tabel 2.10 Kuat tekan beton campuran limbah pecahan beton (Prastiyo, 2022)...	25
Tabel 2.11 Perbedaan penelitian terdahulu dan saat ini	27
Tabel 2.12 Nilai Standar Deviasi (modul pratikum teknologi bahan konstruksi, 2021)	42
Tabel 2.13 Jenis keruntuhan pada beton (BSN, 2011).....	50
Tabel 3.1 <i>Mix design</i> dengan kebutuhan bahan campuran untuk 1m ³	72
Tabel 3.2 <i>Mix design</i> dengan variasi limbah beton silinder.....	72
Tabel 3.5 <i>Mix design</i> dengan variasi limbah beton balok.....	73
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan agregat halus.....	83
Tabel 4.1 Hasil pengujian pada agregat kasar.....	87
Tabel 4.3 Kandungan senyawa pada semen dan silica fume	88
Tabel 4.4 <i>Mix design</i> dengan kebutuhan bahan campuran untuk 1m ³	90
Tabel 4.5 <i>Mix design</i> dengan proporsi kebutuhan bahan untuk dua benda uji silinder.....	90
Tabel 4.6 <i>Mix design</i> dengan proporsi kebutuhan bahan untuk dua benda uji balok	90
Tabel 4.7 Faktor air semen silinder.....	90
Tabel 4.8 Faktor air semen balok.....	90

Tabel 4.9 <i>Mix design</i> dengan variasi limbah beton silinder.....	91
Tabel 4.10 <i>Mix design</i> dengan variasi limbah beton balok.....	92
Tabel 4.11 Hasil uji <i>Slump test</i> benda uji silinder.....	92
Tabel 4.12 Hasil uji <i>Slump test</i> benda uji balok.....	93
Tabel 4.13 Hasil uji <i>Slump loss</i> benda uji silinder	93
Tabel 4.14 Hasil uji <i>Slump loss</i> benda uji balok	94
Tabel 4.15 Hasil pengujian penyerapan air pada beton silinder	95
Tabel 4.16 Hasil pengujian penyerapan air pada beton balok	96
.....	96
Tabel 4.17 Hasil pengujian hammer test pada beton silinder	102
Tabel 4.18 Hasil pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) pada beton silinder	103
.....	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Gradasi Agregat Halus.....	111
Lampiran 2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	113
Lampiran 3. Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	115
Lampiran 4. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	116
Lampiran 5. Pengujian Berat Isi Agregat Halus	117
Lampiran 6. Pengujian Gradasi Agregat Kasar Kulonprogo	118
Lampiran 7. Pengujian Gradasi Agregat Kasar Limbah Beton.....	120
Lampiran 8. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat kasar	122
Lampiran 9. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Limbah Beton.....	124
Lampiran 10. Pengujian Kadar Air Agregat kasar.....	126
Lampiran 11. Pengujian Kadar Air Limbah Beton	127
Lampiran 12. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	128
Lampiran 13. Pengujian Kadar Lumpur Limbah Beton.....	129
Lampiran 14. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	130
Lampiran 15. Pengujian Berat Isi Limbah Beton	131
Lampiran 16. Pengujian Keausan Agregat Kasar	132
Lampiran 17. Pengujian Keausan Limbah Beton	133
Lampiran 18. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> pada Semen	134
Lampiran 19. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> pada Silica fume	137
Lampiran 20. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> pada Semen.....	140
Lampiran 21. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> pada Silica fume	142
Lampiran 18. Perhitungan <i>Mix Design</i> Limbah Beton (ACI 211.1-91)	144
Lampiran 19. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	156
Lampiran 20. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	180

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

$f'c$	[MPa]	Kuat tekan
fcr	[MPa]	Kuat tekan rata-rata
fct	[MPa]	Kuat tarik belah
flt	[MPa]	Kuat lentur
A	[mm ²]	Luas area
P	[N]	Beban maksimum
V	[m]	Volume
W	[gram]	Berat
D	[mm]	Diameter
t	[mm]	Tinggi
Bk	[gram]	Berat benda uji kering oven
Bt	[gram]	Berat piknometer berisi air dan benda uji
Pa	[%]	Kadar penyerapan air
L	[mm]	Panjang
B	[gram]	Berat piknometer berisi air
B1	[gram]	Berat wadah kosong
B2	[gram]	Berat wadah dan agregat
a	[gram]	Berat tertahan pada saringan
at	[gram]	Berat tertahan total
b	[mm]	lebar
b0	[%]	Presentase berat tertahan sebelumnya
c	[%]	Presentase berat tertahan komulatif
c0	[%]	Presentase berat tertahan komulatif sebelumnya
d	[%]	Presentase berat lolos komulatif
S	[-]	Standar deviasi
T	[detik]	Waktu

DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Society For Testing and Material</i>
LB	: Limbah Beton
KP	: Kulonprogo
SNI	: Standar Nasional Indonesia
FAS	: Faktor Air Semen
MPa	: Megapascal
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
UTM	: <i>Universal Machine Test</i>
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
MHB	: Modulus Halus Butir
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
XRD	: <i>X-ray Diffraction</i>
UPV	: <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>
HPC	: <i>High Performance Concrete</i>
UHPC	: <i>Ultra High Performance Concrete</i>
SP	: <i>Superplasticizer</i>

DAFTAR ISTILAH

1. **Optimum**
Suatu kondisi yang paling baik diantara beberapa komposisi campuran.
2. *Mix Design*
Cara untuk menghitung komposisi beton agar proporsi material sesuai dengan target yang direncanakan.
3. **FAS**
Faktor air semen atau rasio air semen.
4. *Curing*
Perawatan mortar yang dilakukan dengan beberapa teknik agar mortar terawat dan tidak mudah hancur atau retak.
5. *Slump*
Suatu kegiatan untuk melihat kekentalan adukan beton.
6. *Workability*
Kemampuan kerja dalam pengadukan mortar.
7. *Physical Properties*
Suatu kegiatan untuk melihat perubahan sifat fisik dari benda uji beton.
8. *Fresh Properties*
Keadaan beton segar
9. *Hardened Properties*
Suatu kondisi beton dalam keadaan siap uji sesuai umur yang direncanakan.
10. *Non-destructive Test*
Suatu kegiatan yang tidak merusak benda uji pada saat pengujian.
11. *Durability*
Daya tahan/ketahanan mortar terhadap daya tekan
12. *Mass loss*
Suatu kondisi benda uji mengalami kehilangan berat.