



**ANALISIS EKONOMI DAN KUAT TEKAN BETON, BIAYA
SERTA WAKTU PEMANFAATAN LIMBAH PADAT *CARBON*
SULFUR DAN *DIRTY SULFUR***

TESIS

VIAN MARANTHA HARYANTO

NIM. 55720110046

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**



**ANALISIS EKONOMI DAN KUAT TEKAN BETON, BIAYA
SERTA WAKTU PEMANFAATAN LIMBAH PADAT *CARBON*
SULFUR DAN *DIRTY SULFUR***

TESIS

Diajukan sebagai Salah satu Syarat untuk Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Magister Teknik Sipil

VIAN MARANTHA HARYANTO

NIM. 55720110046

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2023

ABSTRACT

Nickel is one of the minerals that is in great demand by many parties, especially now that nickel has become an important ingredient in the promotion of green energy because it is a component in the production of electric vehicles. According to the International Energy Agency (IEA), demand for nickel in 2020 is 2,340.56 metric tons and according to the sustainable development scenario, demand for nickel is projected to reach 6,265.74 metric tons, which can contribute 60% of total clean energy in 2040. However, the impact of this mining is cases of environmental damage such as road damage, water pollution, air pollution, land damage. Based on the Regulation of the Minister of Environment and Forestry Number 6 of 2021 concerning Procedures and Requirements for the Management of Hazardous and Toxic Waste, the status of B3 waste is determined through a characteristic test which includes explosive, flammable, reactive, infectious, corrosive and/or toxic. TCLP test, LD50 Toxicology Test and sub chronic toxicology test are carried out to determine the toxic nature of B3 waste.

The method used in this study is the job mix design of concrete as a further processing of cement/concrete manufacturing. This research is experimental in nature where this study aims to determine the relationship between the compressive strength of concrete with a compression testing machine with a concrete mix design method. The test objects made in this experiment were concrete cylinders with a height of 300 mm and a diameter of 150 mm totaling 150 samples with curing periods of 7,14,28,54 and 90 days.

Carbon sulfur and dirty sulfur are designated as non-hazardous waste based on the results of the TCLP test so that further processing and utilization can be carried out. Carbon sulfur & dirty sulfur from the results of the laboratory test determination showed that the toxicity characteristics leaching procedure (TCLP) and total concentration (TK) values did not exceed the Category B threshold according to PP22 of 2021 so that it was non-B3 waste so that it could be utilized. Results The highest compressive strength of concrete with a curing period of 28 days with a carbon sulfur content of 2% is 168.2 Kg/m² above the normal concrete compressive strength of 157.5 Kg/m², for a curing period of 90 days the highest compressive strength is cs 2%, cs+ds 5%, cs+ds 10% of 179.4 Kg/m², 170.3 Kg/m² and 159.5 Kg/m². With an economic value for each Cs 2% Rp. 32,449.27, Cs 4% Rp. 34,830.24, Cs 6% Rp. 37,411.93, Ds 2% Rp. 33,974.65, Ds 4% Rp. 37,493.06, Ds 6% Rp. 39,110.59, Cs + Ds 5% Rp. 34. 042.50, Cs+Ds 10% IDR 36,941.14 and Cs+Ds 15% IDR 39,495.52.

Keywords: Carbon Sulfur, Dirty Sulfur, Solid Waste

ABSTRAK

Nikel adalah salah satu mineral yang tengah diminati banyak pihak, apalagi kini nikel menjadi bahan penting dalam promosi energi hijau karena sebagai komponen produksi kendaraan listrik. Menurut International Energy Agency (IEA), permintaan nikel pada 2020 sebesar 2.340,56 metrik ton dan menurut skenario sustainable development permintaan nikel diproyeksikan mencapai 6.265,74 metrik ton yang dapat menyumbang 60% dari total energi bersih pada 2040 mendatang. Akan tetapi imbas dari penambangan ini adalah kasus kerusakan lingkungan seperti kerusakan jalan, pencemaran air, polusi udara, kerusakan lahan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, penetapan status limbah B3 dilakukan melalui uji karakteristik yang meliputi mudah meledak, mudah menyala, reaktif, infeksius, korosif dan atau beracun. Uji TCLP, Uji Toksikologi LD50 dan uji toksikologi sub kronis dilakukan untuk menentukan sifat beracun limbah B3.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *job mix design* beton sebagai pengolahan lanjutan *cement/concrete manufacturing*. Penelitian ini bersifat experimental dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan beton dengan alat *compression testing machine* dengan metode *mix design Beton*. Benda uji yang dibuat dalam eksperimen ini berupa silinder beton dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm berjumlah 150 sampel dengan masa peram 7,14,28,54 dan 90 hari.

Carbon sulfur dan dirty sulfur ditetapkan sebagai limbah non-B3 berdasarkan hasil uji TCLP sehingga dapat dilakukan pengolahan dan pemanfaatan lebih lanjut. Carbon sulfur & dirty sulfur dari hasil penetapan uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai toxicity characteristics leaching procedure (TCLP) serta total konsentrasi (TK) tidak ada yang melampaui ambang batas Kategori B menurut PP22 Tahun 2021 sehingga merupakan limbah non-B3 sehingga dapat dimanfaatkan. Hasil Kuat tekan beton tertinggi dengan masa peram 28 hari dengan kadar carbon sulfur 2% sebesar 168,2 Kg/m² diatas kuat tekan beton normal 157,5 Kg/m², untuk masa peram 90 hari kuat tekan tertinggi adalah cs 2%, cs+ds 5%, cs+ds 10 % sebesar 179,4 Kg/m², 170,3 Kg/m² dan 159,5 Kg/m². Dengan nilai ekonomi untuk masing-masing Cs 2% Rp 32.449,27, Cs 4% Rp 34.830,24, Cs 6% Rp 37.411,93, Ds 2% Rp 33.974,65, Ds 4% Rp 37.493,06, Ds 6% Rp 39.110,59, Cs+Ds 5% Rp 34.042,50, Cs+Ds 10% Rp 36.941,14 dan Cs+Ds 15% Rp 39.495,52.

Keywords: *Carbon Sulfur, Dirty Sulfur, Limbah Padat*

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : ANALISIS EKONOMI DAN KUAT TEKAN BETON,
BIAYA SERTA WAKTU PEMANFAATAN LIMBAH
PADAT *CARBON SULFUR* DAN *DIRTY SULFUR*

Bentuk Tesis : Penelitian

Nama : Vian Marantha Haryanto

NIM : 55720110046

Program : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 13 Juli 2023

Mengesahkan

Pembimbing



(Dr. Ir. Agus Suroso, MT)

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



(Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, MT)



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

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

Judul : ANALISIS EKONOMI DAN KUAT TEKAN BETON,
BIAYA SERTA WAKTU PEMANFAATAN LIMBAH
PADAT *CARBON SULFUR* DAN *DIRTY SULFUR*

Bentuk Tesis : Penelitian

Nama : Vian Marantha Haryanto

NIM : 55720110046

Program : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 13 Juli 2023

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

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

Jakarta, Juli 2023



Vian Marantha Haryanto

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang diisi oleh

Nama : Vian Marantha Haryanto

NIM : 55720110046

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan judul,

“Analisis Ekonomi Dan Kuat Tekan Beton, Biaya Serta Waktu Pemanfaatan Limbah Padat *Carbon Sulfur* Dan *Dirty Sulfur*”, telah dilakukan pengecekan similarity dengan system Turnitin pada tanggal 6 Juni 2023, didapatkan nilai sebesar 12%.

Jakarta, 6 Juni 2023



Administrator Turnitin

Miyono, S. Kom

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT serta atas segala Rahmat dan karunia-NYA pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis yang berjudul “*Analisis Ekonomi dan Kuat Tekan Beton, Biaya serta Waktu Pemanfaatan Limbah Padat Carbon Sulfur dan Dirty Sulfur*”

Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Studi Magister Teknik Sipil di Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana Jakarta. Penulis menyadari bahwa Tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian karya ilmiah ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada **Dr. Ir. Agus Suroso, MT** sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tesis dari awal hingga Tesis ini dapat diselesaikan. Penulis juga berterimakasih kepada **Dr. Ir. Mawardi Amin, MT**, selaku Penguji pada Seminar Proposal, **Dr. Ir. Albert Eddy Husin, MT** selaku Penguji pada Ujian Tesis, **Prof. Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus** Direktur Program Pascasarjana, beserta segenap jajarannya yang telah berupaya meningkatkan situasi kondusif di Fakultas.

Tak lupa penulis berterimakasih kepada Ketua Program Studi **Dr. Ir. Mawardi Amin, MT**. Demikian juga penulis menyampaikan terimakasih kepada seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi Magister Teknik Sipil, termasuk rekan-rekan mahasiswa yang telah menaruh simpati dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orangtua, istri yang penuh dengan kasih sayang dan kesabarannya mendorong penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini. Kiranya hasil penulisan ini dapat memberi sumbangsih dalam masalah pengembangan Teknik sipil di Indonesia.

Bogor, Juli 2023



Vian Marantha Haryanto

DAFTAR ISI

ABSTRACK	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Rumusan Masalah	4
1.4. Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.5. Maksud dan Tujuan Penelitian	6
1.6. Manfaat dan Kegunaan Penelitian.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Sulfur	8
2.1.1. <i>Pyrometallurgy</i>	10
2.1.2. Proses Pencairan <i>Sulfur</i>	12
2.1.3. Pembentukan <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	12
2.2. Beton.....	13
2.2.1. Bahan Penyusun Beton	14
2.2.2. Bahan Tambah	18
2.3. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	20
2.3.1. Kuat Tekan Beton Rencana ($f'c$).....	20
2.3.2. Nilai Standar Deviasi	20
2.3.3. Nilai Tambah	21
2.3.4. Kuat Tekan Rata – Rata ($f'cr$) yang Ditargetkan.....	21
2.3.5. Tipe Semen	21
2.3.6. Jenis Agregat (Pasir dan Kerikil).....	21
2.3.7. Nilai Faktor Air Semen (f_{as}).....	22
2.4. Biaya dan Waktu	23

2.4.1. Biaya	24
2.4.2. Pemanfaatan Limbah	24
2.4.3. Waktu (Masa Peram Beton)	25
2.4.4. AHSP (Analisa Harga Satuan Pekerjaan)	25
2.5. Klasifikasi Beton Berdasarkan Kelas dan Pemanfaatannya	27
2.6. Nilai Ekonomi.....	29
2.7. State Of The Art	29
2.8. Penelitian Terdahulu	31
2.9. Research GAP.....	35
2.10. Kerangka Pemikiran	38
2.11. Hipotesis.....	38
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	39
3.1. Jenis Penelitian	39
3.1.1. Desain Penelitian	39
3.1.2. Objek Penelitian	39
3.1.3. Diagram Alir Penelitian	40
3.2. Variabel Penelitian	40
3.2.1. Definisi Konsep	40
3.2.2. Definisi Operasional	41
3.3. Metoda Pelaksanaan Dan Sampel Penelitian.....	41
3.3.1. Pengambilan Terok	41
3.3.2. Pemeriksaan Sampel Limbah Padat <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	43
3.3.3. Uji Karakteristik	46
3.3.4. Pemeriksaaan Bahan Susun Beton.....	48
3.3.5. Pembuatan Benda Uji dan Formulasi.....	51
3.3.6. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix design</i>).....	51
3.3.7. Pengadukan Beton	52
3.3.8. Pengujian <i>Slump</i>	52
3.3.9. Pengujian Kuat Tekan Beton	52
3.4. Jenis dan Sumber Data.....	53
3.5. Teknik Pengumpulan data	53
3.6. Teknik Analisis Data	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Pengujian <i>Carbon Sulfur</i> Dan <i>Dirty Sulfur</i> Sebagai Limbah Non-B3.....	55

4.1.1. Total konsentrasi dan TCLP	56
4.1.2. Hasil Pengujian LOI dan TCLP	60
4.2. Formula <i>Job Mix Design</i> Beton	60
4.3. Formulasi Beton Normal	66
4.4. Formulasi Beton + Cs 2%	68
4.4.1. Kuat Tekan Beton + Cs 2%	68
4.4.2. Biaya Beton + Cs 2%	69
4.5. Formulasi Beton + Cs 4%	70
4.5.1. Kuat Tekan Beton + Cs 4%	71
4.5.2. Biaya Beton + Cs 4%	72
4.6. Formulasi Beton + Cs 6%	73
4.6.1. Kuat Tekan Beton + Cs 6%	74
4.6.2. Biaya Beton + Cs 6%	75
4.7. Formulasi Beton + Ds 2%	76
4.7.1. Kuat Tekan Beton + Ds 2%	77
4.7.2. Biaya Beton + Ds 2%	78
4.8. Formulasi Beton + Ds 4%	79
4.8.1. Kuat Tekan Beton + Ds 4%	80
4.8.2. Biaya Beton + Ds 4%	81
4.9. Formulasi Beton + Ds 6%	82
4.9.1. Kuat Tekan Beton + Ds 6%	83
4.9.2. Biaya Beton + Ds 6%	84
4.10. Formulasi Beton + (Cs + Ds 5%)	85
4.10.1. Kuat Tekan Beton + (Cs + Ds 5%)	86
4.10.2. Biaya Beton + (Cs + Ds 5%)	87
4.11. Formulasi Beton + (Cs + Ds 10%)	88
4.11.1. Kuat Tekan + (Cs + Ds 10%)	89
4.11.2. Biaya + (Cs + Ds 10%)	90
4.12. Formulasi + (Cs + Ds 15%)	91
4.12.1. Kuat Tekan + (Cs + Ds 15%)	92
4.12.2. Biaya + (Cs + Ds 15%)	93
4.13. Analisis Biaya Semua Formulasi	94
4.14. Pemanfaatan Limbah <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	96
4.14. Analisis Kuat Tekan beton 28 Hari dan Contoh Pemanfaatan	98
4.15. Model Potensi Pemanfaatan	99

4.16. Analisis Ekonomi Limbah Padat <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	101
4.17. Potensi Ekonomi Limbah Carbon Sulfur dan Dirty Sulfur	102
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	105
5.1. Kesimpulan.....	105
5.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA.....	109
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram Alir Pengolahan Bijih Nikel.....	11
Gambar 2. 2. Diagram Alir Reduction Kiln.....	12
Gambar 2. 3. Visual Lokasi Penempatan Limbah Carbon Sulfur dan Dirty Sulfur	13
Gambar 2. 4. Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata dan Faktor Air Semen (Sumber: SNI 03-2834-2000)(BSN, 2000a)	23
Gambar 2. 5. Skema Harga Satuan Pekerjaan	26
Gambar 2. 6. Skema Harga Satuan Pekerjaan	38
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3. 2. Penerokan (Sampling) Limbah Dirty Sulfur.....	42
Gambar 3. 3. Penerokan (Sampling) Limbah Carbon Sulfur	42
Gambar 3. 4. Proses Pengayakan Limbah Carsul.....	43
Gambar 3. 5. Agregat Limbah Carsul Tertahan Oleh Ayakan	44
Gambar 3. 6. Proses Grinding Limbah Carsul.....	44
Gambar 3. 7. Proses Pulverizing Limbah Carsul Dan Dirty Sulfur	45
Gambar 3. 8. Teknik Quartering Untuk Mendapatkan Terok Representative	45
Gambar 3. 9. Proses Quartering Terok Dirty Sulfur (Atas) Dan Carbon Sulfur (Bawah) ...	46
Gambar 3. 10. Representative Sample Carbon Sulfur (Atas) Dan Dirty Sulfur (Bawah) ...	47
Gambar 4. 1. Rajah TGA Untuk Terok <i>Carbon Sulfur</i>	55
Gambar 4. 2. Rajah TGA Untuk Terok <i>Dirty Sulfur</i>	56
Gambar 4. 3. Proses Agregasi <i>Carbon Sulfur</i> Dan <i>Dirty Sulfur</i>	62
Gambar 4. 4. Hasil Agregasi Untuk <i>Filler</i> (A) <i>Carbon Sulfur</i> Dan (B) <i>Dirty Sulfur</i>	61
Gambar 4. 5. Proses Pencetakan Silinder Pengujian Terok <i>Mix Concrete</i>	64
Gambar 4. 6. Perawatan Terok Uji Sebelum Pengujian Kuat Tekan	64
Gambar 4. 7. Terok Uji Kuat Tekan Untuk Campuran <i>Dirty Sulfur (DS)</i>	64
Gambar 4. 8. Pengujian Terok Beton Dengan Campuran <i>Dirty Sulfur</i>	65
Gambar 4. 9. Kurva Kuat Tekan & Masa Peram	67
Gambar 4. 10. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs 2%.....	68
Gambar 4. 11. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs 4%.....	71
Gambar 4. 12. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs 6%.....	74
Gambar 4. 13. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Ds 2%.....	77
Gambar 4. 14. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Ds 4%.....	80

Gambar 4. 15. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Ds 6%.....	83
Gambar 4. 16. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs+Ds 5%..	86
Gambar 4. 17. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs+Ds 10%	89
Gambar 4. 18. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Komposisi Cs+Ds 15%	92
Gambar 4. 19. Grafik Hubungan Kuat Tekan Umur 28 Hari, Formulasi Dan Biaya	95
Gambar 4. 20. Grafik Hubungan Kuat Tekan Umur 90 Hari, Formulasi Dan Biaya	95
Gambar 4. 21. Grafik Hubungan Formulasi, Biaya Dan Pemanfaatan	96
Gambar 4. 22. Grafik Hubungan Kuat Tekan, Formulasi Dan Pemanfaatan U-28 Hari.....	97
Gambar 4. 23. Grafik Hubungan Kuat Tekan, Formulasi Dan Pemanfaatan U-90 Hari.....	97
Gambar 4. 24. Hasil Pengujian Kuat Tekan Usia 28 Hari	98
Gambar 4. 25. Ilustrasi Model Pemanfaatan Perkerasan Kaku	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Bahan-Bahan Utama Penyusun Semen Portland	14
Tabel 2. 2. Gradasi Kerikil.....	16
Tabel 2. 3. Gradasi Pasir	17
Tabel 2. 4. Tingkat Mutu Pengendalian Pekerjaan	20
Tabel 2. 5. Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia.....	22
Tabel 2. 6. Daftar Penelitian Terdahulu	31
Tabel 2. 7. Research GAP.....	35
Tabel 4. 1. Data Karakteristik <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	57
Tabel 4. 2. Mix Design Formulasi Beton F'c 25	60
Tabel 4. 3. Filler CS dan DS Tertahan Oleh Saringan No. 30, 50, 100 dan 200	61
Tabel 4. 4. Perencanaan Campuran Beton Normal.....	63
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Formulasi dengan Kombinasi Masa Peram	65
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	67
Tabel 4. 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs 4%	69
Tabel 4. 8. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs 2%	70
Tabel 4. 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs 4%	72
Tabel 4. 10. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs 4%	73
Tabel 4. 11. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs 6%	75
Tabel 4. 12. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs 6%	76
Tabel 4. 13. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Ds 2%	78
Tabel 4. 14. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Ds 2%	79
Tabel 4. 15. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Ds 4%	81
Tabel 4. 16. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Ds 4%	82
Tabel 4. 17. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Ds 6%	84
Tabel 4. 18. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Ds 6%	85
Tabel 4. 19. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs+Ds 5%	87
Tabel 4. 20. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs + Ds 5%.....	88
Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs+Ds 10%	90
Tabel 4. 22. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs+Ds 10%.....	91
Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Formulasi Cs+Ds 15%	93

Tabel 4. 24. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Formulasi Cs+Ds 15%.....	94
Tabel 4. 25. Kuat Tekan Dengan Masa Peram 28 dan 90 Hari.....	94
Tabel 4. 26. Pemanfaatan Formulasi terhadap Produk Beton.....	99
Tabel 4. 27. Biaya Model Perkerasan Kaku per satuan Km	100
Tabel 4. 28. Nilai Ekonomi Limbah <i>Carbon Sulfur</i> dan <i>Dirty Sulfur</i>	101