

**STRATEGI PENGOLAHAN WASTE CARBON GUNA
MENINGKATKAN NILAI TAMBAH PADA INDUSTRI
BAHAN TAMBAHAN PANGAN (BTP)
(Proyek : PT. WXYZ)**

TESIS



**OLEH :
ANGGRA SETIYO IRNANTO
NIM 22.111.013**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PEMINATAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS
2024**

**STRATEGI PENGOLAHAN WASTE CARBON GUNA
MENINGKATKAN NILAI TAMBAH PADA INDUSTRI
BAHAN TAMBAHAN PANGAN (BTP)
(Proyek : PT. WXYZ)**

TESIS

Diajukan kepada
Institut Teknologi Nasional Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Industri
Peminatan Manajemen Industri

**OLEH :
ANGGRA SETIYO IRNANTO
NIM 22.111.013**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PEMINATAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis oleh **ANGGRA SETIYO IRNANTO, 22111013** ini telah diperiksa dan disetujui dalam ujian.

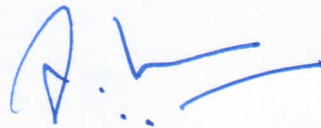
Malang, 27 Agustus 2024

Pembimbing I



Ir. Fourry Handoko, ST, SS., MT. PhD. IPU, ASEAN Eng
NIP.Y. 103.010.359

Pembimbing II



Dr. Dimas Indra Laksmna, ST., MT.
NIP.P. 103.150.0481

Mengetahui:

Institut Teknologi Nasional

Malang Program Pascasarjana

PPs ITN Malang

Direktur



Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT.
NIP.Y. 1018700153

Magister Teknik Industri

Ketua Program Studi



Dr. Renny Septiari, ST, MT.
NIP.P. 1031300469



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TESIS
PROGRAM STUDI : MAGISTER TEKNIK INDUSTRI

Nama : ANGGRA SETIYO IRNANTO
NIM : 21.111.013
Program Studi : Magister Teknik Industri
Peminatan : Manajemen Industri
Judul : STRATEGI PENGOLAHAN WASTE CARBON GUNA MENINGKATKAN
NILAI TAMBAH PADA INDUSTRI BAHAN TAMBAHAN PANGAN
(BTP) DENGAN INTEGRASI PDCA-VALUE ENGINEERING
Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Tesis Jenjang Program Studi Magister Teknik
Industri Program Pascasarjana ITN Malang

Pada hari : Sabtu
Tanggal : 27 Agustus 2024
Dengan Nilai : A

Panitia Ujian Tesis

Ketua

Ir. Fourry Handoko, ST, SS, MT, PhD, IPU ASEAN Eng
NIP.Y. 103.010.359

Sekretaris

Dr. Dimas Indra Laksmiana, ST, MT
NIP.P. 103.150.0481

Penguji I

Ir. Fuad Achmadi, MSc., PhD.
NIP.Y.103.130.0471

Penguji II

Dr. Reny Septiari, ST, MT..
NIP.P. 103.130.0468

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam tesis ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Magister Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 27 Agustus 2024



(Anggra Setiyo Irmanto)

NIM 22.111.013

ABSTRAK

Anggra Setiyo Irnanto, 2024, **Strategi Pengolahan Waste Carbon Guna Meningkatkan Nilai Tambah Pada Industri Bahan Tambahan Pangan (BTP) (Proyek: PT. WXYZ)**. Tesis, Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana ITN Malang, Pembimbing: (I) Ir. Fourry Handoko, ST., SS., MT., Ph.D., IPU., ASEAN.Eng (II) Dr. Dimas Indra Laksamana, ST., MT.

PT. WXYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang Bahan Tambahan Pangan (BTP) berupa vetsin. Perusahaan dalam mengeksplorasi sumber daya energi secara besar besaran untuk pengembangan industrinya berdampak pada lingkungan yaitu berupa waste industri yang diakibatkan oleh proses produksi. Salah satu waste PT. WXYZ yaitu *waste active carbon* yang dihasilkan dari hasil *adsorpsi* produk *inline* yang berupa larutan netral. Permasalahan yang ada yaitu sisa *waste carbon* di *solar dryer* dan industri tidak mendapatkan nilai tambah. Adapun strategi pengolahan dengan menggunakan integrasi Taguchi-Value Engineering. Siklus PDCA efektif mengidentifikasi masalah dengan pendekatan yang mengacu pada *Responsible Waste Management Hierarchy* dan dibatasi melaksanakan eksperimen 3R (*reduce, reuse* dan *recycle*). Sedangkan desain eksperimen menggunakan taguchi karena lebih *cost effective* dari DOE lainnya serta analisis biaya dengan *Value Engineering*.

Penelitian ini termasuk jenis metode kuantitatif dekriptif dan eksperimental. Pelaksanaan proyek konsep 3R dengan mendesain susunan eksperimen taguchi. Sehingga didapatkan desain optimasi *reduce* yaitu [*waste carbon*] : 10 gr/dl; [*active carbon*] : 0.2 g/dl; temp : 60°C dengan nilai n-gain 0.54 kategori *improve* sedang; desain optimasi *reuse* yaitu *waste carbon* basah ; [biochar] : 25%; cahaya : terang dengan nilai n-gain 4.49 kategori *improve* tinggi dan desain optimasi *recycle* yaitu *waste carbon* kering ; [perekat] : 25%; tekanan : 2 menit dengan nilai n-gain 1.45 kategori *improve* tinggi. Sedangkan analisis biaya berdasarkan *value engineering* didapat prioritas ke-1 yaitu minimalisir karbon aktif (*Reduce*) memiliki bobot tertinggi 373.33 yang potensi menghemat bahan baku karbon sebesar 51.6% (Rp. 7.284.200.000,00/th dari total penerimaan). Prioritas ke-2 diolah menjadi produk media tanam Biochar (*reuse*) memiliki bobot 253.33 dengan nilai tambah 8.2% (keuntungan Rp 76,463,416.84/th dari total 150 kg biochar/hari), nilai NPV > *project cost* (+) sebesar Rp. 279,768,175.77, nilai BEP sebesar Rp. 512,564,245.00 dan ROI sebesar 63.2%. Prioritas alternatif ke-3 diolah menjadi produk briket bioarang (*recycle*) memiliki bobot 233.33 dengan nilai tambah 3.0% (Rp. 29,093,376.84/th dari total 150 kg briket/hari) nilai NPV > *project cost* (+) sebesar Rp 110,286,788.00, nilai BEP sebesar Rp. 770,740,120.01 dan ROI sebesar 15.6%.

Kata kunci : Optimasi taguchi, *Waste Carbon*, Bahan Tambahan Pangan (BTP), PDCA, 3R (*Reduce, Reuse* dan *Recycle*), *Value Engineering*.

ABSTRACT

Anggra Setiyo Irmanto, 2024, Strategy of Waste Carbon Processing to Increase Added Value in the Food Additive Industry (BTP) (Project: PT. WXYZ). Thesis, Industrial Engineering Study Programme, ITN Malang Postgraduate Programme, Advisor: (I) Ir. Fourry Handoko, ST, SS, MT, Ph.D., IPU, ASEAN.Eng (II) Dr Dimas Indra Laksamana, ST., MT.

PT WXYZ is a company engaged in the field of Food Additives (BTP) in the form of vetsin. The company in exploiting energy resources on a large scale for the development of its industry has an impact on the environment in the form of industrial waste caused by the production process. One of PT WXYZ's waste is waste active carbon produced from the adsorption of inline products in the form of a neutral solution. The existing problem is the remaining waste carbon in the solar dryer and the industry does not get added value. The processing strategy uses PDCA-Value Engineering integration. The PDCA cycle effectively identifies problems with an approach that refers to the Responsible Waste Management Hierarchy and is limited to carrying out 3R experiments (reduce, reuse and recycle). While the experimental design uses Taguchi because it is more cost effective than other DOEs and cost analysis with Value Engineering.

This research is a descriptive and experimental quantitative method. Implementation of the 3R concept project by designing a taguchi experimental setup. So that the reduced optimisation design is obtained, namely [waste carbon] : 10 gr/dl; [active carbon]: 0.2 g/dl; temp: 60°C with an n-gain value of 0.54 medium improvement category; reuse optimisation design is wet waste carbon; [biochar]: 25%; light: bright with an n-gain value of 4.49 high improvement category and recycle optimisation design namely dry waste carbon; [adhesive]: 25%; pressure: 2 minutes with an n-gain value of 1.45 high improvement category. While the cost analysis based on value engineering obtained the 1st priority, namely minimising activated carbon (Reduce) has the highest weight of 373.33 which potential saves carbon raw materials by 51.6% (Rp. 7,284,200,000.00 / year from the total carbon revenue). The 2nd priority alternative processed into Biochar planting media products (reuse) has a weight of 253.33 with an added value of 8.2% (profit of Rp.76,463,416.84 / year from a total of 150 kg of biochar/day), NPV value > project cost (+) of Rp. 279,768,175.77, BEP value of Rp. 512,564,245.00 and ROI of 63.2%. The 3rd alternative priority is processed into biochar briquette products (recycle) has a weight of 233.33 with an added value of 3.0% (Rp. 29,093,376.84 / year from a total of 150 kg of briquettes / day), NPV> project cost (+) value of Rp. 110,286,788.00, BEP value of Rp. 770,740,120.01 and ROI of 15.6%.

Key Word : *Taguchi Optimisation, Waste Carbon, Food Additives (BTP), PDCA, 3R (Reduce, Reuse dan Recycle), Value Engineering.*

KATA PENGANTAR

Kami ucapkan puji syukur Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan anugerah-Nya, sehingga penyusun dapat menuntaskan tesis ini dengan judul : **Strategi Pengolahan Waste Carbon Guna Meningkatkan Nilai Tambah Pada Industri Bahan Tambahan Pangan (BTP) (Proyek : PT. WXYZ).**

Laporan tesis ini selain salah satu syarat akademis yang harus ditempuh oleh mahasiswa program pascasarjana, juga untuk menambah wawasan bagi penulis dan pembaca.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT., selaku Direktur Program Pascasarjana Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ibu Dr. Renny Septiari, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Dr. Dimas Indra Laksamana, ST., MT., selaku Sekretaris Program Pascasarjana Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Ir. Fourry Handoko, ST., SS., MT., Ph.D., IPU., ASEAN.Eng, selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Dr. Dimas Indra Laksamana, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Ir. Fuad Achmadi, MSc., Ph.D., selaku Dosen Penguji.
8. Bapak dan Ibu Dosen Magister Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
9. Bapak dan Ibu bagian administrasi Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Nasional Malang.

Tesis ini, penulis persembahkan untuk orang tua/bapak ibu, istri dan anak tercinta. Saran dan kritik yang sifatnya membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan guna kesempurnaan tesis ini dan dapat berguna bagi penelitian penelitian selanjutnya.

Akhirnya penulis mohon maaf kepada semua pihak yang terkait jika ada kesalahan kata atau perbuatan selama penulis belajar di Program Pascasarjana Institut Teknologi Nasional Malang dan semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan dan wawasan kepada kita semua. Aamin.

Malang, 27 Agustus 2024

(Anggra Setiyo Irnanto)

NIM 22.111.013

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
BERITA ACARA UJIAN TESIS	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I	20
PENDAHULUAN	20
1.1 Latar Belakang.....	20
1.2 Rumusan Masalah.....	23
1.3 Tujuan Penelitian.....	23
1.4 Manfaat Penelitian	24
1.5 Batasan Penelitian.....	24
1.6 Sistematika Penulisan	24
BAB II	26
TINJAUAN PUSTAKA	26
2.1 Deskripsi Variabel	26
2.1.1 Industri BTP ex. PT. WXYZ Industri MSG	26
2.1.2 <i>Waste Carbon Active</i>	29
2.1.3 Pendekatan PDCA	32

2.1.4	Optimasi dalam Prespektif Teknik Industri	35
2.1.5	Pengolahan dengan 3 R (<i>Reuse, Reduce, Recycle</i>)	35
2.1.6	<i>Design Of Experiment (Taguchi Ortogonal Array Design)</i>	37
2.1.7	Pendekatan <i>Value Engineering</i>	41
2.2	Gap dan Posisi Penelitian	43
BAB III		45
METODOLOGI PENELITIAN.....		45
3.1	Jenis Penelitian	45
3.2	Objek Penelitian	45
3.3	Populasi dan Sampel.....	45
3.4	Variabel Penelitian	47
3.5	Diagram Alir Penelitian	48
BAB IV		51
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Profil Industri PT. WXYZ.....	51
4.2	Proses <i>Adsorpsi</i> Larutan Netral.....	52
4.3	Tahapan <i>Plan</i>	57
4.3.1	Menentukan Tema/Persoalan	57
4.3.2	Menentukan Target	61
4.3.3	Analisa Kondisi Saat Ini	62
4.3.4	Analisa Penyebab Masalah	63
4.3.5	Merencanakan dan Identifikasi Pengolahan	65
4.4	Tahapan <i>Do</i>	67
4.4.1	Pelaksanaan Strategi Pengolahan	67
4.4.2	Prinsip 3R (<i>Reduce, Reuse</i> dan <i>Recycle</i>)	68
4.4.3	<i>Design Of Experiment</i> (Taguchi)	72

4.5	Tahapan <i>Check</i>	111
4.5.1	Evaluasi Hasil <i>Value Engineering</i>	111
4.6	Tahapan <i>Action</i>	130
4.6.1	Standarisasi dan perencanaan selanjutnya	131
4.7	Pembahasan	132
4.7.1	Temuan Utama	132
4.7.2	Implikasi Industri	137
4.7.3	Keterbatasan Penelitian	140
BAB V.....		141
KESIMPULAN DAN SARAN.....		141
5.1	Kesimpulan	141
5.2	Saran	142
LAMPIRAN		143
DAFTAR PUSTAKA.....		168

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2-1 Kegunaan Arang Aktif.....	29
2-2 Taguchi Mendesain Sinoptis	39
2-3 <i>Orthogonal Array</i> L4 Standar	40
2-4 <i>Orthogonal Array</i> Standar	40
2-5 Gap dan Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya	44
3-1 Penentuan Variabel Penelitian.....	47
4-1 Hasil temuan genba.....	63
4-2 Solusi dari akar permasalahan	64
4-3 Perencanaan dan langkah pengolahan	65
4.4.3.1 Pembatasan (<i>reduce</i>)	72
4-3 Faktor kendali dan levelnya	73
4-4 Faktor noise dan levelnya	73
4-5 <i>Orthogonal Array</i> L4 Standar.....	74
4-6 Matriks kombinasi outer dan inner array	74
4-7 <i>Orthogonal Array</i> L4 Standar faktor noise.....	75
4-8 Data hasil eksperimen variabel respon nilai T%	76
4-9 Output nilai T% uji normalitas <i>Shapiro Wilk</i>	77
4-10 Output nilai T% uji homogenitas variansi	77
4-11 Data rata-rata nilai T%	78
4-12 Data respon rata-rata dari pengaruh faktor	78
4-13 Data SNR variabel respon nilai T%	80
4-14 Data SNR rata-rata dari pengaruh faktor	81
4-15 Data Faktor, S/N dan Mean	81
4-16 Prediksi S/N dan S/N existing optimasi nilai T%.....	83

4-17 Hasil konfirmasi optimasi	84
4-18 Nilai gain optimasi	84
4-19 Kriteria n-gain	84
4.4.3.2 Guna-ulang (<i>reuse</i>)	85
4-20 Faktor kendali dan levelnya	86
4-21 Faktor noise dan levelnya	86
4-22 Orthogonal Array L4 Standar	87
4-23 Matriks kombinasi outer dan inner array	87
4-24 Data hasil eksperimen variabel respon pertumbuhan sayuran	88
4-25 Output nilai berat kangkung (g) uji normalitas <i>Shapiro Wilk</i>	89
4-26 Output berat kangkung (gram) uji homogenitas variansi	89
4-27 Data rata-rata nilai berat kangkung (gram)	90
4-28 Data respon rata-rata dari pengaruh faktor	90
4-29 Data SNR variabel respon nilai berat kangkung (gram)	93
4-30 Data SNR rata-rata dari pengaruh faktor	94
4-31 Data Faktor, S/N dan Mean	94
4-32 Prediks nilai S/N dan S/N existing berat kangkung (gram)	95
4-33 Hasil konfirmasi optimasi	96
4-34 Nilai gain optimasi	96
4-35 Kriteria n-gain	96
4.4.3.3 Daur Ulang (<i>recycle</i>)	97
4-36 Standar Briket arang kayu	97
4-37 Faktor kendali dan levelnya	99
4-38 Faktor noise dan levelnya	99
4-39 Orthogonal Array L4 Standar	99
4-40 Data hasil eksperimen variabel respon nilai %MC	101

4-41	Output nilai %MC uji normalitas <i>Shapiro Wilk</i>	101
4-42	Output nilai %MC uji homogenitas variansi	102
4-43	Data rata-rata nilai %MC	103
4-44	Data respon rata-rata dari pengaruh faktor	103
4-45	Data SNR variabel respon nilai %MC	105
4-46	Data SNR rata-rata dari pengaruh faktor	106
4-47	Data Faktor, S/N dan Mean	106
4-48	Prediksi S/N dan S/N existing optimasi nilai %MC	108
4-49	Hasil konfirmasi optimasi	109
4-50	Nilai gain optimasi	109
4-51	Kriteria n-gain	109
4.5.1	Evaluasi Hasil <i>Value Engineering</i>	111
4-52	Rekapitulasi Biaya <i>Existing</i> Strategi pengolahan ke-1 (<i>reduce</i>)	114
4-53	Matrik Fungsi Aktifitas	116
4-54	Rumusan Alternatif Strategi Pengolahan <i>Waste Carbon</i>	118
4-55	Perbandingan T% kualitas hasil <i>adsorpsi</i> larutan netral MSG	120
4-56	Analisis biaya dengan asumsi pemakaian material karbon aktif	121
4-57	Perencanaan Biaya Proyek Strategi Pengolahan ke-2 dan ke-3	122
4-58	Analisa Keuntungan dan Kerugian	123
4-59	Penentuan peringkat pada alternatif pilihan	124
4-60	Metode <i>Zero-One</i> untuk menentukan bobot	125
4-61	Pembobotan	126
4-62	Pembobotan Relatif Pemilihan Alternatif	126
4-63	Perbandingan Harga sebelum dan sesudah penerapan VE	127
4-64	Tahap rekomendasi memprioritaskan alternatif ke-1	128
4-65	Analisa kelayakan prioritas ke-2 dan 3	130

4-66 Standarisasi Baru	.131
4-67 Perencanaan selanjutnya	.131
4.7 Pembahasan	.133
4-68 Temuan utama strategi pengolahan	.133
4-69 Nilai tambah	.134
4-70 Perbandingan kualitas hasil adsorpsi larutan netral MSG (<i>Reduce</i>)	.135
4-71 Perbandingan kualitas hasil media tanam Biochar (<i>Reuse</i>)	.135
4-72 Perbandingan kualitas briket bioarang	.136

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1-1 Histogram total <i>waste carbon</i> dan sisa di <i>solar dryer</i>	21
2-1 <i>Flow</i> Proses Pembuatan MSG	28
2-2 Skema Struktur Pori Karbon Aktif	30
2-3 Siklus PDCA (<i>Plan-Do-Check-Act</i>)	33
2-4 Notasi <i>Orthogonal Array</i>	38
3-1 <i>Solar Dryer</i>	46
3-2 Bagan proses pengambilan contoh padatan	46
3-3 Alat <i>Sampling</i> Sekop	47
3-4 Alat <i>Sampling</i> Tombak Ganda	47
3-5 <i>Flowchart</i> diagram alir penelitian	48
4-1 Proses di <i>plant</i> fermentasi	53
4-2 Proses di <i>plant</i> isolasi	54
4-3 Proses di <i>plant</i> pemurnian	55
4-4 Proses Decolorisasi di <i>plant</i> pemurnian	56
4-5 Histogram penerimaan bahan yang menghasilkan <i>waste</i>	59
4-6 Pareto <i>Waste Loss Cost</i> setelah digunakan	59
4-7 Histogram <i>waste</i> padatan	60
4-8 Histogram Target Potensi Peningkatan nilai tambah <i>waste carbon</i>	62
4-9 Diagram sebab akibat <i>waste carbon</i>	64
4-10 Jumlah <i>waste carbon</i> Jan-Des 2023 (Ton)	68
4-11 <i>Responsible Waste Management Hierarchy</i>)	69
4-12 <i>Flow Process of Reduce waste carbon</i>	69
4-13 Biochar	70
4-14 OPC pembuatan briket	71

4.4.3.1 Pembatasan (<i>reduce</i>)	75
4-15 Grafik respon rata-rata dari pengaruh faktor	79
4-16 Grafik SNR dari pengaruh faktor	82
4-17 Hasil sebelum dan sesudah proses <i>absorpsi</i> (Nilai T%)	85
4.4.3.2 Guna-ulang (<i>reuse</i>)	88
4-18 Grafik respon rata-rata dari pengaruh faktor	92
4-19 Grafik SNR dari pengaruh faktor	94
4-20 Hasil Foto nilai berat kangkung (gram)	97
4.4.3.3 Daur Ulang (<i>recycle</i>)	97
4-21 Grafik respon rata-rata dari pengaruh faktor	104
4-22 Grafik SNR dari pengaruh faktor	107
4-23 Hasil Foto briket bioarang	110
4.5.1 Evaluasi Hasil <i>Value Engineering</i> Ulang (<i>recycle</i>)	111
4-24 Alur Proses studi VE	112
4-25 <i>Simple Flow</i> Diagram Proyek Strategi Pengolahan <i>Waste Carbon</i> Proses	113
4-26 <i>FAST</i> Diagram strategi pengolahan ke-2 dan ke-3	115
4.7 Pembahasan	132
4-28 Grafik <i>Cost Reduction</i> Karbon Aktif	133