

**PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIR CO₂
TERHADAP *YIELD* DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KELOR
MENGUNAKAN SUPERKRITIK CO₂**

CHE 184650-04 Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Vania Armanda Lukmanto

(2017620023)

Maria Oktaviani Solot Payon

(2017620079)

Pembimbing:

Dr. Dewi Setyaningsih, Apt.

Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2021

**PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIR CO₂
TERHADAP *YIELD* DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KELOR
MENGUNAKAN SUPERKRITIK CO₂**

CHE 184650-04 Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Vania Armanda Lukmanto

(2017620023)

Maria Oktaviani Solot Payon

(2017620079)

Pembimbing:

Dr. Dewi Setyaningsih, Apt.

Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.



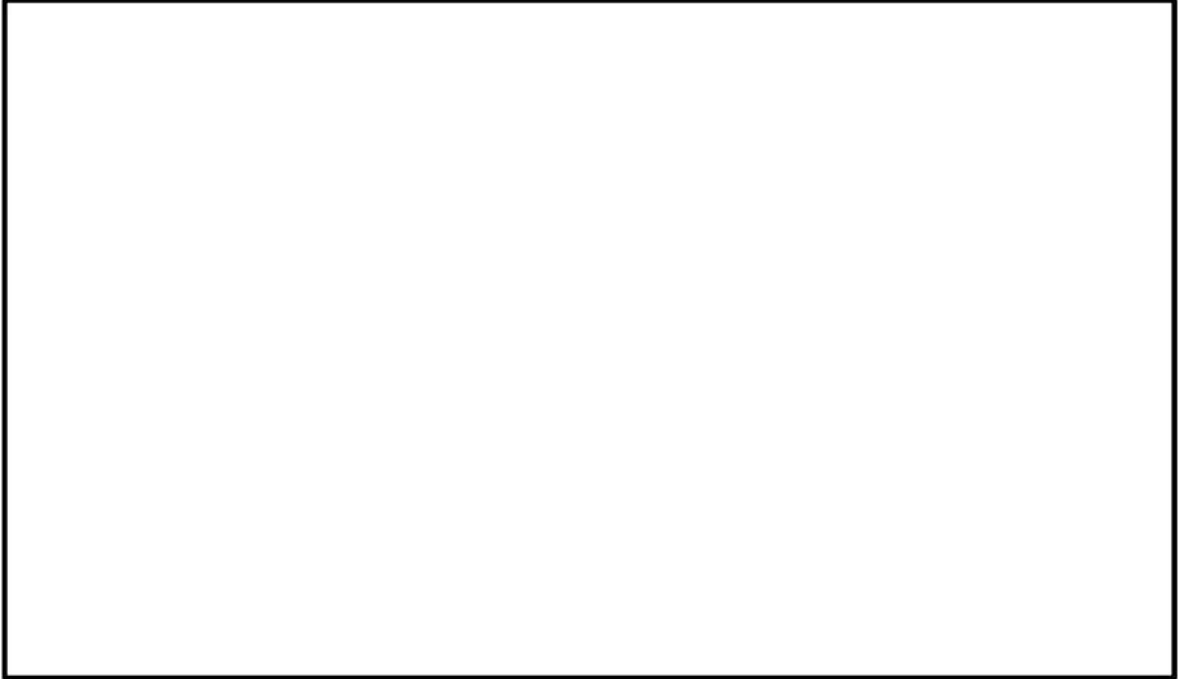
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIR CO₂ TERHADAP YIELD DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KELOR MENGGUNAKAN SUPERKRITIK CO₂

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 2 Maret 2021

Pembimbing 1



Dr. Dewi Setyaningsih, Apt.

Pembimbing 2



Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIR CO₂ TERHADAP YIELD DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KELOR MENGGUNAKAN SUPERKRITIK CO₂

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 Maret 2021

Penguji 1



Dr. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng

Penguji 2



Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vania Armanda Lukmanto

NRP : 6217023

Nama : Maria Oktaviani Solot Payon

NRP : 6217079

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIR CO₂ TERHADAP YIELD DAN
AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KELOR MENGGUNAKAN
SUPERKRITIK CO₂**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 1 Maret 2021

Vania Armanda Lukmanto
(6217023)

Maria Oktaviani Solot Payon
(6217079)

INTISARI

Masalah kesehatan merupakan salah satu masalah utama dalam kehidupan manusia. Berbagai penyakit muncul karena radikal bebas yang berlebih dalam tubuh. Untuk mengurangi radikal bebas dalam tubuh dibutuhkan antioksidan. Daun kelor adalah salah satu bahan alam yang mengandung banyak antioksidan. Antioksidan dibutuhkan oleh tubuh untuk mencegah terbentuknya radikal bebas. Kandungan antioksidan dalam daun kelor bisa didapatkan melalui proses ekstraksi. Pada penelitian ini digunakan dua metode ekstraksi yaitu maserasi dan superkritik CO₂ (SC CO₂). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis dan jumlah pelarut pada ekstraksi maserasi serta pengaruh tekanan dan laju alir CO₂ terhadap *yield* dan aktivitas antioksidan daun kelor pada ekstraksi SC CO₂.

Pada penelitian ini ekstraksi daun kelor dilakukan dengan 2 metode, yaitu ekstraksi dengan maserasi dan superkritik CO₂ (SC CO₂). Metode maserasi dilakukan dengan variasi jenis pelarut (air murni, etanol-air 50 % v/v, dan etanol 96 %) dengan rasio F:S (1:6, 1:10, dan 1:14 w/v). Variasi yang digunakan untuk metode ekstraksi SC CO₂ adalah tekanan operasi (10, 20, dan 30 MPa) dan laju alir CO₂ (10, 12, dan 14 mL/menit). Analisis yang dilakukan adalah analisis *yield* dan analisis aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidazil).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pelarut dan semakin polar jenis pelarut yang digunakan dalam metode maserasi, maka ekstrak dan aktivitas antioksidan yang diperoleh semakin tinggi. Hasil tertinggi pada metode ini diperoleh pada saat ekstraksi maserasi dilakukan dengan etanol 96 % dan rasio F:S sebesar 1:14 g/mL (47,254 % *yield* dan aktivitas antioksidan kuat dengan IC₅₀ sebesar 64,5227 ppm). Pada saat ekstraksi dilakukan dengan metode SC CO₂, tekanan dan laju alir terlalu tinggi dapat menurunkan hasil yang diperoleh pada ekstrak daun kelor. Setiap matriks sampel memiliki kondisi optimum tertentu (tekanan dan laju alir CO₂). Ekstrak tertinggi pada metode ekstraksi SC CO₂ dihasilkan pada tekanan 30 MPa dengan laju alir 12 mL/menit sebesar 4,606 %. Sementara aktivitas antioksidan terkuat (nilai IC₅₀ terendah) dihasilkan pada ekstraksi dengan tekanan sebesar 20 MPa dan laju alir CO₂ sebesar 12 mL/menit sebesar 65,7263 ppm.

Kata kunci: Daun Kelor, Ekstraksi, *Yield*, Antioksidan, SC CO₂

ABSTRACT

Health diseases are one of the main problems in human life. Various diseases arise due to excessive free radicals in the body. To reduce free radicals in the body, antioxidants are needed. Moringa leaves are one of the natural ingredients that contain lots of antioxidants. Antioxidants are needed by the body to prevent the formation of free radicals. The antioxidant content in Moringa leaves can be obtained through the extraction process. In this study, two extraction methods were used, namely maceration and supercritical CO₂ (SC CO₂). The purpose of this study was to determine the effect of the type and amount of solvent on maceration extraction and the effect of CO₂ pressure and flow rate on the yield and antioxidant activity of Moringa leaves in SC CO₂ extraction.

In this study, the extraction of Moringa leaves was carried out using 2 methods, namely supercritical CO₂ (SC CO₂) and maceration. The maceration method was carried out by varying the types of solvents (pure water, ethanol-water 50 % (v/v), ethanol 96 %) and the F: S ratio (1:6, 1:10, 1:14 w/v). The variations used for the SC CO₂ method were operating pressure (10, 20, and 30 MPa) and CO₂ flow rate (10, 12, 14 mL / minute). The analysis performed was yield analysis and analysis of antioxidant activity using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrihydazil) method.

The results of this study indicate that the greater the amount of solvent and the more polar the type of solvent used in the maceration method, the higher the extract and antioxidant activity obtained. The highest yield in this method was obtained when maceration extraction was carried out with 96% ethanol and an F:S ratio of 1:14 g/mL (2,5769% yield and strong antioxidant activity with an IC₅₀ of 64,5227 ppm). At the time of extraction it was carried out with SC CO₂ method, too high pressure and flow rate can reduce the results obtained in moringa leaf extract. Each sample matrix has certain optimum conditions (pressure and CO₂ flow rate). The highest extract in the SC CO₂ method is produced at a pressure of 30 MPa with a flow rate of 12 mL / minute of 0,2863%, while the highest antioxidant activity was produced in moringa leaf extract with a pressure of 20 MPa and a CO₂ flow rate of 12 mL /minute of 65.7263 ppm.

Keywords: Moringa oleifera leaf, Extraction, Yield, Antioxidant, Supercritical CO₂

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur tim penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Pengaruh Tekanan dan Laju Alir CO₂ terhadap *Yield* dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor Menggunakan Superkritik CO₂” dengan tepat waktu.

Penyusunan proposal penelitian ini penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun proposal penelitian ini, khususnya kepada:

1. Ibu Dr. Dewi Setyaningsih, Apt. dan Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, masukan, serta saran yang sangat bermanfaat selama penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orangtua dan keluarga yang selalu memberikan bantuan baik dalam bentuk moril, materil, ataupun spiritual selama penyusunan proposal penelitian ini.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengarahan pada penulis sehingga proposal penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia UNPAR angkatan 2017 yang selalu memberikan dukungan dalam bertukar ilmu dan informasi.
5. Semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dalam penyusunan proposal penelitian ini.

Akhir kata, tim penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan proposal penelitian ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun penulis untuk menjadi lebih baik lagi. Semoga dengan adanya proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 23 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiv
INTISARI	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Masalah	3
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Premis	5
1.6 Hipotesis	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB II	12
TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Antioksidan	12
2.1.1 Pengertian dan Jenis Antioksidan	12
2.1.1.1 Antioksidan Alami	13
2.1.1.2 Antioksidan Sintetis	13
2.1.2 Mekanisme Antioksidan	14
2.2 Kelor	16
2.2.1 Klasifikasi dan Ciri Tanaman Kelor	17
2.2.2 Kandungan Nutrisi dalam Kelor	19

2.2.3	Manfaat Daun Kelor	21
2.2.4	Antioksidan pada Daun Kelor	23
2.3	Ekstraksi.....	23
2.3.1	Pengertian dan Jenis Ekstraksi	23
2.3.1.1	Ekstraksi Konvensional	24
2.3.1.2	Ekstraksi Novel.....	25
2.3.2	Faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Padat-Cair.....	27
2.3.3	Mekanisme Kerja Ekstraksi Padat-Cair.....	29
2.4	Ekstraksi Superkritik CO ₂	30
2.5	Ekstraksi Daun Kelor	33
BAB III		42
METODOLOGI PENELITIAN		42
3.1	Bahan dan Peralatan Penelitian.....	42
3.2	Metode Penelitian	43
3.2.1	Persiapan Bahan Baku	44
3.2.2	Penelitian Utama.....	44
3.2.2.1	Metode Ekstraksi Maserasi	44
3.2.2.2	Metode Ekstraksi SC CO ₂	45
3.3	Variabel Penelitian.....	47
3.4	Analisis	47
3.4.1	Analisis <i>Yield</i>	47
3.4.2	Analisis Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH	48
3.5	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	48
BAB IV		50
PEMBAHASAN.....		50
4.1	Ekstraksi Konvensional	50
4.1.1	Analisis <i>Yield</i>	50
4.1.2	Analisis Aktivitas Antioksidan.....	54
4.2	Ekstraksi Superkritik CO ₂	57
4.2.1	Analisis <i>Yield</i>	58
4.2.2	Analisis Aktivitas Antioksidan.....	61
4.3	Perbandingan Ekstraksi Konvensional dan Ekstraksi Superkritik CO ₂	64

BAB 5.....	67
KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN A	75
PROSEDUR ANALISIS	75
A.1 Analisis Kadar Air dengan <i>Moisture Analyzer</i>	75
A.2 Analisis Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH	76
LAMPIRAN B.....	77
<i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	77
B.1 Gas Karbon Dioksida (CO ₂).....	77
B.2 Gas Nitrogen (N ₂).....	77
B.3 Etanol	78
B.4 DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidazil)	79
LAMPIRAN C.....	80
DATA PENGAMATAN	80
C.1 Analisis Aktivitas Antioksidan.....	80
C.1.1 Metode Ekstraksi Maserasi.....	80
C.1.2 Metode Ekstraksi Superkritik CO ₂	84
C.2 Analisis <i>Yield</i>	87
C.2.1 Metode Ekstraksi Maserasi.....	87
C.2.2 Metode Ekstraksi Superkritik CO ₂	88
LAMPIRAN D	89
GRAFIK	89
D.1 Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan.....	89
D.1.1 Ekstraksi Maserasi.....	89
D.1.2 Ekstraksi Superkritik CO ₂	93
D.2 Hasil Analisis Perolehan	98
D.2.1 Ekstraksi Maserasi.....	98
D.2.2 Ekstraksi Superkritik CO ₂	98
LAMPIRAN E.....	99

CONTOH PERHITUNGAN 99

 E.1 Penentuan % Inhibisi 99

 E.2 Penentuan Nilai IC50 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Antioksidan Primer terhadap Radikal Bebas.....	15
Gambar 2.2 Tanaman Kelor.....	18
Gambar 2.3 Daun Kelor	18
Gambar 2.4 Diagram Fasa	30
Gambar 3.1 Rangkaian Alat SC CO ₂	42
Gambar 3.2 Rangkaian Alat SC CO ₂	42
Gambar 3.3 Metodologi Penelitian.....	43
Gambar 3.4 Diagram Alir Metode Ekstaksi Maserasi	45
Gambar 3.5 Diagram Alir Metode Ekstraksi SC CO ₂	47
Gambar 4.1 Ekstraksi Daun Kelor Maserasi dan Hasil Ekstraksi	51
Gambar 4.2 Pengaruh Jenis Pelarut terhadap % Yield	51
Gambar 4.3 Pengaruh Rasio F:S terhadap % Yield.....	53
Gambar 4.4 Larutan Ekstrak	54
Gambar 4.5 Larutan Ekstrak dengan Penambahan DPPH.....	54
Gambar 4.6 Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀).....	56
Gambar 4.7 Pengaruh Rasio F:S terhadap Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀).....	57
Gambar 4.8 Hasil Ekstraksi dengan Superkritik CO ₂ (30 MPa, 14 mL/menit).....	57
Gambar 4.9 Pengaruh Laju Alir CO ₂ terhadap % Yield.....	58
Gambar 4.10 Pengaruh Tekanan terhadap % Yield.....	60
Gambar 4.11 (a) Larutan Ekstrak dengan Penambahan DPPH Tekanan 20 MPa, Laju Alir 12 mL/menit ^a (b) Larutan Ekstrak dengan Penambahan DPPH Tekanan 20 MPa, Laju Alir 14 mL/menit ^b	62
Gambar 4.12 Pengaruh Laju Alir CO ₂ terhadap Aktivitas Antioksidan.....	63

Gambar 4.13 Pengaruh Tekanan terhadap Aktivitas Antioksidan.....	64
Gambar A.1 Diagram Alir Analisis Kadar Air.....	75
Gambar A.2 Diagram Alir Penentuan Aktivitas Antioksidan.....	76
Gambar D.1 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 96 %, Rasio F:S 1:6.....	89
Gambar D.2 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 96 %, Rasio F:S 1:10.....	89
Gambar D.3 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 96 %, Rasio F:S 1:14.....	90
Gambar D.4 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 50 %, Rasio F:S 1:6.....	90
Gambar D.5 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 50 %, Rasio F:S 1:10.....	91
Gambar D.6 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Etanol 50 %, Rasio F:S 1:14.....	91
Gambar D.7 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Air, Rasio F:S 1:6.....	92
Gambar D.8 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Air, Rasio F:S 1:10.....	92
Gambar D.9 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Maserasi Variasi Pelarut Air, Rasio F:S 1:14.....	93
Gambar D.10 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 10 MPa, 10 mL/ menit.....	93
Gambar D.11 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 10 MPa, 12 mL/ menit.....	94
Gambar D.12 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 10 MPa, 14 mL/ menit.....	94
Gambar D.13 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 20 MPa, 10 mL/ menit.....	95
Gambar D.14 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 20 MPa, 12 mL/ menit.....	95

Gambar D.15 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 20 MPa, 14 mL/ menit.....	96
Gambar D.16 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 30 MPa, 10 mL/ menit.....	96
Gambar D.17 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 30 MPa, 12 mL/ menit.....	97
Gambar D.18 Grafik Konsentrasi Sampel terhadap % Inhibisi Ekstraksi Superkritik Variasi 30 MPa, 14 mL/ menit.....	97
Gambar D.19 Grafik Perolehan Ekstraksi Maserasi Tiap Variasi	98
Gambar D.20 Grafik Perolehan Ekstraksi Superkritik CO ₂ Tiap Variasi.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produksi Tanaman Kelor PT. Moringa Organik Indonesia	2
Tabel 1.2 Tabel Premis	7
Tabel 2.1 Tingkatan Taksonomi Tanaman Kelor	17
Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Kelor per 100 g.....	19
Tabel 2.3 Pemanfaatan Bagian-Bagian Kelor.....	20
Tabel 2.4 Perbandingan Kandungan Nutrisi Daun Kelor	21
Tabel 2.5 Pelarut Ekstraksi dan Karakteristiknya	28
Tabel 2.6 Perbandingan Sifat Fisik Fluida Cair, Gas, dan Superkritik	31
Tabel 2.7 Sifat Fisik Fluida Superkritik	32
Tabel 2.8 Perbandingan Hasil Ekstraksi Daun Guayusa	37
Tabel 2.9 Karakteristik Ko Pelarut	38
Tabel 2.10 Perbandingan Hasil Total Flavonoid	40
Tabel 3.1 Variabel Penelitian Ekstraksi Maserasi	47
Tabel 3.2 Variabel Penelitian Ekstraksi SC CO ₂	47
Tabel 3.3 Aktivitas Antioksidan berdasarkan nilai IC ₅₀ (Molyneux, 2004)	48
Tabel 3.4 Jadwal Kerja Penelitian	49
Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi Daun Kelor Metode Konvensional	53
Tabel 4.2 Hasil Absorbansi dan % Inhibisi Ekstrak Kelor dengan Etanol 96 % (1:14).....	55
Tabel 4.3 Nilai Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor dengan Metode Konvensional	55
Tabel 4.4 Hasil % <i>Yield</i> pada Ekstraksi SC CO ₂ Daun Kelor	59
Tabel 4.5 Nilai Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor dengan Metode Konvensional	61
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Ekstraksi Daun Kelor dengan Metode Konvensional dan Superkritik CO ₂	65

Tabel C.1 Hasil Pengamatan Etanol 96 % dan Rasio F:S 1:6.....	80
Tabel C.2 Hasil Pengamatan Etanol 96 % dan Rasio F:S 1:10	80
Tabel C.3 Hasil Pengamatan Etanol 96 % dan Rasio F:S 1:14	81
Tabel C.4 Hasil Pengamatan Etanol 50 % dan Rasio F:S 1:6	81
Tabel C.5 Hasil Pengamatan Etanol 50 % dan Rasio F:S 1:10	81
Tabel C.6 Hasil Pengamatan Etanol 50 % dan Rasio F:S 1:14	82
Tabel C.7 Hasil Pengamatan Air dan Rasio F:S 1:6.....	82
Tabel C.8 Hasil Pengamatan Air dan Rasio F:S 1:10.....	83
Tabel C.9 Hasil Pengamatan Air dan Rasio F:S 1:14.....	83
Tabel C.10 Hasil Pengamatan 10 MPa dan 10 mL/menit	84
Tabel C.11 Hasil Pengamatan 10 MPa dan 12 mL/menit	84
Tabel C.12 Hasil Pengamatan 10 MPa dan 14 mL/menit	85
Tabel C.13 Hasil Pengamatan 20 MPa dan 10 mL/menit	85
Tabel C.14 Hasil Pengamatan 20 MPa dan 12 mL/menit	85
Tabel C.15 Hasil Pengamatan 20 MPa dan 14 mL/menit	86
Tabel C.16 Hasil Pengamatan 30 MPa dan 10 mL/menit	86
Tabel C.17 Hasil Pengamatan 30 MPa dan 12 mL/menit	87
Tabel C.18 Hasil Pengamatan 30 MPa dan 14 mL/menit	87
Tabel C.19 Hasil Pengamatan Yield dengan Metode Maserasi	87
Tabel C.20 Hasil Pengamatan Yield dengan Metode Superkritik CO ₂	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan yang pesat mendorong manusia lebih memperhatikan permasalahan yang ada. Di Indonesia, salah satu permasalahan yang cukup serius adalah kesehatan. Beberapa faktor lingkungan seperti polusi, tingginya intensitas sinar UV, dan temperatur rata-rata harian, ataupun paparan bahan kimia dapat menyebabkan munculnya radikal bebas. Selain faktor lingkungan, radikal bebas juga dapat muncul akibat gaya hidup yang tidak sehat seperti merokok atau mengonsumsi *junk food* dan makanan berlemak. Radikal bebas atau Senyawa Oksigen Reaktif (SOR) merupakan senyawa yang sangat reaktif yang dalam jumlah banyak dapat menyebabkan stres oksidatif. Stres oksidatif yang terjadi pada tubuh dapat menyebabkan timbulnya kerusakan biokimiawi pada jaringan hingga munculnya berbagai jenis penyakit. Radikal bebas juga berbahaya karena bisa meningkatkan senyawa karsinogenik yang merupakan penyebab kanker.

Radikal bebas yang terbentuk dalam tubuh akan diimbangi dengan adanya pertahanan tubuh yang berupa antioksidan (Yuslianti, 2018). Antioksidan merupakan suatu zat yang dapat mencegah terbentuknya radikal bebas dengan memberikan elektron kepada radikal bebas (Winarsi, 2007). Antioksidan dapat dibedakan berdasarkan biosintesisnya yaitu antioksidan alami dan sintesis. Kedua jenis antioksidan ini banyak dimanfaatkan untuk mencegah terjadinya oksidasi pada produk pangan dan dijual bebas dalam bentuk suplemen makanan dengan harga yang berkisar puluhan hingga ratusan ribu rupiah. Antioksidan sintesis memiliki harga pasaran yang lebih murah dibandingkan harga antioksidan alami namun memiliki efek samping yang dapat menimbulkan penyakit seperti gangguan hati dan paru-paru.

Indonesia sendiri adalah negara agraris yang memiliki sumber daya alam yang sangat beranekaragam dan melimpah, khususnya berbagai macam jenis tumbuhan yang dibudidayakan. Meskipun pemanfaatan utama sumber daya alam tumbuhan adalah sebagai sumber makanan dan nutrisi, tumbuhan juga sering dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional dan bahan obat-obatan alami, termasuk antioksidan.

Salah satu tanaman tropis yang tumbuh subur di Indonesia adalah tanaman kelor atau *Moringa oleifera*. Saat ini, daun kelor mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif bahan antioksidan alami. Beberapa penelitian menunjukkan kandungan nutrisi daun kelor yang tinggi serta telah banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan pangan (Melo dkk., 2013). Fitokimia yang terkandung di dalam daun kelor di antaranya tanin, steroid, triterpenoid,

flavonoid, saponin, antarquinon, dan alkaloid. Terdapat pula kandungan berupa mineral, asam amino esensial, serta vitamin C dan E. Daun kelor memiliki kandungan antioksidan yang tinggi sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut agar bisa dikembangkan secara maksimal peruntukannya sebagai sumber antioksidan. Selain itu, daun kelor juga banyak tersedia dan mudah dibudidayakan bahkan di tanah yang kering, sehingga bisa digunakan sebagai bahan baku yang mudah didapat dan efisien.

Di Indonesia sendiri, terdapat 2 tempat utama pembudidayaan agro-industri daun kelor yaitu di provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Di provinsi Jawa Tengah, terdapat PT. Moringa Organik Indonesia sedangkan di provinsi Jawa Timur terdapat perusahaan CV. Pusaka Madura. Kedua tempat pembudidayaan ini memiliki luas tanah lebih dari 1000 ha dengan kapasitas produksi mencapai puluhan ton setiap tahunnya yang juga sudah diekspor ke mancanegara (Wira'Artha, 2016). PT. Moringa Organik Indonesia merupakan perusahaan pertama yang membudidayakan kelor. Perusahaan ini memiliki tingkat produktivitas yang cukup tinggi, yaitu produksi basah sekitar 1,962.80 kg per bulannya bahkan memiliki kampung konservasi kelor sendiri yang terletak di daerah Blora, Jawa Tengah. Selain produksi basah, terdapat pula produksi serbuk kasar dan daun kering. Dengan tingkat produktivitas yang cukup tinggi ini, kelor dapat dimanfaatkan secara lebih luas (Akbar, 2018). Tabel 1.1 menunjukkan produksi tanaman kelor PT. Moringa Organik Indonesia pada periode November 2017 hingga Maret 2018.

Tabel 1.1 Produksi Tanaman Kelor PT. Moringa Organik Indonesia (Akbar, 2018)

Bulan	Bobot basah anak daun (kg)	Bobot kering anak daun (kg)	Rendemen (%)	Produksi serbuk kasar (kg)	Produksi daun kering (kg)
November 2017	2.835,00	607,80	21,00	577,80	30,00
Desember 2017	2.276,00	582,10	24,00	475,40	106,70
Januari 2018	186,00	17,70	23,00	15,30	2,40
Februari 2018	2.064,00	464,50	23,00	378,40	86,20
Maret 2018	2.453,00	552,10	23,00	530,90	21,20
Rata-rata	1.962,80	444,80	22,80	395,60	49,28

Selain di Jawa Tengah dan Jawa timur, wilayah NTT juga sudah mulai membudidayakan daun kelor dalam jumlah besar setelah kualitas daun kelor di pulau Timor diteliti dan dinyatakan sebagai daun kelor dengan kualitas terbaik di dunia setelah Spanyol. Harga daun

kelor sendiri cukup murah, yaitu sekitar Rp 3.000,00/ kg untuk daun kelor basah dan sekitar Rp 35.000,00/ kg untuk daun kelor yang sudah dikeringkan (Bere, 2015).

Berdasarkan potensi yang dimiliki oleh daun kelor sebagai sumber antioksidan alami dan komponen bioaktif lainnya, perlu dipelajari lebih lanjut mengenai proses ekstraksinya. Penggunaan metode ekstraksi yang tepat akan meningkatkan *yield* dari komponen yang diinginkan tersebut. Beberapa metode yang telah banyak digunakan adalah maserasi dan soklet, namun penggunaan metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti perlunya penggunaan pelarut organik dalam jumlah besar dan waktu operasinya yang cukup lama. Pelarut organik memiliki harga yang cukup mahal, sehingga jika diperlukan dalam jumlah banyak untuk ekstraksi akan menjadi tidak ekonomis. Pelarut organik juga memiliki sifat berbahaya yang beracun untuk tubuh, sehingga tidak sesuai jika digunakan untuk memproduksi bahan pangan ataupun produk farmasi untuk dikonsumsi seperti antioksidan. Selain itu, pelarut organik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika dibuang dalam jumlah banyak. Karena itu, saat ini banyak dikembangkan metode-metode ekstraksi novel untuk mengurangi jumlah pelarut organik dalam proses ekstraksi.

Salah satu metode ekstraksi novel adalah ekstraksi superkritik CO₂. Superkritik CO₂ selektif terhadap sampel dan aman untuk mengekstrak zat yang sensitif terhadap temperatur karena CO₂ memiliki temperatur kritis (T_c) yang relatif rendah dibandingkan fluida superkritik lainnya sehingga aman untuk komponenn bioaktif yang bersifat termolabil. CO₂ juga memiliki sifat yang tidak beracun dan *inert* sehingga cocok digunakan dalam ekstraksi antioksidan berbasis konsumsi pangan serta tidak mencemari lingkungan. Harga CO₂ yang lebih murah dibandingkan fluida superkritik lainnya diharapkan membuat biaya produksi antioksidan menjadi lebih ekonomis. Akan tetapi, saat ini masih belum banyak penelitian yang mengkaji kandungan antioksidan serta komponen bioaktif lainnya pada daun kelor dengan menggunakan ekstraksi superkritik CO₂. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Perez, dkk. pada tahun 2016 hanya terfokuskan pada faktor penambahan ko pelarut pada sampel yang diekstraksi dengan metode superkritik CO₂ sedangkan metode ini sendiri memiliki faktor lain yang tidak kalah pentingnya, seperti tekanan operasi dan laju alir CO₂ yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian dasar mengenai pengaruh faktor tekanan dan laju alir CO₂ pada ekstraksi superkritik daun kelor yang dapat dijadikan sebagai acuan ke depannya.

1.2 Tema Masalah

Penelitian ini memfokuskan pada masalah utama yaitu belum banyaknya penelitian mengenai proses ekstraksi dengan metode superkritik CO₂ untuk mendapatkan komponen

bioaktif daun kelor. Penelitian mengenai komponen bioaktif daun kelor yang telah dilakukan lebih banyak menggunakan metode konvensional seperti maserasi, soklet, dan refluks.

Penggunaan metode konvensional tersebut akan kurang efektif pada kondisi tertentu. Pada metode maserasi, ekstraksi berlangsung dalam waktu yang lama dan membutuhkan pelarut yang cukup banyak namun perolehan yang didapat tidak maksimal dan mungkin saja bersifat toksik karena penggunaan pelarut tersebut. Metode soklet dan refluks yang membutuhkan temperatur tinggi sehingga mungkin saja merusak komponen bioaktif pada daun kelor. Oleh karena itu, perlu penelitian lebih lanjut untuk ekstraksi daun kelor dengan metode superkritik CO₂ yang pada prosesnya tidak memerlukan temperatur tinggi dan pelarut tidak bersifat toksik, namun perolehan yang didapat lebih besar dibandingkan metode konvensional. Namun belum banyak penelitian mengenai metode ekstraksi superkritik CO₂ pada daun kelor untuk mengekstrak antioksidan yang terkandung. Penelitian yang telah dilakukan hanya menguji variabel ko pelarut. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui kondisi operasi optimum untuk tekanan dan laju alir CO₂ pada proses ekstraksi SC CO₂ sehingga dapat menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi serta analisis komponen aktif lainnya.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tema sentral masalah sebelumnya, maka identifikasi masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh laju alir CO₂ (10, 12, dan 14 mL/menit) terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode ekstraksi SC CO₂ dan pengaruh perbandingan massa umpan masuk dengan volume pelarut pada metode maserasi?
2. Bagaimana pengaruh jenis pelarut [air murni, campuran air etanol 50 %, (v/v) dan etanol 96 % (v/v)] terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode maserasi?
3. Bagaimana pengaruh tekanan operasi (10, 20, dan 30 MPa) terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode ekstraksi SC CO₂?
4. Bagaimana kondisi optimum untuk tekanan dan laju alir CO₂ untuk mengekstrak antioksidan dari daun kelor dengan SC CO₂?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh jumlah pelarut terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode ekstraksi SC CO₂ dan metode maserasi.

2. Mengetahui pengaruh jenis pelarut terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode maserasi.
3. Mengetahui pengaruh tekanan operasi terhadap *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor dengan metode ekstraksi SC CO₂.
4. Mengetahui kondisi optimum pada tekanan dan laju alir CO₂ untuk mengekstrak antioksidan dari daun kelor dengan SC CO₂.

1.5 Premis

Penelitian ini didasari pada beberapa penelitian terdahulu (literatur) yang digunakan sebagai studi pustaka, yang disajikan pada Tabel 1.2.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan studi pustaka dapat ditarik beberapa hipotesis pada penelitian ini, yaitu:

1. Semakin besar jumlah pelarut yang digunakan, maka nilai *yield* dan kandungan antioksidan daun kelor yang didapat akan semakin besar.
2. Antioksidan daun kelor bersifat polar, sehingga semakin polar pelarutnya, maka hasil ekstraksi akan semakin besar. Ekstraksi daun kelor dengan pelarut etanol 96 % akan menghasilkan *yield* dan kandungan antioksidan yang paling besar.
3. Semakin tinggi tekanan operasi, maka solubilitas fluida akan semakin besar sehingga kemampuan fluida untuk melarutkan antioksidan dan nilai *yield* serta kandungan antioksidan daun kelor yang didapat akan semakin besar.
4. Ekstraksi dengan SC CO₂ akan lebih efektif yakni menghasilkan *yield* dan aktivitas antioksidan lebih besar dibandingkan dengan metode maserasi.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang bermanfaat, antara lain:

1. Bagi industri
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan pemanfaatan daun kelor sebagai produk antioksidan yang dapat digunakan dalam industri bahan pangan, kesehatan, atau industri lainnya.
2. Bagi pemerintah
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pemanfaatan sumber daya alam secara optimal dan juga dapat menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat.

3. Bagi masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru bagi masyarakat mengenai manfaat dari komponen bioaktif dalam daun kelor terhadap kesehatan.

4. Bagi peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi peneliti mengenai proses ekstraksi superkritik CO₂ pada daun kelor, pengaruh jumlah pelarut pada metode ekstraksi maserasi maupun SC CO₂, pengaruh jenis pelarut pada metode ekstraksi maserasi, serta pengaruh tekanan operasi pada metode SC CO₂ terhadap *yield* dan kandungan ekstrak daun kelor.

Tabel 1.2 Tabel Premis Ekstraksi dengan Metode Superkritik CO₂

Bahan baku		Jenis Ko Pelarut	% Ko Pelarut terhadap volume CO ₂ (v/v)	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Waktu Ekstraksi (menit)	Analisis	Hasil			Sumber
Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.)		-	-	15	50	180	1. <i>Yield</i> 2. TPC, TF, dan TEAC untuk menguji aktivitas antioksidan	<i>Yield</i> (%)		Aktivitas antioksidan	Rodríguez-Pérez dkk., 2016
								3,1	-		
		Etanol	50,60,70 ^a	7	50	200		29,5	6 mmol eq trolox/ 100g <i>dry leaves</i>		
Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.) ^b	SZ	-	-	-	-	-	1. <i>Yield</i> 2. Uji HPLC (total flavonoid) 3. Uji DPPH (EC ₅₀)	<i>Yeild</i> (% <i>dry weight</i>)	Uji HPLC (g IQE/100 g sampel) ^e	Uji DPPH (mg/L)	Vongsak dkk., 2012
								21,96	0,95 ± 0,07	0,367	
	DD				100	30		60,95	0,91 ± 0,10	0,123	
	MD70				28±2	4320		40,50	6,20 ± 0,07	0,062	
	PD70				-	-		32,75	5,29 ± 0,05	0,095	
	SD70				-	1200		35,87	5,71 ± 0,09	55,07	

Tabel 1.2 Tabel Premis Ekstraksi dengan Metode Superkritik CO₂ (lanjutan)

Bahan baku	Jenis Ko Pelarut	% Ko Pelarut terhadap volume CO ₂ (v/v)	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Waktu Ekstraksi (menit)	Analisis	Hasil			Sumber
							Yield (%)	asam carnosic (mg/g sampel)	Carnosol (mg/g sampel)	
Daun <i>rosemary</i> (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	Aseton	-	20,7	40	60 (ekstraksi statis) dan 60 (ekstraksi dinamis)	1. Yield 2. Uji DPPH (EC ₅₀) dan analisis HPLC sehingga didapatkan 2.1 jumlah asam carnosic 2.2 jumlah carnosol (mg/g sampel)	0,80	12,2	0,18	Chang,dkk., 2007
				60			2,41	7,16	0,19	
				80			2,80	2,79	0,04	
			27,6	40			1,24	4,38	0,14	
				60			2,80	7,25	0,10	
				80			2,89	19,03	0,19	
			34,5	40	1,47	38,03	0,17			
				60	3,27	32,07	0,53			
				80	4,27	35,23	0,46			

Tabel 1.2 Tabel Premis Ekstraksi dengan Metode Superkritik CO₂ (lanjutan)

Bahan baku	Jenis Ko Pelarut	% Ko Pelarut terhadap volume CO ₂ (v/v)	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Waktu Ekstraksi (menit)	Analisis	Hasil			Sumber
							% Yield (g/g sampel)	TPC (mg GAE/g)	EC ₅₀ (mg/mL)	
Daun guayusa (<i>Ilex Guayusa</i> L.)	-	-	15	60	180	1. Yield 2. Total komponen 3. fenolik (TPC) 4. DPPH				Cadena-Carrera dkk., 2019
				70			1,54 ± 0,11	0,63 ± 0,03	6,26 ± 0,01	
			20	60			2,33 ± 0,01	0,62 ± 0,03	5,07 ± 0,07	
				70			2,68 ± 0,03	1,18 ± 0,04	4,42 ± 0,06	
			25	60			0,92 ± 0,08	0,28 ± 0,01	6,08 ± 0,00	
				70			2,29 ± 0,16	0,96 ± 0,05	5,50 ± 0,07	
	Etanol	7 ^a	15	45			3,08 ± 0,16	0,84 ± 0,02	5,17 ± 0,01	
				70			4,29 ± 0,34	2,97 ± 0,01	1,84 ± 0,00	
				45			3,38 ± 0,52	2,56 ± 0,05	1,45 ± 0,00	
				70			3,60 ± 0,37	2,32 ± 0,05	2,77 ± 0,01	
			25	45			6,02 ± 0,09	4,04 ± 0,37	1,37 ± 0,02	
				70						

Tabel 1.2 Tabel Premis Ekstraksi dengan Metode Superkritik CO₂ (lanjutan)

Bahan baku	Jenis Ko Pelarut		% Ko Pelarut terhadap volume CO ₂ (v/v)	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Waktu Ekstraksi (menit)	Analisis	Hasil		Sumber
Daun <i>rosemary</i> (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	Etanol		-	30	40	60	1. <i>Yield</i> komponen <i>non volatile</i> 2. Aktivitas Antioksidan (EC ₅₀)	<i>Yields</i> komponen <i>non volatile</i> (g/g sampel)	EC ₅₀ (µg/mL)	Vicente dkk., 2012
								1,42	51,7	
								2,28	35,2	
								2,77	30,4	
								2,90	27,4	
								3,75	26,4	
Daun sage (<i>Salvia officinalis</i> L.)	-	1 ^d	-	20;30;40	40;50;60	90	<i>Yield</i>	% <i>yield</i> (g/g sampel) ^e		Pavić dkk., 2019
		2 ^d						5,238		
		3 ^d						4,528		
								7,361		

Tabel 1.2 Tabel Premis Ekstraksi dengan Metode Superkritik CO₂ (lanjutan)

Bahan baku		Jenis Ko Pelarut	% Ko Pelarut terhadap volume CO ₂ (v/v)	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Waktu Ekstraksi (menit)	Analisis	Hasil	Sumber
Daun <i>vespertilionis</i> (<i>Mariposa christia vespertilionis</i>)	Ukuran partikel 63-1000 µm	Etanol	10	15;20;25;30;35	30;40;60;70	60	Aktivitas Antioksidan	Aktivitas antioksidan (% selisih absorbansi sampel dan kontrol / absorbansi kontrol) ^f : 49,76%	Arrif dkk., 2019

Keterangan:

a) % ko pelarut dalam w/w

b) Metode konvensional

SZ: *squeezing*DF: *decoction* (perebusan daun segar)

MF70: maserasi daun segar dengan 70% etanol (w/v)

PD70: perkolasi daun kering dengan 70% etanol (w/v)

SD70: ekstraksi soklet daun kering dengan 70% (w/v)

c) $Mean \pm SD (n-3)(...)$ % berat daun segard) Laju alir CO₂ (kg/jam)

e) Data diambil pada kondisi optimum hasil analisis ANNOVA

Tekanan 30 MPa dan temperatur 50°C untuk laju alir CO₂ 1 kg/jamTekanan 20 MPa dan 50 °C untuk laju alir CO₂ 2 kg/jamTekanan 30 MPa dan temperatur 50 °C untuk laju alir CO₂ 3 kg/jam.

f) Data penelitian dari analisis ANNOVA pada kondisi optimum:

temperatur 50 °C, tekanan 25 MPa, dan ukuran matriks 250 µm