

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA AGAR ALGA MERAH
Gracilaria verrucosa HASIL EKSTRAKSI SONIKASI DENGAN
VARIASI KONSENTRASI PERENDAMAN ASAM SITRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
SYAHNUR HAQIQOH
NIM. 18630083**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA AGAR ALGA MERAH
Gracilaria verrucosa HASIL EKSTRAKSI SONIKASI DENGAN
VARIASI KONSENTRASI PERENDAMAN ASAM SITRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
SYAHNUR HAQIQOH
NIM. 18630083**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana
Malik Ibrahim Malang Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

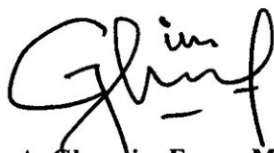
**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA AGAR ALGA MERAH
Gracilaria verrucosa HASIL EKSTRAKSI SONIKASI DENGAN VARIASI
KONSENTRASI PERENDAMAN ASAM SITRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
SYAHNUR HAQIQOH
NIM. 18630083**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 10 Juni 2022**

Pembimbing I



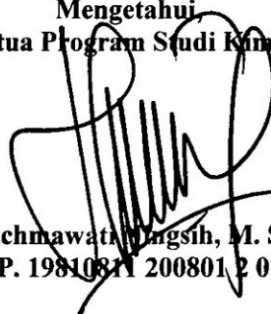
**A. Ghani Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

Pembimbing II



**Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT. 20142011409**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia**



**Rachmawati Angsih, M. Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA AGAR ALGA MERAH
Gracilaria verrucosa HASIL EKSTRAKSI SONIKASI DENGAN VARIASI
KONSENTRASI PERENDAMAN ASAM SITRAT**

SKRIPSI

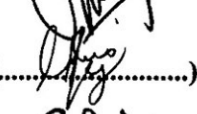
Oleh:
SYAHNUR HAQIQOH
NIM. 18630083

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)
Tanggal: 27 Juni 2022

Ketua Penguji : Rachmawati Ningsih, M. Si
NIP. 19810811 200801 2 010

(.....)

Anggota Penguji I : Lilik Miftahul Khoiroh, M. Si
NIP. 19831226 201903 2 008

(.....)

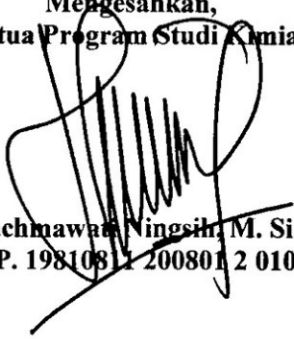
Anggota Penguji II : A. Ghanaïm Fasya, M. Si
NIP. 19820616 200604 1 002

(.....)

Anggota Penguji III : Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT. 20142011409

(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Kimia


Rachmawati Ningsih, M. Si
NIP. 19810811 200801 2 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syahnur Haqiqoh

NIM : 18630083

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antioksidan Senyawa Agar Alga Merah
Gracilaria verrucosa Hasil Ekstraksi Sonikasi dengan
Variasi Konsentrasi Perendaman Asam Sitrat.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila ini di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Juni 2022
Yang membuat pernyataan



Syahnur Haqiqoh
NIM. 18630083

MOTTO

وَأَقْرِضْ أَمْرِي إِلَى اللَّهِ

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

Q.S Al Mu'min [40]: 44

dan

**“Hiduplah seakan kamu mati besok, belajarlah seakan
kamu hidup selamanya “**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin...

Sujud syukur dan segala puji tiada henti kepada Allah SWT yang telah menggariskan takdir terbaik dari butiran-butiran harapan yang selalu dipanjatkan sehingga tugas akhir saya yang masih jauh dari kata sempurna ini dapat terselesaikan dengan baik.

Lantunan Al-Fatihah beriring shalawat serta do'a tiada henti, saya persembahkan karya sederhana ini kepada:

Kedua orangtua saya, Baba Thohiruddin Kahar dan Mama Zubaidah yang setiap waktu selalu memanjatkan do'a-do'a terbaik untuk anak-anaknya, memberikan dukungan baik material maupun non-material serta memberikan motivasi yang tak terhingga untuk dapat menyelesaikan karya sederhana ini.

Para dosen dan seluruh laboran Program Studi Kimia khususnya Bapak A. Ghanaim Fasya M.Si selaku dosen pembimbing utama, Bapak Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku pembimbing agama, Ibu Susi Nurul Khalifah M.Si selaku dosen wali dan Mas Abi selaku laboran organik yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu yang berarti baik pada proses perkuliahan maupun penelitian sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Untuk orang-orang baik yang Allah kirimkan untuk menemani perjuangan saya dalam perkuliahan maupun organisasi yakni seluruh teman-teman Kripton angkatan 2018, kakak tingkat 2012 – 2017, Sobat Misqueen, Ponpes Syah-nur, Planet Fam's, dan 16's Sweetheart terima kasih untuk setiap do'a baik, pelajaran, nasehat, motivasi dan bantuan tanpa pamrih hingga detik ini yang sangat berharga bagi diri saya pribadi. Terima kasih telah menjadi bagian dalam kehidupan saya di bangku perkuliahan. Semoga kita dapat dipertemukan lagi di perlintasan kesuksesan masing-masing. Aamiin...

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Aktivitas Antioksidan Senyawa Agar Alga Merah *Gracilaria verrucosa* Hasil Ekstraksi Sonikasi dengan Variasi Konsentrasi Perendaman Asam Sitrat.” Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah menerangi dunia dengan cahaya iman dan Islam. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu proses penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan.
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Rachmawati Ningsih, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si. selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku pembimbing agama yang sabar memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana, dan wawasannya sebagai peodoman dan bekal bagi penulis.
7. Seluruh staf laboratorium dan staf administrasi Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang atau bantuan dan arahnya selama proses penelitian.
8. Seluruh teman-teman kimia yang telah memberi motivasi, informasi, bantuan, dan masukannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Semua rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan motivasinya kepada penyusun.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penulis sangat terbuka dengan saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi sarana pembuka tabir ilmu pengetahuan baru dan bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Malang, 11 Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alga Merah <i>Gracilaria verrucosa</i>	7
2.2 Agar.....	10
2.2.1 Sifat Fisika Kimia Agar	13
2.2.2 Aplikasi Agar	15
2.3 Ekstraksi Sonikasi	16
2.4 Identifikasi Gugus Fungsional Agar Menggunakan FTIR.....	23
2.5 Antioksidan	24
2.6 Uji Aktivitas Antioksidan	27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	30
3.2 Alat dan Bahan.....	30
3.2.1 Alat.....	30
3.2.2 Bahan	30
3.3 Rancangan Penelitian.....	31
3.4 Tahapan Penelitian.....	32
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	33
3.5.1 Preparasi Alga Merah <i>Gracilaria verrucosa</i>	33
3.5.2 <i>Pretreatment</i> Alga Merah <i>Gracilaria verrucosa</i>	33
3.5.3 Ekstraksi Agar Menggunakan Metode sonikasi	33
3.5.4 Analisis Rendemen Agar	33

3.5.5 Uji Gugus Fungsional Agar Menggunakan FTIR.....	34
3.5.6 Uji Karakteristik Agar.....	34
3.5.7 Uji Aktivitas Antioksidan Agar	36
3.6 Analisis Data	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Alga Merah <i>Gracilaria verrucosa</i>	40
4.2 Pretreatment Alga Merah <i>Gracilaria verrucosa</i>	41
4.3 Ekstraksi Agar Menggunakan Metode Sonikasi.....	42
4.4 Analisis Rendemen Agar	43
4.5 Uji Gugus Fungsional Agar Menggunakan FTIR.....	45
4.6 Uji Karakteristik Agar.....	48
4.6.1 Pengukuran Titik Leleh.....	48
4.6.2 Pengukuran Kadar Air	49
4.6.3 Pengukuran Kadar Abu.....	50
4.6.4 Penentuan Nilai pH	52
4.6.5 Pengukuran Kadar Sulfat	53
4.7 Uji Aktivitas Antioksidan Agar	55
4.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum DPPH.....	55
4.7.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan Agar	55
4.8 Pembahasan Hasil Senyawa Agar dalam Perspektif Islam.....	59

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63

DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	9
Gambar 2.2 Struktur Kimia Agar.....	11
Gambar 2.3 Fenomena Kavitasi.....	18
Gambar 2.4 Spektra FTIR dari <i>Gracilaria sp.</i>	24
Gambar 2.5 Reaksi Reduksi DPPH dengan Senyawa Antioksidan	28
Gambar 4.1 Dugaan Mekanisme Reaksi Larutan Asam Sitrat dengan Agar	41
Gambar 4.2 Agar Hasil Ekstraksi.....	42
Gambar 4.3 Spektra hasil FTIR Agar Hasil Ekstraksi dan Agar Komersil	46
Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum DPPH.....	55
Gambar 4.5 Dugaan Mekanisme Reaksi Antara Agar dan DPPH	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi <i>Gracilaria verrucosa</i>	9
Tabel 2.2 Spesifikasi Standar Mutu Agar	15
Tabel 2.3 Analisis Panjang Gelombang pada Agar	23
Tabel 2.4 Sifat Antioksidan Berdasarkan Nilai IC ₅₀	29
Tabel 3.1 Rancangan Acak Lengkap Penelitian	32
Tabel 4.1 Agar Hasil Ekstraksi Sonikasi	42
Tabel 4.2 Rata-rata Rendemen Agar	44
Tabel 4.3 Data Spektrum FTIR Agar	46
Tabel 4.4 Titik Leleh Agar dan Agar Komersil	49
Tabel 4.5 Rata-rata Kadar Air Agar	50
Tabel 4.6 Rata-rata Kadar Abu Agar	51
Tabel 4.7 Rata-rata Nilai pH	52
Tabel 4.8 Rata-rata Kadar Sulfat.....	53
Tabel 4.9 Gabungan Hasil Uji Agar Hasil Ekstrak dan Agar Komersil	54
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Aktivitas Antioksidan	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	73
Lampiran 2. Diagram Alir.....	73
Lampiran 3. Perhitungan.....	78
Lampiran 4. Data Pengamatan dan Perhitungan	83

ABSTRAK

Haqiqoh, S. 2022. **Uji Aktivitas Antioksidan Senyawa Agar Alga Merah *Gracilaria verrucosa* Hasil Ekstraksi Sonikasi dengan Variasi Konsentrasi Perendaman Asam Sitrat**. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: A. Ghanaim Fasya, M.Si, Pembimbing II: M. Mukhlis Fahrudin, M.Si.

Kata kunci: *Gracilaria verrucosa*, Agar, Asam sitrat, Sonikasi, Antioksidan

Gracilaria verrucosa merupakan alga merah yang cukup potensial dan banyak ditemui. *Gracilaria verrucosa* merupakan sumber utama penghasil agar yang sangat berguna dan juga dapat dikonsumsi. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui aktivitas antioksidan senyawa agar pada alga merah *Gracilaria verrucosa* hasil ekstraksi sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat. Metode ekstraksi yang digunakan adalah ekstraksi sonikasi dengan pelarut akuades perbandingan 1:20 (b/v) dengan suhu 60°C selama 60 menit. Sebelum dilakukan proses ekstraksi, dilakukan perendaman terhadap *Gracilaria verrucosa* dengan asam sitrat konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M selama 1 jam. Hasil ekstraksi yang diperoleh akan dilakukan beragam pengujian diantaranya uji rendemen, uji gugus fungsional menggunakan FTIR, uji karakteristik yang meliputi uji titik leleh, pengukuran kadar air, pengukuran kadar abu, penentuan nilai pH, dan pengukuran kadar sulfat, kemudian dilakukan uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH. Hasil analisis data menunjukkan bahwa agar perendaman asam sitrat 0,6 M merupakan perlakuan terbaik dengan nilai rendemen 45,23%, titik leleh 86-92 °C, kadar air 4,58%, kadar abu 26,16%, pH 7,19, kadar sulfat 4,27%, dan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 26,37 ppm serta nilai AAI sebesar 2,98.

ABSTRACT

Haqiqoh, S. 2022. **Antioxidant Activity Test of Red Algae Agar *Gracilaria verrucosa* Result of Sonication Extraction with Variation of Citric Acid Immersion Concentration.** Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor I: A. Ghanaim Fasya, M.Si, Supervisor II: M. Mukhlis Fahrudin, M.Si.

Keywords: *Gracilaria verrucosa*, Agar, Citric Acid, Sonication, Antioxidant

Gracilaria verrucosa is a red algae that is quite potential and commonly found. *Gracilaria verrucosa* is the main source of agar which is very useful and can also be consumed. This study was used to determine the antioxidant activity of agar compounds on red algae *Gracilaria verrucosa* the results of sonication extraction with various concentrations of citric acid immersion. The extraction method used is sonication extraction with aquadest solvent in a ratio of 1:20 (w/v) at a temperature of 60 °C for 60 minutes. Before the extraction process is carried out, the soil is soaked *Gracilaria verrucosa* with citric acid concentrations of 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1.0 M for 1 hour. The extraction results obtained will be carried out various tests including yield test, functional group tests using FTIR, characteristic tests which include melting point test, water content measurement, ash content measurement, pH value determination, and sulfate level measurement, and the antioxidant activity was tested using the DPPH method. The results of data analysis show that so that 0.6 M citric acid immersion is the best treatment with a yield value of 45.23%, melting point 86-92 °C, water content 4.58%, ash content 26.16%, pH 7.19, sulfate content 4.27%, and with a very strong antioxidant activity with an IC₅₀ value of 26.37 ppm and the AAI value of 2.98.

مستخلص البحث

حقيقة، ٢٠٢٢. ش. اختبار نشاط مضادات الأكسدة (*Gracilaria verrucosa*) نتيجة استخراج صوتنة مع تباين تركيز غمر حامض الستريك. البحث العلمي، قسم الكيمياء العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: أحمد أغنائم ابشا، الماجستير، المشرف الثاني: محمد مخلص فخرالين، الماجستير.

الكلمات الدالة: (*Gracilaria verrucosa*)، هلام، حمض الستريك، صوتنة، مضادات الأكسدة

(*Gracilaria verrucosa*) هي طحالب حمراء محتملة جدًا وتوجد بشكل شائع. (*Gracilaria verrucosa*) هو المصدر الرئيسي للأجار وهو مفيد جدًا ويمكن أيضًا استهلاكه. استخدمت هذه الدراسة لتحديد النشاط المضاد للأكسدة لمركبات الأجار على الطحالب الحمراء (*Gracilaria verrucosa*) نتائج استخراج صوتنة بتركيزات مختلفة من غمر حامض الستريك. طريقة الاستخلاص المستخدمة هي الاستخلاص الصوتي بتردد باستخدام مذيب أكواديس بنسبة ١:٢٠ (وزن / حجم) عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية لمدة ٦٠ دقيقة. قبل تنفيذ عملية الاستخراج، يتم نقع التربة (*Gracilaria verrucosa*) بتركيزات حمض الستريك ٠،٢؛ ٠،٤؛ ٠،٦؛ ٠،٨؛ و ١٠ ن لمدة ١ ساعة. ستُجرى نتائج الاستخلاص التي تم الحصول عليها من الاختبارات المختلفة بما في ذلك اختبارات العائد، المجموعة الوظيفية باستخدام (FTIR)، والاختبارات المميزة التي تشمل اختبار نقطة الانصهار، وقياس محتوى الماء، وقياس محتوى الرماد، وتحديد قيمة الأس الهيدروجيني، وقياس مستوى الكبريتات، وتم اختبار النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة (DPPH). تظهر نتائج تحليل البيانات ذلك بحيث يكون ٠،٦ نيوتن من غمر حامض الستريك هو أفضل علاج بقيمة إنتاجية تبلغ ٤٥،٢٣. نقطة الانصهار ٨٦-٩٢، محتوى الماء ٤٥،٨، محتوى الرماد ٢٦،١٦. الرقم الهيدروجيني ٧،١٩، محتوى الكبريتات ٤،٢٧. مع نشاط مضاد للأكسدة قوي للغاية بقيمة (IC₅₀) ٢٦،٣٧ صفحة في الدقيقة وقيمة (AAI) البالغة ٢،٩٨.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makroalga atau dikenal dengan alga merupakan tumbuhan laut yang memiliki ragam jenis dan manfaat. Salah satu manfaat dari alga sendiri dapat menghasilkan metabolit primer senyawa hidrokoloid polisakarida seperti agar, karagenan, dan alginat yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri salah satunya pada industri kesehatan. (Nuzaha & Muchtaridi, 2017). Sebagaimana pada firman Allah SWT dalam al-Qur'an Surat asy Syu'araa ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik”* (QS. asy-Syu'araa: 7).

Berdasarkan surat asy Syu'araa ayat 7, menurut Al-jalalain (2010) menjelaskan bahwa ayat (كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ) memiliki maksud bahwa Allah SWT menurunkan beraneka ragam tumbuh-tumbuhan yang baik dan bermanfaat bagi manusia. Sedangkan menurut Al Qurtubi (2009) terdapat tiga kata yang ditekankan, yaitu (يَرَوْا) memiliki arti memperhatikan, (زَوْجٍ) memiliki arti tumbuh-tumbuhan dan (كَرِيمٍ) memiliki arti baik dan mulia, tiga kata tersebut dapat mengungkap keagungan dan kekuasaan Allah SWT Allah SWT dengan kuasanya memiliki kebaikan dengan menurunkan beraneka ragam tumbuh-tumbuhan yang baik dan dapat dimanfaatkan bagi manusia sehingga manusia yang berperan sebagai

khalifah di bumi memiliki tugas untuk menjaga dan melestarikannya salah satunya dengan memanfaatkan sebagai obat-obatan.

Berdasarkan pada kandungan pigmennya alga dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas *Chlorophyta* dikenal dengan sebutan alga hijau, kelas *Rhodophyta* dikenal dengan sebutan alga merah, kelas *Phaeophyta* dikenal dengan sebutan alga coklat, dan kelas *Cyanophyceae* dikenal dengan sebutan alga biru-hijau (Prasadi, 2018 dan Marianingsih *et al.*, 2013). Kelas alga yang memiliki banyak potensi pemanfaatan serta banyak ditemui adalah alga merah dengan genus *Gracilaria* spesies *Gracilaria verrucosa* karena menjadi sumber utama penghasil agar (Waluyo *et al.*, 2019). Di dalam alga genus *Gracilaria sp.* tersebut memiliki kandungan penyusun agar yang baik berupa agarosa dan agaropektin sehingga menghasilkan agar dengan kekuatan gel yang kuat dan kokoh (Martinah *et al.*, 2014).

Produksi agar dalam berbagai industri banyak dikembangkan untuk dapat menghasilkan agar dengan kualitas yang paling baik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Terdapat beberapa tahapan proses untuk dapat memproduksi agar dari alga. Menurut Darmawan *et al.* (2020) sebelum dilakukan ekstraksi pada alga menjadi agar perlu dilakukan perendaman menggunakan larutan alkali atau asam. Salah satu larutan asam yang digunakan untuk perendaman agar adalah asam sulfat, asam asetat, asam sitrat, buah asam, dan daun asam (Winarno, 1990).

Pada penelitian Anjarsari *et al.* (2005) melakukan perendaman terhadap *Gracilaria sp.* menggunakan asam sulfat dengan variasi pH 6,0 – 7,0, diperoleh rendemen dari masing-masing pH secara berturut-turut sebesar 15,567 – 20,48%. Sedangkan pada penelitian Distantina *et al.* (2006) melakukan perendaman alga

dengan menggunakan asam asetat pada variasi konsentrasi 0,2 – 0,8 M diperoleh rendemen dari masing-masing konsentrasi secara berturut-turut sebesar 54,4 – 70,04%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan asam yang digunakan pada proses perendaman, maka rendemen agar yang diperoleh akan semakin meningkat. Akan tetapi, pengolahan agar menggunakan asam yang terlalu kuat seperti asam sulfat sangatlah berbahaya walaupun hanya menggunakan konsentrasi yang sangat kecil (Winarno, 1996). Untuk dapat mengurangi resiko bahaya perlu dilakukannya pengembangan penelitian mengenai penggunaan asam yang tidak berbahaya salah satunya menggunakan asam sitrat.

Ekstraksi sonikasi merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan untuk memproduksi agar yang ramah lingkungan dengan menghasilkan rendemen yang tinggi serta kualitas yang baik meskipun menggunakan waktu ekstraksi yang singkat jika dibandingkan dengan ekstraksi konvensional (Uju *et al.*, 2018). Keunggulan lain yang dimiliki ekstraksi sonikasi, yaitu dapat mengurangi penggunaan suhu yang tinggi serta dapat meningkatkan transfer massa dan mempercepat difusi melalui membran sel yang terdapat pada alga (Falleh *et al.*, 2012).

Distantina *et al.* (2008) telah melakukan penelitian terhadap *Gracilaria verrucosa* dengan ekstraksi konvensional menggunakan perendaman CH_3COOH variasi konsentrasi selama 2 jam pada suhu 98°C , dihasilkan bahwa perendaman larutan CH_3COOH konsentrasi 0,8 M mendapatkan hasil terbaik dengan nilai rendemen sebesar 13,68%. Sedangkan Uju *et al.* (2018) melakukan penelitian terhadap *Gracilaria sp.* dengan ekstraksi sonikasi menggunakan perendaman CH_3COOH 3%, ekstraksi sonikasi dilakukan menggunakan frekuensi 40 kHz

dengan variasi suhu dan waktu ekstraksi. Rendemen yang diperoleh semakin meningkat dengan semakin meningkatnya suhu dan waktu ekstraksi dengan rendemen terbaik sebesar 12,45% pada suhu ekstraksi 60°C selama 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ekstraksi sonikasi berpengaruh dalam meningkatkan rendemen sekalipun menggunakan suhu rendah dan waktu yang singkat.

Menurut Indahyani *et al.* (2019) selain pemanfaatannya dalam bidang industri alga merah genus *Gracilaria sp.* juga dapat dimanfaatkan sebagai penghasil antioksidan alami. Hal ini karena alga merah genus *Gracilaria sp.* tersebut memiliki kandungan polisakarida sulfat di dalamnya (Coura *et al.*, 2012). Antioksidan alami dapat dikonsumsi berlebih dan tidak berbahaya bagi tubuh, sehingga dapat terhindar dari berbagai penyakit utamanya penyakit degeneratif seperti kanker, diabetes, dan penuaan dini yang disebabkan oleh peningkatan radikal bebas (Julfitriyani *et al.*, 2016). Assaw *et al.* (2018) telah melakukan penelitian mengenai potensi antioksidan polisakarida agar dengan berbagai konsentrasi dari *Gracilaria sp.* menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Diperoleh bahwa *Gracilaria sp.* memiliki aktivitas antioksidan pada konsentrasi 2,5 mg/mL dengan aktivitas antioksidan sebesar 4,14%, diikuti dengan konsentrasi 5,0 mg/mL dengan aktivitas antioksidan sebesar 6,13%, dan konsentrasi 10 mg/mL sebesar 18,26%.

Adanya aktivitas antioksidan pada alga tersebut diperlukan pengembangan penelitian mengenai aktivitas antioksidan senyawa agar hasil ekstraksi sonikasi menggunakan perendaman asam yang tidak berbahaya untuk dikonsumsi seperti asam sitrat. Pengolahan agar menggunakan perendaman asam sitrat belum banyak dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan asam sitrat

dengan variasi konsentrasi perendaman pada *Gracilaria verrucosa* menggunakan ekstraksi sonikasi. Variasi konsentrasi asam sitrat ditentukan secara Rancangan Acak Lengkap (RAL), yaitu 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M. Aktivitas antioksidan senyawa agar dari *Gracilaria verrucosa* yang diperoleh diharapkan dapat memudahkan pengkajian lebih lanjut di berbagai bidang industri, seperti industri pangan, bioteknologi, maupun industri kesehatan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai rendemen, karakteristik, dan kemurnian senyawa agar alga merah *Gracilaria verrucosa* hasil ekstraksi sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat?
2. Bagaimana aktivitas antioksidan pada senyawa agar dari alga merah *Gracilaria verrucosa* hasil ekstraksi sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai rendemen, karakteristik, dan kemurnian senyawa agar dari alga merah *Gracilaria verrucosa* hasil ekstraksi sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat.
2. Mengetahui aktivitas antioksidan pada senyawa agar dari alga merah *Gracilaria verrucosa* hasil ekstraksi sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat.

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan merupakan alga merah jenis *Gracilaria verrucosa* diperoleh dari tambak Dusun Tanjungsari, Desa Kupang, Kecamatan Jabon, Sidoarjo.
2. *Pretreatment* dilakukan dengan perendaman menggunakan asam sitrat variasi konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M.
3. Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode ekstraksi sonikasi dengan pelarut akuades dengan suhu 60°C selama 60 menit.
4. Uji karakteristik agar meliputi uji titik leleh, pengukuran kadar air, pengukuran kadar abu, penentuan nilai pH, dan pengukuran kadar sulfat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah kepada pembaca bahwa senyawa agar dari *Gracilaria verrucosa* memiliki aktivitas antioksidan serta dapat memberikan sebuah informasi mengenai perendaman senyawa agar dari *Gracilaria verrucosa* menggunakan asam sitrat dan cara ekstraksi menggunakan ekstraksi sonikasi sehingga dapat mempermudah pengkajian lebih lanjut di berbagai bidang industri seperti industri pangan, bioteknologi, maupun industri kesehatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Rumput laut atau dikenal dengan alga memiliki perbedaan dengan tumbuhan pada umumnya, alga merupakan tumbuhan laut yang tergolong dalam makroalga bentik sederhana yang tidak memiliki struktur khusus dan tidak dapat dibedakan antara daun, batang, dan akarnya (Kasanah *et al.*, 2015). Layaknya tumbuhan pada umumnya alga juga memiliki klorofil atau pigmen warna yang dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu alga coklat, alga hijau, alga biru-hijau, dan alga merah (Savitri *et al.*, 2017).

Alga merah kelas *Rhodophyta* merupakan alga yang lebih banyak dibudidayakan dibandingkan tiga kelas alga lainnya dikarenakan menghasilkan polisakarida dengan jumlah besar yang tidak terdapat pada alga lainnya sehingga dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai bidang industri. Polisakarida yang dapat diperoleh dapat berupa agar, karagenan, dan alginat (Agustin *et al.*, 2017). Agar merupakan produk yang banyak dibutuhkan di berbagai industri dan permintaannya terus meningkat (Fransuska & Murdinah, 2007). Sebagaimana dijelaskan dalam Al-Quran surat Qaf ayat 9:

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ

Artinya: “Dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam”(QS. Qaf: 9).

Berdasarkan surat Qaf ayat 9, Allah SWT memberikan rahmat-Nya kepada manusia di muka bumi yakni dengan diturunkannya air dari langit yang membawa kebaikan dan manfaat serta ditumbuhkannya dengan air tersebut kebun-kebun yang mempunyai pohon-pohonan, bunga-bunga, buah-buahan, dan biji tumbuhan yang dituai. Tujuan diturunkan dan ditumbuhkan pula aneka tumbuhan adalah agar manusia senantiasa mencari dan mengambil manfaat dari setiap sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT (Handayani, 2015). Alga merah dalam kemampuan memproduksi agar dikelompokkan menjadi dua, yaitu *agarophyte* dan *agaroidophyte*. *Agarophyte* merupakan alga yang sering digunakan dalam berbagai industri karena digunakan sebagai bahan baku dalam penghasil agar. Sedangkan *agarophyte* merupakan alga yang memiliki sifat seperti agar, namun memiliki kekuatan gel dan nilai viskositas yang rendah (Utami, 2008). Salah satu alga yang termasuk dalam kelompok *agarophytes* adalah *Gracilaria sp.* (Winarno, 1996). Alga tersebut dikenal memiliki beberapa spesies salah satu diantaranya yaitu *Gracilaria verrucosa* (Rasyid, 2004).

Adapun klasifikasi alga *Gracilaria verrucosa* adalah sebagai berikut (Anggadireja, 2006):

Divisi : Rhodophyta
Kelas : Rhodophyceae
Ordo : Gigartinales
Famili : Gracilariaceae
Genus : Gracilaria
Spesies : *Gracilaria verrucosa*.



Gambar 2.1 Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*

Gracilaria verrucosa memiliki warna coklat kehijauan serta memiliki thallus silindris dengan permukaan yang licin dan lunak seperti tulang rawan (Risiani, 2004). *Gracilaria verrucosa* memiliki cabang yang tidak beraturan yang memusat ke arah pangkal, panjangnya sekitar 2 cm dengan diameter yang dimiliki thallus sekitar 0,2 – 1,5 mm serta jarak antar cabang thallus berdekatan sekitar 3 – 15 mm (Atmaja *et al.*, 1996). Alga genus *Gracilaria* dapat hidup berkisar 300 – 1000 meter dari pantai dengan ke dalaman air berkisar 0,5 – 1 meter dengan kondisi air harus jernih dimana sinar matahari dapat menembus alga tersebut. Kondisi kadar garam dalam air harus berkisar 15 – 30 per mil dan suhunya berkisar 20 – 28°C. Berdasarkan pada kondisi habitat dari alga tersebut, maka alga tersebut dapat hidup dengan baik di dekat muara sungai (Sudariastuty, 2011).

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi *Gracilaria verrucosa*

Komponen	Jumlah
Agar	0,054% – 0,064%
Serat kasar	11,44% – 12,78%
Protein	9,28% – 11,93%
Lemak	0,12% – 0,15%.

Sumber: Sugiyatno *et al.* (2013)

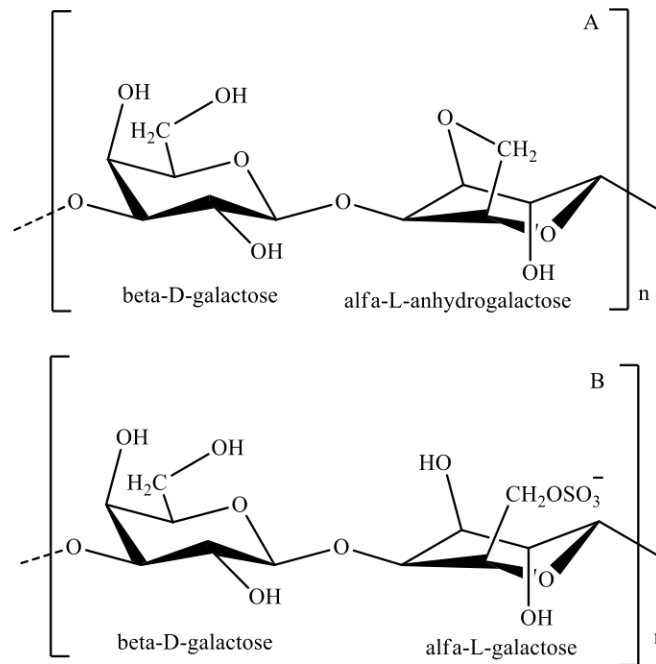
Gracilaria verrucosa merupakan alga yang paling banyak digunakan dalam produksi agar dikarenakan kaya akan mineral yang diperlukan tubuh untuk menjaga dan mengatur metabolisme. Tidak hanya mengandung protein dan karbohidrat, *Gracilaria verrucosa* juga mengandung beberapa mineral lainnya seperti kalsium, natrium, larutan ester, vitamin A, vitamin B, vitamin C, vitamin D, vitamin E, serta iodium (Ariyadi, 2004).

Kandungan agar yang terdapat pada *Gracilaria sp.* antara 16 – 45% (Kadi & Atmadja, 1988) sedangkan pada penelitian Kumar *et al.* (2013) dijelaskan bahwa pada kandungan agar alga merah *Gracilaria verrucosa* sebesar 28%. Kandungan agar tersebut dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi lingkungan dan perlakuan yang dilakukan. Kondisi lingkungan yang harus diperhatikan untuk memperoleh kualitas agar yang baik adalah kualitas bibit, pemilihan lokasi untuk budidaya alga, metode budidaya, umur panen, pemeliharaan dan penanganan pasca panen, serta proses pengolahannya (Santika *et al.*, 2014). Menurut Santika *et al.* (2014) *Gracilaria verrucosa* memiliki sifat mutu agar terbaik yang memiliki umur panen selama 60 hari dengan menggunakan perendaman menggunakan NaOH 5%.

2.2 Agar

Agar merupakan suatu hidrokoloid polisakarida kompleks yang memiliki struktur terdiri atas dua komponen utama, yaitu agarosa dan agaropektin (Kusuma *et al.*, 2013), dimana dua komponen tersebut merupakan komponen yang baik dalam membentuk agar dengan kualitas gel yang kuat (Drum, 2013). Selain itu, komponen agarosa merupakan jenis polisakarida sulfat yang dapat menunjukkan adanya aktivitas antioksidan (Sani *et al.*, 2019). Agar dapat diperoleh dari kelas alga

merah (*Rhodophyta*) dari famili *Gelidiaceae* dan *Gracilariaceae* (Li *et al.*, 2008). *Gracilaria sp.* memiliki peran penting dalam bidang industri dan bioteknologi karena kandungan *phycocolloids* sebagai sumber utama pembuatan agar, yaitu α -(1,4)-3,6-anhidro-L-galaktosa dan β -(1,3)-D-galaktosa (Almeida, 2011).



Gambar 2.2 Struktur Kimia Agar (A) Agarosa; (B) Agaropektin (Shahidi & Rahman, 2018)

Molekul agar terdiri dari rantai linier galaktan. Galaktan merupakan polimer dari galaktosa. Dalam menyusun senyawa agar-agar, galaktan dapat berupa rantai linier yang netral maupun sudah berasosiasi dengan metil atau asam sulfat. Galaktan yang sebagian monomer galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut agarosa sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat disebut agaropektin. Agarosa merupakan suatu polisakarida netral yang tersusun dari rangkaian berulang 1,3- β -D-galaktosa dan 1,4- α -L-anhidrogalaktosa, sedangkan agaropektin merupakan polisakarida yang mengandung gugus sulfat yang tersusun

dari L-6-galaktosa-6-sulfat dan D-galaktosa (Harismah *et al.*, 2016). Kandungan agarosa dan agaropektin dalam rumput laut berbeda-beda tergantung jenis spesiesnya (Fransiska dan Murdinah, 2007).

Agar dapat diproduksi melalui beberapa proses diantaranya proses pencucian alga, pemucatan, ekstraksi, penyaringan, penjendalan, dan pengeringan (Villanueva *et al.*, 2010). Sebelumnya proses ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut asam atau alkali. Pada saat ini terdapat pengembangan metode dengan melakukan perendaman terhadap alga menggunakan asam atau alkali yang kemudian dilakukan proses ekstraksi dengan air. Perendaman dilakukan menggunakan larutan asam untuk membersihkan komponen-komponen pengganggu yang menempel serta untuk melunakkan alga dengan mengalami hidrolisis sehingga mempermudah proses ekstraksi (Yolanda & Agustono, 2018) dan juga dapat menghasilkan rendemen agar yang tinggi (Darmawan *et al.*, 2006). Sedangkan tujuan perendaman menggunakan larutan alkali dilakukan untuk mendapatkan agar dengan kualitas yang baik (Al-Nahdi, 2015), akan tetapi, perendaman menggunakan alkali menghasilkan rendemen yang lebih rendah dibandingkan asam (Distantina *et al.*, 2008). Kemudian setelah diekstraksi dilakukan pendinginan suhu tertentu yang menyebabkan agar akan membentuk gel (Distantina, 2007). Bahkan gel tersebut lebih kuat bila dibandingkan dengan gel karagenan (Rasyid, 2004).

Agar dapat mengalami pembentukan gel, meskipun dalam konsentrasi yang sangat rendah. Hal ini dikarenakan terdapat penggabungan molekul-molekul agarosa yang berupa gulungan-gulungan yang acak menjadi heliks ganda dan secara bersama-sama membentuk bagian-bagian yang terdiri dari beberapa rantai.

Kadar agarosa merupakan salah satu faktor terbentuknya suatu gel. Kadar agarosa yang kurang dari 10% menyebabkan gel tidak terbentuk. Kadar agarosa juga dapat mempengaruhi kelarutan gel agar, dimana kelarutan gel agar akan meningkat dengan bertambahnya kadar agarosa (Rasyid, 2004).

2.2.1 Sifat Fisika Kimia Agar

Sifat fisika kimia suatu agar merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan karakteristik agar sehingga dapat diterima di pasaran. Agar dengan sifat fisika kimia yang berbeda akan mempunyai fungsi yang berbeda dalam penggunaannya di pasaran dan sangat menentukan harga produk tersebut. Sifat kimia yang dapat diamati meliputi kadar air, kadar abu, kadar sulfat, dan nilai pH, sedangkan sifat fisika yang dapat diamati meliputi kekuatan gel dan titik leleh (Yolanda & Agustono, 2018).

1. Pengukuran Titik Leleh

Titik leleh merupakan suhu saat agar berubah menjadi fase sol, dimana dalam hal ini terjadi penguraian daerah simpul menjadi pilinan ganda dan selanjutnya berubah menjadi konformasi gulungan acak. Titik leleh yang dimiliki agar cukup tinggi berkisar antara 85 – 95°C, hal ini dikarenakan butuh energi yang tinggi untuk dapat memecahkan struktur gel yang dimiliki oleh agar (Yarnpakdee *et al.*, 2015).

2. Pengukuran Kadar Air

Kadar air merupakan karakteristik yang sangat berpengaruh terhadap penampakan, tekstur, dan citarasa agar. Kadar air yang tinggi mengakibatkan bakteri, kapang, dan khamir mudah tumbuh sehingga akan terjadi perubahan pada

kualitas agar. Salah satu analisis kadar air yang sering digunakan dilakukan dengan cara penguapan, pengentalan, dan pengeringan (Yuliani *et al.*, 2012)

3. Pengukuran Kadar Abu

Kadar abu merupakan unsur mineral zat anorganik yang tidak mudah menguap dan merupakan sisa yang tertinggal setelah contoh dibakar dan dipijarkan sampai bebas karbon dan air. Kadar abu yang terkandung pada suatu produk menunjukkan tingkat kemurnian produk tersebut. Tingkat kemurnian sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kandungan mineralnya (Darmawan *et al.*, 2006).

4. Penentuan Nilai pH

Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar. Semakin kecil pH maka kekuatan gel agar menjadi semakin lemah (Fransiska dan Murdinah, 2007). Nilai pH yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah metode ekstraksi yang digunakan, suhu ekstraksi, dan umur alga yang digunakan yang digunakan (Yolanda & Agustono, 2018).

5. Pengukuran Kadar Sulfat

Kandungan sulfat dalam agarosa menunjukkan adanya agaropektin yang masih tersisa dalam agarosa setelah proses pemisahan. Prinsip pengukuran kadar sulfat adalah ion sulfat yang bereaksi dengan barium klorida dalam suasana asam akan membentuk suspensi barium sulfat, dengan reaksi: $\text{SO}_4^{2-} + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{Cl}$. Berat BaSO_4 yang diperoleh ekuivalen dengan kadar sulfat (SO_4) dalam sampel agar yang dianalisis.

Kandungan sulfat pada sampel dapat dideteksi setelah penambahan HCl dan larutan BaCl_2 . Fungsi HCl yaitu untuk mengasamkan sampel, sehingga mineral dapat larut. Penambahan BaCl_2 dilakukan agar sulfat dapat diikat oleh ion Ba,

sehingga membentuk endapan putih yaitu BaSO₄ (Erviana *et al.*, 2018). Pengukuran kadar sulfat dilakukan dengan metode gravimetri (Waluyo *et al.*, 2019). Kadar sulfat yang semakin tinggi pada agar akan membentuk kekuatan gel yang semakin rendah begitupun sebaliknya, kadar sulfat yang rendah akan membentuk kekuatan gel yang tinggi (Yuliani *et al.*, 2012).

Agar yang digunakan dalam berbagai industri memiliki standar mutu yang digunakan untuk menentukan kualitasnya. Kualitas agar yang baik, yaitu agar yang memiliki kekuatan gel dan rendemen yang tinggi, memiliki kadar sulfat, abu, dan air yang rendah, serta memiliki warna putih terang (Winarno, 2008).

Tabel 2.2 Spesifikasi Standar Mutu Agar

Spesifikasi	Standar Mutu		
	SNI (a)	FAO (b)	Jepang (c)
Kadar air (%)	15 – 24	15 – 21	< 22
Kadar abu (%)	< 4	< 4	-
Kadar sulfat (%)	-	< 6	< 6
Ph	> 5 – 7	-	-
Kekuatan gel	-	-	150 – 900
Zat Pewarna Tambahan	Diizinkan	Diizinkan	Putih-kuning coklat

Sumber: (a) Kusuma *et al.* (2013)

(b) FAO (1981)

(c) Okazaki (1971)

2.2.2 Aplikasi Agar

Aplikasi agar banyak digunakan dalam berbagai industri, salah satunya di industri makanan yang digunakan sebagai pembentuk gel, pengental, penstabil, dan agen pengontrol viskositas gel. Dalam aplikasi industri medis, agar digunakan dalam pembuatan kapsul untuk pengobatan berbagai penyakit dan juga sebagai media kultur sel bioteknologi dan mikrobiologi (Shahidi & Rahman, 2018). Sedangkan dalam industri tekstil agar digunakan sebagai bahan tambahan

pembuatan odol dan pengalengan ikan. Dalam industri kosmetik agar digunakan sebagai pembentuk gel dalam pembuatan produk kosmetik, yaitu krim wajah dan body lotion yang mencegah penuaan dini dengan melawan radikal bebas dengan senyawa antioksidan yang dimiliki oleh agar (Al-Nimry *et al.*, 2021). Dan dalam industri fotografi digunakan sebagai penstabil emulsi warna gambar (Mariod, 2013).

2.3 Ekstraksi Sonikasi

Ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk menarik komponen kimia yang ada pada suatu bahan utamanya adalah bahan alam dengan bantuan suatu pelarut (Harborne, 1987). Pelarut yang digunakan dipilih berdasarkan pada kelarutan suatu bahan terhadap bahan yang lain yang dikombinasi (Sholihah *et al.*, 2017). Terdapat beberapa metode ekstraksi konvensional yang dapat digunakan salah satu diantaranya adalah ekstraksi sonikasi. Ekstraksi sonikasi merupakan metode ekstraksi sederhana yang banyak digunakan di bidang industri dikarenakan memiliki nilai ekonomis tinggi, memiliki proses waktu ekstraksi yang cukup singkat dan ramah lingkungan dibandingkan dengan ekstraksi konvensional lainnya (Teng *et al.*, 2016). Allah SWT mangutus manusia sebagai khalifah di bumi agar manusia dapat menjalankan tugas untuk menjaga dan memperbaiki lingkungan dari kerusakan. Sebagaimana pada firman Allah SWT dalam Al-Quran surat Ar Ruum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar)” (Q.S Ar Rum: 41).

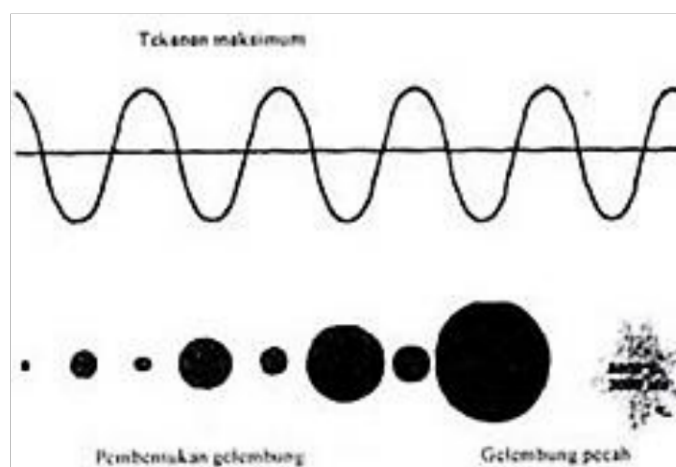
Firman Allah SWT pada bagian ayat diatas dalam *Tafsir Al-Misbah* menjelaskan bahwa manusia mendapatkan teguran atas terjadinya berbagai bencana di bumi yang banyak terjadi yang diakibatkan oleh manusia. Sehingga dapat menyadarkan manusia ke dalam jalan yang benar tanpa menimbulkan kerusakan dan kemudhorotan kembali di bumi (Shihab 2002).

Manusia sebagai makhluk Allah SWT yang telah dikaruniai akal fikiran harus mampu mengemban amanat dengan sebaik-baiknya, melakukan hal-hal yang tidak bertentangan dengan peran manusia sebagai khalifah dan hubungan dengan tuhan. Sehingga dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka diperkenalkannya manusia untuk melakukan sebuah penelitian perkembangan. Dimana penelitian yang akan dilakukan tidak menyalahi dari koridor nilai keislaman dan menyebabkan kerusakan alam. Melihat banyaknya kerusakan di muka bumi, para peneliti mulai mengembangkan metode ekstraksi yaitu ekstraksi sonikasi yang memiliki efisiensi yang tinggi dan ramah lingkungan sehingga keseimbangan lingkungan dapat terus terjaga.

Pada proses ekstraksi sonikasi bahan campuran yang digunakan sangatlah sedikit sehingga menghasilkan produk yang lebih murni dengan hasil yang lebih tinggi (Boateng & Lee, 2013). Pada ekstraksi sonikasi terdapat dua metode yang dapat digunakan diantaranya sonikasi waterbath dan transduser horn sonikasi (Fuad & Don, 2016). Sonikasi waterbath merupakan penyinaran sampel yang

dilakukan melalui dinding sampel, dimana dinding sampel tidak melakukan kontak secara langsung dengan gelombang ultrasonik. Sistem kontak langsung lebih efektif dibandingkan sistem kontak tidak langsung dikarenakan pada sistem kontak langsung dengan gelombang ultrasonik dapat memberikan daya hingga 100 kali lebih baik dibandingkan kontak tidak langsung (Medina-torres *et al.*, 2017). Ekstraksi sonikasi juga memiliki suatu kelemahan, yaitu memerlukan langkah filtrasi dan kemungkinan degradasi senyawa pada frekuensi tinggi.

Ekstraksi sonikasi memiliki prinsip kavitasi akustik yang diinduksi melalui serangkaian gelombang kompresi dan penghalusan dalam molekul medium yang mampu merusak dinding sel matriks tanaman serta mendukung pelepasan senyawa bioaktif (Madinah-torres *et al.*, 2017; Vinatoru *et al.*, 2017). Fenomena kavitasi merupakan fenomena terbentuknya gelembung kecil pada media perantara, yang lama kelamaan gelembung-gelembung akan bertambah besar dan akhirnya akan pecah dan mengeluarkan tenaga yang besar yang menyebabkan pecahnya dinding sel tanaman dan akhirnya memungkinkan perkolasi pelarut ke dalam bahan (Mason *et al.*, 2017). Fenomena kavitasi dapat digambarkan seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Fenomena kavitasi (Wardiyati, 2004)

Ekstraksi sonikasi memiliki beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari ekstraksi sonikasi yaitu:

1. Waktu Ekstraksi

Pada proses terjadinya ekstraksi sonikasi, pelarut akan berinteraksi dengan sampel. Terdapat 2 tahap waktu interaksi, yaitu tahap “*washing*” dan “*slow ekstraksi*”, Tahap pertama, yaitu tahap “*washing*” dioperasikan selama 10 – 20 menit dimana permukaan matriks yang mengandung komponen terlarut akan dilarutkan. Tahap kedua, yaitu “*low ekstraksi*” dimana proses difusi terjadi dalam waktu 60-100 menit sebagai perpindahan massa zat terlarut dari matriks berdifusi ke dalam pelarut (Medina-torres *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya dilaporkan juga bahwa beberapa penelitian memperoleh waktu ekstraksi optimal lebih dari 30 menit (Li *et al.*, 2016) hasil ekstraksi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi, karena meningkatnya waktu ekstraksi akan memberikan gelombang ultrasonik lebih lama untuk mengganggu dinding sel dan melepaskan isi sel (Li *et al.*, 2016). Namun, apabila waktu ekstraksi dilakukan secara berlebih pada titik waktu ekstraksi tertentu, hasil ekstraksi akan konstan atau menurun setelah keadaan setimbang, karena komponen target juga menyerap kembali ke dalam partikel jaringan yang pecah sehingga menurunkan hasil ekstraksi (Tian *et al.*, 2013). Selain itu, waktu ekstraksi yang berlebih dapat meningkatkan dekomposisi sampel dan juga kemungkinan terjadinya penguapan pada pelarut Oleh karena itu, waktu ekstraksi berlebih dapat memberikan hasil negatif setelah keadaan setimbang (Yang *et al.*, 2017).

2. Suhu Ekstraksi

Suhu merupakan salah satu faktor utama yang terlibat dalam proses ekstraksi sonikasi. Banyak juga penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter ini sebagai faktor untuk menghasilkan rendemen ekstraksi yang lebih besar. Sebagian besar penelitian melaporkan bahwa suhu optimum adalah antara 30°C sampai 50°C untuk mendapatkan hasil yang lebih tinggi (Buddin *et al.*, 2018). Suhu yang digunakan tergantung pada bahan yang digunakan dalam ekstraksi. Hasil ekstraksi akan meningkat dengan meningkatnya suhu ekstraksi. Akan tetapi, apabila menggunakan suhu ekstraksi sonikasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan koefisien difusi yang lebih tinggi dari senyawa yang diinginkan dan meningkatkan kelarutan senyawa dalam pelarut (Zhou *et al.*, 2017). Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan kecepatan gelembung kavitasi runtuh dalam pelarut, dan ini akan mendorong penetrasi pelarut ke dalam jaringan sel dan mempercepat pelepasan isi sel ke dalam larutan ekstraksi (Li *et al.*, 2016).

Apabila terjadi kenaikan suhu secara berlebih pada proses ekstraksi efek kavitasi yang diperoleh kurang efisien sehingga menurunkan rendemen secara signifikan (Buddin *et al.*, 2018), serta menyebabkan viskositas dan densitas pelarut menurun mengakibatkan percepatan perpindahan massa dan jumlah gelembung kavitasi dalam cairan meningkat membentuk gaya kohesif yang mengurangi kekuatan tarik cairan sebagai akibat dari penurunan viskositas pelarut (Tian *et al.*, 2013). Selain itu, suhu yang terlalu tinggi terkadang dapat menurunkan senyawa bioaktif dalam ekstrak, yang menurunkan hasil antioksidan (Zhou *et al.*, 2017).

3. Kekuatan Daya Ekstraksi Sonikasi

Hasil ekstraksi pada proses ekstraksi sonikasi juga dipengaruhi oleh kekuatan daya yang digunakan, dimana dengan meningkatnya kekuatan daya sonikasi akan meningkatkan hasil ekstraksi yang diperoleh. Namun, efisiensi ekstraksi cenderung menurun ketika kekuatan daya ultrasonik dilakukan secara berlebih, dimana akan menyebabkan terjadinya penguraian bahan antioksidan dalam ekstrak (Zhou *et al.*, 2017). Hal tersebut terjadi karena kenaikan suhu pelarut serta tekanan uap yang menyebabkan penurunan intensitas kavitasi yang menyebabkan penurunan rendemen ekstrak yang diperoleh (Fuad & Don, 2016).

4. Rasio Sampel dan Pelarut

Perbandingan rasio sampel dan pelarut ekstraksi merupakan salah satu faktor penting yang harus dilakukan untuk mendapatkan rendemen yang lebih tinggi dalam proses ekstraksi, hal ini kemungkinan dikarenakan perbedaan konsentrasi yang lebih besar antara sampel dan pelarut (Zhou *et al.*, 2017). Namun, apabila jumlah rasio pelarut yang digunakan terlalu berlebih menyebabkan penurunan rendemen (Tian *et al.*, 2013).

5. Jenis Pelarut

Penggunaan jenis pelarut merupakan salah satu faktor utama pada proses ekstraksi sonikasi karena menentukan efektivitas kavitasi dalam transfer energi akustik ke reaktan (Giacometti *et al.*, 2018). Proses kavitasi dalam pelarut membutuhkan tekanan negatif selama siklus penghalusan untuk melawan gaya kohesif antara molekul yang menyusun pelarut yang menyebabkan terjadi peningkatan interaksi molekuler disebabkan oleh kenaikan viskositas. Pada kondisi ini, sampel akan memiliki amplitudo yang tinggi karena viskositas yang tinggi

karena resistensi sampel terhadap pergerakan perangkat ultrasonik yang juga meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat viskositas sampel. Tekanan uap pelarut yang rendah lebih disukai pada ekstraksi sonikasi karena runtuhnya gelembung kavitasi akan lebih banyak (Chemat *et al.*, 2017). Selain itu, rendemen ekstraksi yang diperoleh akan turun seiring dengan meningkatnya polaritas pelarut sehingga kepolaran terendah akan memberikan hasil rendemen yang positif (Fuad & Don, 2016).

Keuntungan terbesar dari pembentukan gel agar menggunakan metode ekstraksi sonikasi dapat menjaga kualitas tekstur gel, dan prosesnya lebih aman, sederhana, efektif dan efisien. Penggunaan gelombang dengan frekuensi 20-40 kHz dapat meningkatkan sifat tekstur gel agar, seperti kekerasan gel. Selain itu pembentukan gel agar dengan metode ini potensial pada pembuatan gel agar berkualitas dengan sifat dan karakteristik yang sesuai dengan standar mutu agar (Mahyati *et al.*, 2018). Proses ekstraksi agar *Gracilaria sp.* menggunakan ekstraksi sonikasi frekuensi 40 kHz sudah dilakukan oleh Uju *et al.* (2018) diperoleh bahwa ekstraksi sonikasi dapat meningkatkan nilai rendemen agar namun dapat menurunkan viskositas agar. Perlakuan suhu dan waktu ekstraksi memberi pengaruh terhadap rendemen dan viskositas agar, serta berpengaruh terhadap energi yang digunakan. Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu dan waktu ekstraksi yang digunakan nilai rendemen agar semakin tinggi. Terbukti bahwa penggunaan sonikasi mampu meningkatkan efisiensi energi input ekstraksi (Uju *et al.*, 2018).

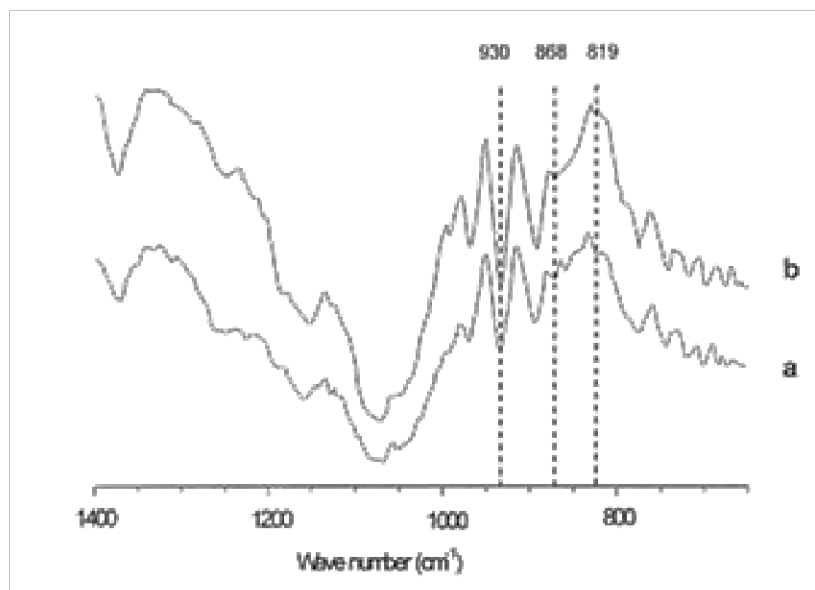
2.4 Identifikasi Gugus Fungsional Agar Menggunakan FTIR

Identifikasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati & Mujiyanti, 2010). Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).

Tabel 2.3 Analisis Panjang Gelombang pada Agar

Bilangan Gelombang (cm⁻¹)	Pita Serapan Gugus Fungsional
2850–2970	C-H dari 3,6- anhydrogalactose
1240–1260	S=O
1100	S=O
1070	C-O dari 3,6-anhydrogalactose
1012	S=O
930	C-O dari 3,6-anhydrogalactose (agar/karagenan)
890–900	Unsulfated b-D-galactose
845	D-galactose-4-sulfate
805	C-O-SO ₃ pada C2 of 3,6-anhydrogalactose
790	Karakteristik tipe agar dalam spektrum turunan kedua
741	C-S/C-O-C ikatan bending hubungan glikosidik agar
690	3,6-anhydro-L-galactose (agar)

Sumber: Cotas *et al.* (2021)



Gambar 2.4 Spektra FTIR dari *Gracilaria sp.* (a) Agar Murni dan (b) Agar Alkali Treated (Praiboon *et al.*, 2006)

Identifikasi FTIR agar berbeda dari karagenan namun agar dan karagenan memiliki beberapa kesamaan struktural. Terdapat pita lebar yang muncul yang merupakan karakteristik sulfat ester pada umumnya pada panjang gelombang antara 1210 hingga 1260 cm^{-1} , dimana panjang gelombang tersebut jauh lebih kuat dimiliki karagenan dibandingkan agar. Pada panjang gelombang 700-950 cm^{-1} agar dan karagenan menunjukkan beberapa gugus diantaranya pada 930 cm^{-1} terdapat pita IR kuat menunjukkan adanya 3,6-anhidrogalaktosa yang merupakan gugus umum untuk agar-agar dan karagenan, sedangkan pada panjang gelombang 1010–1030 cm^{-1} terdapat gugus C-O dan C-C yang menunjukkan adanya cincin piranosa yang mana dimiliki oleh seluruh komponen polisakarida (Cotas *et al.*, 2021).

2.5 Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menangkal pengaruh radikal bebas (Rahmi, 2017). Radikal bebas adalah molekul yang mengandung satu atau lebih

elektron yang tidak berpasangan. Dalam tubuh, radikal bebas dapat menjadi senyawa yang sangat reaktif dengan cara mengikat elektron molekul sel tubuh akibat adanya elektron-elektron yang tidak berpasangan pada senyawa radikal bebas (A W, 1996). Radikal bebas dibentuk apabila molekul oksigen mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan (Chen, 2012). Mekanisme kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas cukup kompleks melalui reaksi berantai hingga terjadi stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan sel (Dreher & Thiele, 2010).

Tubuh memiliki antioksidan sebagai mekanisme pertahanan tubuh untuk menetralkan radikal bebas yang terbentuk (Chen, 2012). Antioksidan merupakan inhibitor proses oksidasi, bahkan pada konsentrasi yang relatif kecil (Nema *et al.*, 2009). Antioksidan ini dapat berkurang dan habis dengan cepat, menyebabkan gangguan pada status ekuilibrium dari sistem prooksidan dan antioksidan pada sel intak (Weber, 2009). Faktor yang berperan atas penurunan produksi antioksidan adalah infeksi bakteri, virus atau inflamasi kronik dan proses penuaan (Chen, 2012). Reaksi radikal bebas dapat berlangsung secara terus menerus dalam tubuh dan mengakibatkan berbagai penyakit seperti jantung, penuaan dini, katarak, kanker serta penyakit degeneratif lainnya. Diperlukan antioksidan untuk menangkap atau berikatan dengan radikal bebas sehingga tidak menginduksi penyakit-penyakit tersebut (Kikuzaki, 2002).

Setiap manusia yang hidup pasti akan diuji oleh Allah SWT misalnya berupa sebuah penyakit. Maka sebagai hambanya yang beriman juga dibekali sebuah akal oleh Allah SWT mempunyai kewajiban untuk senantiasa berfikir dan mencari sebuah pengobatan misalnya, dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai pengobatan

alternatif. Sesungguhnya Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang terdapat di muka bumi tiadalah yang sia-sia. Apabila Allah SWT memberikan suatu penyakit tentu akan ada penawarnya, hal ini diperkuat dengan hadis yang diriwayatkan oleh imam Bukhari, Rasulullah bersabda:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: “*Tidaklah Allah turunkan penyakit kecuali Allah turunkan pula obatnya*”. (HR. Imam Bukhari No. 5678) (Al-Albani, 2008).

Berdasarkan hadis tersebut diketahui bahwa setiap penyakit pasti Allah SWT menyediakan obatnya. Hadis tersebut mendorong dilakukannya pencarian obat-obatan yang dapat diperoleh dengan mengamati tumbuh-tumbuhan yang terdapat di darat maupun di air. Terdapat beberapa penelitian yang menyatakan bahwa tumbuh-tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan, yaitu tumbuhan yang mengandung senyawa aktif. Alga merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki kandungan senyawa aktif yang dapat berperan sebagai antioksidan, antikanker, dan antibakteri sehingga dapat dimanfaatkan sebagai tumbuhan penghasil obat-obatan (Amaranggana & Wathoni, 2017). Hasil beberapa penelitian tersebut mengungkap kebaikan alam serta mengungkap kebaikan Allah SWT dengan menurunkan berbagai tumbuh-tumbuhan yang memiliki manfaat sebagai obat sehingga dapat digunakan oleh manusia.

Antioksidan yang terdapat dalam tubuh jumlahnya tidak mencukupi untuk mengatasi radikal bebas yang berlebih sehingga dibutuhkan antioksidan eksogen. Antioksidan eksogen terbagi atas dua jenis, yaitu antioksidan alami dan antioksidan

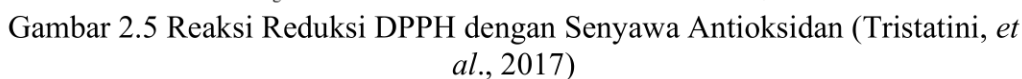
buatan (Winarsi, 2007). Antioksidan alami bisa berasal dari buah-buahan dan tanaman sedangkan antioksidan buatan dihasilkan dari sintesis suatu reaksi kimia, contoh antioksidan sintetik adalah butil hidroksi anisol (BHA), butil hidroksi toluene (BHT), dan tert-butil hidroksi quinon (TBHQ). Penggunaan antioksidan sintesis cenderung memiliki negatif bagi kesehatan tubuh (Rahmi, 2017).

Mekanisme dari antioksidan itu sendiri pada umumnya adalah menghambat oksidasi lemak. Oksidasi lemak terdiri dari tiga tahapan, yaitu inisiasi, propagasi, dan yang terakhir adalah terminasi. Pada tahap inisiasi terjadi pembentukan asam lemak, yaitu senyawa turunan asam lemak yang bersifat tidak stabil dan sangat reaktif akibat adanya kehilangan atom hidrogen. Tahap selanjutnya, yaitu propagasi, yaitu radikal asam lemak akan bereaksi dengan radikal oksigen membentuk radikal peroksi. Radikal peroksi akan menyerang asam lemak dan menghasilkan hidroperoksida dan radikal asam lemak baru. Hidroperoksida yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan terdegradasi lebih lanjut akan menghasilkan senyawa-senyawa karbonil pendek seperti aldehida dan keton yang bertanggung jawab atas flavor makanan berlemak (Winarsi, 2007).

2.6 Uji Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan dapat dilakukan dengan metode DPPH. Metode DPPH ini dipilih karena sederhana, sensitif terhadap sampel dengan konsentrasi yang kecil, mudah, cepat dan membutuhkan sampel yang sedikit. Hasil uji antioksidan akan dinyatakan dalam bentuk nilai IC_{50} yang dihitung berdasarkan persamaan regresi (Kumaradewi *et al.*, 2021). Prinsip kerja metode DPPH adalah adanya atom hidrogen dari senyawa antioksidan yang berikatan dengan elektron

Metode DPPH memberikan informasi reaktivitas senyawa yang diuji dengan suatu radikal stabil karena terjadi delokalisasi elektron cadangan di atas molekul secara keseluruhan sehingga molekul tidak terdimerisasi, seperti kebanyakan radikal bebas lainnya. Delokalisasi tersebut membentuk serapan kuat pada panjang gelombang 520 nm dengan warna ungu gelap (Kedare & singh, 2011). Ketika DPPH dicampur dengan senyawa yang dapat mendonorkan elektron, terjadi peningkatan bentuk tereduksi dari DPPH, yaitu *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* yang mengakibatkan hilangnya warna ungu dan berubah menjadi terbentuk warna kuning pucat (Agustina, 2017). Hilangnya warna tersebut diakibatkan karena elektron telah berpasangan, dimana hilangnya warna sebanding dengan jumlah elektron yang diambil (Sunarni *et al.*, 2007).



Uji antioksidan menggunakan DPPH menghasilkan informasi mengenai aktivitas antioksidan dalam menangkal radikal bebas yang dilihat berdasarkan nilai IC₅₀ yang dihitung berdasarkan persamaan regresi (Kumaradewi, *et al.*, 2021). Nilai IC₅₀ merupakan parameter untuk menentukan konsentrasi senyawa antioksidan yang mampu menghambat 50% oksidasi. Nilai IC₅₀ yang diperoleh dibandingkan dengan senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan yang baik seperti vitamin C. Semakin kecil nilai IC₅₀, maka semakin tinggi aktivitas antioksidan.

Tabel 2.4 Sifat Antioksidan Berdasarkan Nilai IC₅₀

Intensitas antioksidan	Nilai IC₅₀ (ppm)
Sangat kuat	< 50
Kuat	50 – 100
Sedang	100 – 250
Lemah	250 – 500
Tidak aktif	> 500

Sumber: Jun (2006)

Pengujian ini juga dilakukan pengukuran terhadap blanko (larutan DPPH yang tidak mengandung bahan uji) serta kontrol positif kuersetin. Aktivitas penangkap radikal DPPH (%) dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Abs blanko} - \text{Abs sampel}}{\text{Abs blanko}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Data aktivitas antioksidan penangkap radikal DPPH hasil isolat dan kuersetin dianalisis dan masing-masing dihitung nilai IC₅₀ melalui analisis probit. IC₅₀ adalah konsentrasi yang mampu menghambat 50% DPPH (Wahdaningsih *et al.*, 2011).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – April 2022 bertempat di Laboratorium Kimia Organik Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah beaker glass, labu ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, pipet volume, bola hisap, pipet tetes, spatula, neraca analitik, gelas arloji, kertas saring, pH meter, kain blacu, aluminium foil, oven, lemari pendingin, botol vial, cawan porselen, desikator, power sonic 445, pipa kapiler, kertas saring Whatman No. 41, mortar, tanur, bunsen, *melting point apparatus* (MPA), vortex, spektrofotometer FTIR, dan spektrofotometer UV-Vis.

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah alga merah *Gracilaria verrucosa*, asam sitrat, akuades, KCl, etanol, HCl, BaCl₂, DPPH (*1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl*), asam askorbat, dan KBr.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil rendemen dan kemurnian pada proses ekstraksi agar dari alga merah *Gracilaria verrucosa* menggunakan metode sonikasi dengan variasi konsentrasi perendaman asam sitrat serta untuk mengetahui aktivitas antioksidannya. Alga merah *Gracilaria verrucosa* diperoleh dari tambak Dusun Tanjungsari, Desa Kupang, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, yang kemudian dibersihkan dengan dilakukan pencucian dan perendaman dengan air hingga tidak terdapat kotoran, lalu dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari. Sebelum ekstraksi, dilakukan proses perendaman menggunakan asam sitrat konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M selama 1 jam, lalu dicuci bersih hingga mencapai pH netral, diblender, dan diayak. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi sonikasi menggunakan alat bernama power sonic 445 dengan pelarut akuades pada suhu 60°C selama 60 menit. Kemudian filtrat yang diperoleh dibiarkan mengalami perubahan menjadi gel dengan ditambahkan 2% KCl dari berat kering rumput laut dan dibekukan selama 24 jam untuk memurnikan agar yang diperoleh, selanjutnya dicairkan kembali pada suhu ruang. Endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 40 – 50°C hingga kering dan dihitung nilai rendemen. Kemudian dilakukan uji gugus fungsional agar menggunakan FTIR, uji karakteristik, dan uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 faktor sebanyak 3 kali pengulangan, antara lain:

1. Faktor pertama konsentrasi larutan asam sitrat terdiri 5 perlakuan.
2. Faktor kedua suhu ekstraksi.

Konsentrasi (K)	Suhu dan waktu ekstraksi (T)
K1	K1T
K2	K2T
K3	K3T
K4	K4T
K5	K5T

Keterangan:

K1: Asam sitrat konsentrasi 0,2 M.

K2: Asam sitrat konsentrasi 0,4 M.

K3: Asam sitrat konsentrasi 0,6 M.

K4: Asam sitrat konsentrasi 0,8 M.

K5: Asam sitrat konsentrasi 1,0 M.

T: Suhu 60 °C selama 60 menit.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi alga merah *Gracilaria verrucosa*.
2. *Pretreatment* alga merah *Gracilaria verrucosa*.
3. Ekstraksi agar menggunakan metode sonikasi.
4. Analisis rendemen agar.
5. Uji gugus fungsional agar menggunakan FTIR.
6. Uji karakteristik agar meliputi uji titik leleh, pengukuran kadar air, pengukuran kadar abu, penentuan nilai pH, dan pengukuran kadar sulfat.
7. Uji aktivitas antioksidan agar.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Preparasi Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Alga merah *Gracilaria verrucosa* dibersihkan dari kotoran yang menempel menggunakan air (Purwaningsih & Deskawati, 2020). Kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari hingga kering (Kusuma *et al.*, 2013).

3.5.2 Pretreatment Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Alga merah *Gracilaria verrucosa* direndam menggunakan asam sitrat konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M (1:10) selama 1 jam dan dicuci bersih hingga mencapai pH netral. Kemudian alga dibuburkan menggunakan blender dan disaring dengan kain blacu (Uju *et al.*, 2018).

3.5.3 Ekstraksi Agar menggunakan Metode sonikasi

Ekstraksi agar dilakukan menggunakan metode sonikasi pada suhu 60°C selama 60 menit perbandingan alga dengan pelarut akuades adalah 1:20 (Uju *et al.*, 2018). Filtrat ditambahkan KCl 1% dengan rasio 1:2 untuk mengendapkan agar (Hakim *et al.*, 2011). Fase padat dari filtrat dikeringkan dalam oven pada suhu 40 – 50°C hingga kering (Uju *et al.*, 2018).

3.5.4 Analisis Rendemen Agar

Analisis rendemen agar dilakukan dengan membandingkan berat kering alga yang diperoleh dengan berat kering alga yang digunakan. Analisis rendemen agar ditentukan menggunakan persamaan 3.1 (Uju *et al.*, 2018).

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{Berat isolat}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

3.5.5 Uji Gugus Fungsional Agar menggunakan FTIR

Uji gugus fungsional agar menggunakan FTIR dilakukan dengan ditambahkan KBr terhadap agar dengan perbandingan 1:10, selanjutnya ditumbuk hingga halus dan dibentuk menjadi pellet, kemudian diukur dan dianalisis serapannya menggunakan alat spektrofotometer FTIR pada panjang gelombang antara $400 - 5000 \text{ cm}^{-1}$ (Wicaksono *et al.*, 2019).

3.5.6 Uji Karakteristik Agar

3.5.6.1 Pengukuran Titik Leleh

Pengukuran titik leleh dilakukan dengan dimasukkan agar ke dalam pipa kapiler dan diukur titik lelehnya menggunakan alat *melting point apparatus* (MPA). Kemudian dilakukan pengamatan suhu terhadap agar dari dimulai melelehnya agar hingga leleh sepenuhnya.

3.5.6.2 Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan disterilkan cawan porselen dalam oven selama 20 menit dengan suhu 105°C , selanjutnya didinginkan selama 30 menit dalam desikator dan ditimbang hingga berat konstan, kemudian ditimbang sebanyak 2 gram agar dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam, lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang hingga berat konstan. Analisis kadar air agar ditentukan menggunakan persamaan 3.2 (Kuseman *et al.*, 2017).

$$\text{Kadar Air} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

A= Berat kering cawan (g)

B= Berat kering cawan dan sampel awal (g)

C= Berat kering cawan dan sampel setelah dikeringkan (g)

3.5.6.3 Pengukuran Kadar Abu

Pada pengukuran kadar abu dilakukan disterilkan cawan porselen dalam oven selama 20 menit dengan suhu 105°C, lalu didinginkan selama 30 menit dalam desikator dan ditimbang hingga berat konstan. Kemudian dimasukkan 2 gram agar ke dalam cawan dan ditimbang. Selanjutnya dipanaskan dengan bunsen hingga tidak berasap, lalu dimasukkan ke dalam tanur selama 5 jam dengan suhu 600°C, kemudian selama 30 menit didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga konstan. Analisis kadar abu ditentukan menggunakan persamaan 3.3 (AOAC, 2000).

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

3.5.6.4 Penentuan Nilai pH

Penentuan nilai pH dilakukan dengan ditimbang agar sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 10 mL akuades. Kemudian dimasukkan dalam beaker glass dan diukur pH-nya menggunakan pH meter (Kumesan *et al.*, 2017).

3.5.6.5 Pengukuran Kadar Sulfat

Pengukuran kadar sulfat dilakukan dengan dimasukkan 0,5 gram agar ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan HCl 0,1 M sebanyak 50 mL dan

dipanaskan selama 15 menit hingga mendidih, lalu ditambahkan BaCl_2 0,25 M sebanyak 10 mL diatas penangas air selama 5 menit dan didinginkan selama 5 jam. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 41, lalu endapan dicuci menggunakan akuades panas hingga bebas klorida. Sampel dikeringkan dalam tanur selama 1 jam pada suhu 700°C . Kemudian didinginkan dalam desikator, dan ditimbang, dimana berat abu putih merupakan berat BaSO_4 . Penentuan kadar sulfat dapat dilakukan menggunakan persamaan 3.4 (Jaya *et al.*, 2019).

$$\text{Kadar Sulfat} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel (g)}} \times 0,4116 \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

3.5.7 Uji Aktivitas Antioksidan Agar

3.5.7.1 Pembuatan Stok Larutan *Diphenyl Picrylhydrazyl* (DPPH)

Pembuatan larutan dilakukan dengan ditimbang serbuk DPPH sebanyak 3,942 mg kemudian dilarutkan menggunakan etanol p.a dalam labu ukur 50 mL dan dihomogenkan, Selanjutnya dipindahkan pada tabung reaksi dan ditutupi menggunakan aluminium foil (Aminah *et al.*, 2020).

3.5.7.2 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum *Diphenyl Picrylhydrazyl* (DPPH)

Penentuan panjang gelombang serapan maksimum DPPH dilakukan dengan dipipet etanol p.a sebanyak 3 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan larutan DPPH sebanyak 1 mL (Aminah *et al.*, 2020), selanjutnya ditutup dengan aluminium foil, dihomogenkan dengan vortex lalu dituang ke dalam

kuvet dan diukur pada panjang gelombang 400 – 800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Setiabudi *et al.*, 2020).

3.5.7.3 Pembuatan Larutan Blanko

Pembuatan larutan blanko dilakukan dengan dipipet etanol p.a sebanyak 3 mL dalam tabung reaksi dan ditambahkan larutan DPPH sebanyak 1 mL, lalu ditutup dengan aluminium foil. Kemudian dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit (Suhaling, 2010). Selanjutnya dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis pada λ_{maks} yang telah diperoleh (Hayati *et al.*, 2015).

3.5.7.4 Pembuatan Larutan Kontrol Positif Vitamin C

Pembuatan larutan vitamin C dilakukan dengan ditimbang 5 mg vitamin C dan dilarutkan dalam etanol p.a sebanyak 50 mL dalam labu ukur 50 mL, kemudian dari larutan induk dibuat konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm (Damanis *et al.*, 2020).

3.5.7.5 Pembuatan Larutan Uji Agar

Pembuatan larutan uji agar dilakukan dengan ditimbang 25 mg agar dan dilarutkan dengan etanol p.a dalam labu ukur 50 mL sehingga diperoleh konsentrasi 2000 ppm. Kemudian dibuat konsentrasi 100, 250, 500, 750 dan 1000 ppm dari larutan induk yang telah dibuat dan dimasukkan pada tabung reaksi sebanyak 3 mL (Assaw *et al.*, 2018).

3.5.7.6 Pengukuran Serapan dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran serapan dilakukan dengan diambil masing-masing larutan agar dan vitamin C kemudian ditambahkan 1 mL larutan DPPH, divortex selama 2 menit dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit dalam keadaan gelap dengan ditutup aluminium foil. Kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya (Damanis *et al.*, 2020). Perlakuan ini dilakukan ulangan sebanyak 3 kali pada tiap konsentrasi (Hayati *et al.*, 2015).

3.6 Analisis Data

3.6.1 Penentuan Nilai IC₅₀ (*Inhibitory Concentration*)

Penentuan Nilai IC₅₀ diperlukan data persen inhibisi dari pengujian yang dilakukan. Persen inhibisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Abs blanko} - \text{Abs sampel}}{\text{Abs blanko}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Setelah diperoleh persentase inhibisi dari masing-masing konsentrasi, konsentrasi sampel dan persen inhibisi yang didapat diplotkan masing-masing pada sumbu x dan y dalam persamaan regresi linier $y = a + bx$ (Murni, 2012). Dimana persamaan regresi dengan konsentrasi sampel sebagai sumbu x dan nilai % inhibisi sebagai sumbu Y (Ibrahim *et al.*, 2020).

3.6.2 Penentuan Nilai AAI (*Antioxidant Activity Index*)

Penentuan nilai AAI (*Antioxidant Activity Index*) digunakan untuk mengetahui indeks aktivitas antioksidan dengan rumus:

$$\text{Nilai AAI} = \frac{\text{Konsentrasi DPPH (ppm)}}{IC_{50} \text{ sampel (ppm)}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Berdasarkan nilai AAI aktivitas antioksidan dikatakan lemah sebagai antioksidan jika nilai $AAI < 0,5$, dikatakan aktivitas antioksidan sedang apabila nilai $0,5 < AAI < 1,0$, dan dikatakan aktivitas antioksidan kuat apabila nilai $1,0 < AAI < 2,0$ dan dikatakan aktivitas antioksidan sangat kuat jika nilai $AAI > 2,0$ (Faustino *et al.*, 2010).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah alga merah jenis *Gracilaria verrucosa* yang diperoleh dari tambak Dusun Tanjungsari, Desa Kupang, Kecamatan Jabon, Sidoarjo. Alga merah *Gracilaria verrucosa* merupakan salah satu alga yang banyak dibudidayakan karena menghasilkan agar dengan kualitas yang baik dengan nilai ekonomis yang tinggi. Agar banyak diproduksi dan dimanfaatkan diberbagai industri pangan dan non pangan. Produksi agar pada bidang industri banyak menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut asam kuat atau alkali pada suhu yang tinggi. Penggunaan pelarut asam kuat atau alkali pada suhu tinggi dalam metode ekstraksi tersebut dapat menyebabkan penurunan sifat gel agar dengan peningkatan rendemen agar yang diperoleh. Oleh karena itu, terdapat pengembangan metode yang dapat menghindarinya dengan melakukan perendaman terhadap alga terlebih dahulu menggunakan asam lemah yang kemudian dinetralkan dan dilanjutkan dengan metode ekstraksi pada suhu rendah menggunakan pelarut air pada kondisi netral.

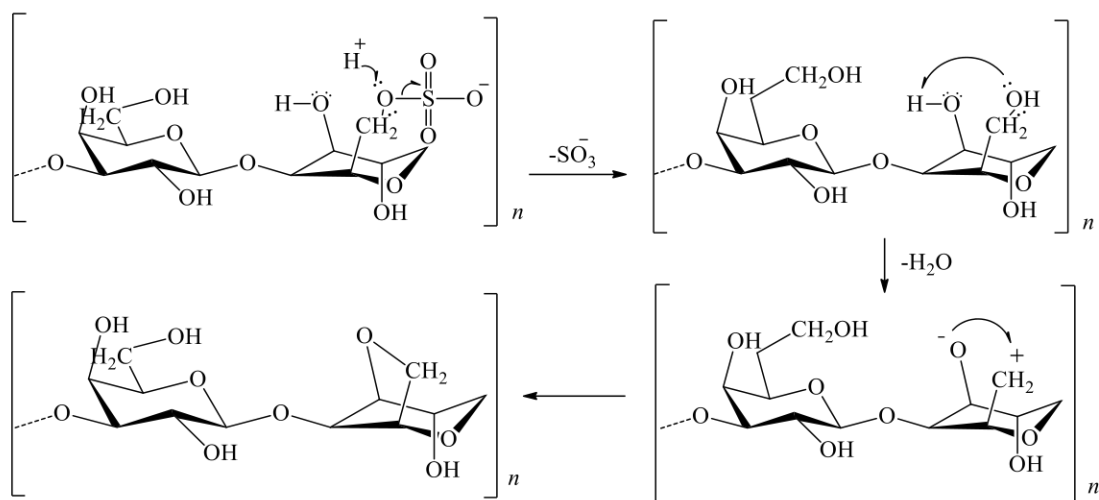
4.1 Preparasi Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Preparasi alga dilakukan dengan melakukan pencucian terhadap alga untuk menghilangkan kotoran berupa lumpur dan pasir yang menempel. Selanjutnya untuk menurunkan kadar air serta mempermudah proses penyimpanan dilakukan pengeringan terhadap alga merah *Gracilaria verrucosa*. Proses pengeringan alga dilakukan dengan bantuan sinar matahari untuk mempercepat dan meratakan proses pengeringan.

4.2 Pretreatment Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Pretreatment dilakukan dengan merendam alga merah *Gracilaria verrucosa* menggunakan asam sitrat variasi konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M. Semakin meningkatnya konsentrasi asam sitrat yang digunakan pada saat perendaman menyebabkan semakin melunaknya alga dan mempermudah proses ekstraksi.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Distantina (2008) diperoleh bahwa alga semakin lunak dengan semakin tingginya konsentrasi asam pada saat perendaman. Selama proses tersebut terjadi reaksi perubahan struktur kimia alga ikatan antara agarosa dan agaropektin akan diputus. Ester sulfat yang tidak stabil pada rantai C-6 dari L-galaktosa-6-sulfat molekul agaropektin akan menghilang akibat hidrolisis asam sitrat yang kemudian diubah menjadi 3,6-anhidrogalaktosa ketika rantai C-6 kekurangan ion akibat kehilangan sulfat (Abidin *et al.*, 2015). Dugaan mekanisme reaksi larutan asam sitrat dengan agar ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Dugaan Mekanisme Reaksi Larutan Asam Sitrat dengan Agar

4.3 Ekstraksi Agar menggunakan Metode Sonikasi

Metode sonikasi merupakan metode ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik yang menggerakkan pelarut secara cepat dengan menghasilkan kecepatan transfer massa lebih tinggi sehingga dapat mempercepat proses ekstraksi. Agar hasil ekstraksi ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Agar Hasil Ekstraksi

Tabel 4.1 Agar Hasil Ekstraksi Sonikasi

Perlakuan	Warna	Bentuk
Asam Sitrat 0,2 M	Putih-kecoklatan	Padatan, halus, lunak
Asam Sitrat 0,4 M	Coklat pekat	Padatan, tidak halus, keras
Asam Sitrat 0,6 M	Putih-kecoklatan	Padatan, halus, lunak
Asam Sitrat 0,8 M	Coklat pekat	Padatan, tidak halus, keras
Asam Sitrat 1,0 M	Coklat pekat	Padatan, tidak halus, keras
Agar Komersil	Putih	Padatan, halus, lunak

Agar hasil ekstraksi menggunakan pelarut aquades dengan *pretreatment* variasi konsentrasi perendaman asam sitrat memiliki warna yang bervariasi. Pada konsentrasi 0,2 dan 0,6 M agar memiliki warna putih-kecoklatan, padat, halus, dan sedikit lunak sehingga mudah untuk dihaluskan. Sedangkan pada konsentrasi 0,4; 0,8; dan 1,0 M agar memiliki warna coklat pekat, padat, tidak halus, serta keras

sehingga sedikit lebih sulit untuk dihaluskan. Warna yang diperoleh berbeda dengan warna agar komersil. Warna kecoklatan yang terbentuk dapat disebabkan karena masih terdapat selulosa, fikoeritrin, fikosianin, dan lignin pada agar yang merupakan komponen tidak larut air serta menyebabkan warna agar yang diperoleh menjadi pekat (Wenno *et al.*, 2012). Sifat asam yang dimiliki asam sitrat adalah asam lemah sehingga tidak semua selulosa yang terkandung dalam dinding sel alga dapat terhidrolisis.

Semakin tingginya konsentrasi asam sitrat menyebabkan warna agar semakin pekat. Hal ini kemungkinan dikarenakan semakin tingginya konsentrasi asam sitrat menyebabkan klorofil tersubstitusi magnesium oleh hidrogen semakin banyak dan membentuk feofitin (klorofil yang telah kehilangan magnesium) sehingga menyebabkan warna hijau yang dimiliki klorofil dapat berubah menjadi warna coklat (Insan & Widyartini, 2012). Salah satu penyebab lain terbentuknya warna coklat pada agar adalah tidak dilakukannya pemucatan terhadap agar sebelum ekstraksi. Pemucatan akan menyebabkan tereduksinya pigmen hijau alga yaitu klorofil menjadi substansi tidak berwarna sehingga agar yang dihasilkan berwarna putih (Monikasari *et al.*, 2021).

4.4 Analisis Rendemen Agar

Rendemen merupakan parameter yang penting diketahui untuk menilai efektif tidaknya proses ekstraksi. Semakin besar nilai rendemen yang dihasilkan maka semakin efisien perlakuan yang diberikan (Simpun *et al.*, 2016).

Tabel 4.2 Rata-rata Rendemen Agar dengan Konsentrasi Pelarut yang Berbeda

Perlakuan	Rendemen (%)			Rata-rata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Asam Sitrat 0,2 M	31,60	32,10	32,60	32,10 ^a
Asam Sitrat 0,4 M	39,70	40,70	42,50	40,96 ^b
Asam Sitrat 0,6 M	43,10	45,60	47,00	45,23 ^c
Asam Sitrat 0,8 M	48,90	47,30	49,50	48,56 ^c
Asam Sitrat 1,0 M	59,80	56,90	58,30	58,33 ^d

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan ada perbedaan nyata ($p < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai rendemen yang cukup tinggi berkisar antara 32,10 – 58,33% meskipun menggunakan waktu ekstraksi yang singkat serta suhu yang rendah. Rendemen yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan penelitian Distantina (2008) melakukan perendaman menggunakan asam asetat metode ekstraksi konvensional menggunakan waktu ekstraksi selama 120 menit dengan suhu ekstraksi sebesar 98°C diperoleh rendemen berkisar antara 6,56 – 13,68%. Oleh karena itu, perendaman menggunakan asam sitrat metode sonikasi dapat meningkatkan rendemen agar lebih tinggi dibandingkan perendaman menggunakan asam asetat menggunakan metode ekstraksi konvensional.

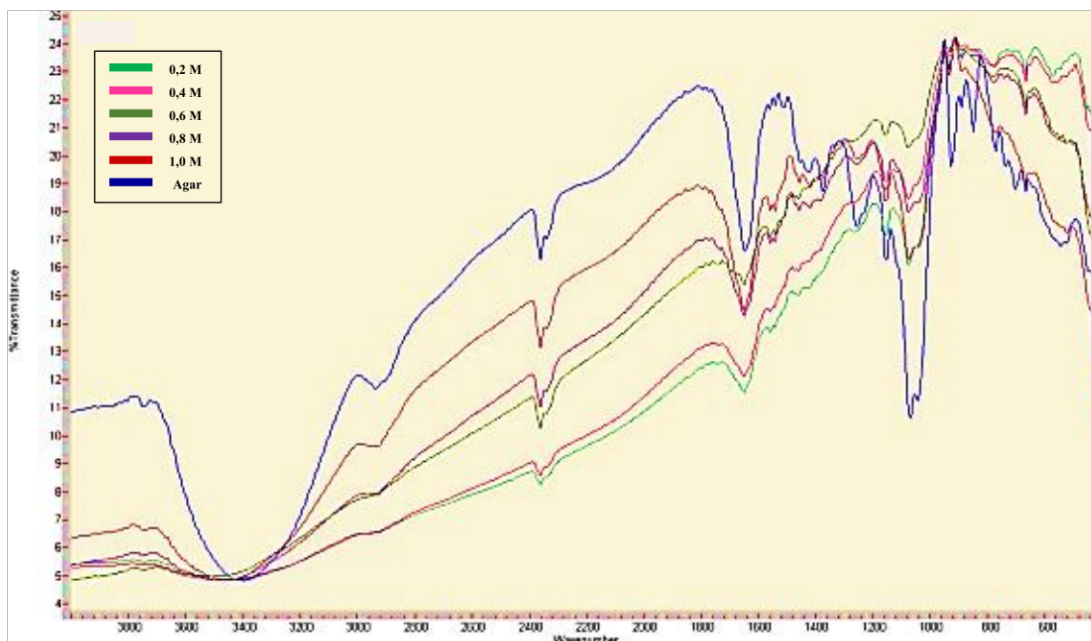
Analisis *One Way ANOVA* yang telah dilakukan pada rendemen agar (Lampiran 4) diperoleh hasil yang signifikan. Hal ini dikarenakan pada uji nilai F menghasilkan nilai $91,905 > 4,60$ dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, serta pada uji probabilitas nilai $sig. (0,000) < \alpha (0,05)$ sehingga hipotesis H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan konsentrasi pada saat perendaman menggunakan asam sitrat berpengaruh nyata terhadap rendemen agar yang diperoleh.

Nilai rendemen tertinggi berdasarkan uji lanjut diperoleh perendaman agar menggunakan asam sitrat konsentrasi 1,0 M memiliki rendemen tertinggi sebesar

58,33%. Hal ini dikarenakan asam sitrat akan menghidrolisis dinding sel alga dengan salah satu penyusun utamanya yaitu selulosa. Selulosa merupakan polisakarida yang bersifat tidak larut dalam air mendidih, asam, alkali encer, dan KOH pekat (Anggraeni *et al.*, 2010). Semakin tinggi kadar asam sitrat yang digunakan maka semakin banyak dinding sel alga yang terhidrolisis sehingga menghasilkan rendemen agar yang lebih banyak. Permukaan dinding sel yang besar akibat hidrolisis dengan asam sitrat dapat dengan mudah dilewati oleh pelarut pada proses ekstraksi sehingga komponen agar yang terdapat di dalam alga lebih mudah terekstrak sehingga dapat meningkatkan rendemen agar. Semakin lama kontak alga dengan panas maupun larutan pengestrak, maka semakin banyak agar yang terkumpul dan menyebabkan tingginya rendemen agar.

4.5 Uji Gugus Fungsional Agar menggunakan FTIR

Spektrofotometer infra merah merupakan teknik analisa untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa dengan membandingkan gugus-gugus fungsional senyawa sampel dengan senyawa komersil. Sampel agar dan agar komersil dikatakan identik apabila gugus-gugus fungsional antara sampel agar dan agar komersil sama. Spektra hasil identifikasi FTIR dari senyawa agar hasil ekstraksi dan agar komersil ditampilkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Spektra hasil FTIR Agar Hasil Ekstraksi dan Agar Komersil

Tabel 4.3 Data Spektrum FTIR Agar

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Agar Komersil	Asam Sitrat				
			0,2 M	0,4 M	0,6 M	0,8 M	1,0 M
3400-3650	O-H alkohol	3408, 209	3462, 208	3506, 902	3467, 792	3470, 638	3447, 550
2850-2970	C-H	2976, 331	2937, 579	2964, 583	2964, 639	2964, 521	295, 796
1370-1470	C-H kerangka galaktan	1454, 323	1423, 462	1458, 181	1435, 035	1421, 534	1419, 605
1370	S=O ester sulfat	1383, 706	1375, 241	-	-	-	-
1240-1260	S=O ester sulfat	1255, 656	1255, 656	1263, 371	1264, 066	1256, 524	1254, 512
1070	C-O dari 3,6-anhidro galaktos	1070, 490	1076, 685	1077, 830	1076, 908	1076, 264	1075, 568
930	C-O dari 3,6-anhidro-L-galaktosa (agar)	927, 758	927, 758	933, 544	933, 545	935, 473	933, 544
890-900	1,3- β -D-galaktosa	891, 110	891, 110	893, 039	893, 040	891, 111	889, 182
820-860	Galaktosa sulfat	850, 605	850, 605	862, 178	862, 179	-	-
741	C-O-C glikosidik agar	738, 734	738, 734	742, 592	742, 592	742, 592	736, 805
690	3,6-anhidro-L-galactosa (agar)	667, 983	668, 826	668, 326	668, 941	668, 755	667, 368

Pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.3 masing-masing spektrum IR terbentuk pita serapan sekitar $3400 - 3650\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus hidroksil yang membentuk ikatan hidrogen, pita serapan sekitar $2850 - 2970\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus alkana. Pada daerah sidik jari ($1500 - 400\text{ cm}^{-1}$) terdapat pita serapan pada sekitar $1370\text{-}1470\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-H dari kerangka galaktan sedangkan sekitar 1370 cm^{-1} dan $1240 - 1260\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus ester sulfat, pita serapan sekitar 1070 cm^{-1} menunjukkan adanya kerangka struktur senyawa galaktosa, pita serapan sekitar 930 cm^{-1} dan 690 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi spesifik dari 3,6-anhidro-L-galaktosa, pita serapan sekitar $890 - 900\text{ cm}^{-1}$ merupakan pita serapan yang spesifik dari 1,3- β -D-galaktosa, sedangkan pada pita serapan $820 - 860\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus galaktosa sulfat yang muncul pada puncak serapan yang berbeda-beda, pada agar komersil dan agar perlakuan asam sitrat 0,2 M pita serapan sekitar $850,605\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya pita serapan yang spesifik dari galaktosa-4-sulfat, pada agar perlakuan asam sitrat 0,4 M dan 0,6 M pita serapan sekitar $862,17 - 862,179\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya pita serapan yang spesifik dari galaktosa-6-sulfat. Sedangkan pita serapan sekitar 740 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan glikosidik agar.

Tidak munculnya pita serapan sekitar 1370 cm^{-1} pada spektrum IR agar perlakuan asam sitrat 0,4 M – 1,0 M dan pada pita serapan sekitar $820 - 860\text{ cm}^{-1}$ pada spektrum IR agar perlakuan asam sitrat 0,8 M dan 1,0 M kemungkinan disebabkan karena kandungan sulfat pada agar perlakuan tersebut dapat dikatakan kecil, sedangkan pita serapan sekitar 1370 cm^{-1} dan sekitar $820 - 860\text{ cm}^{-1}$ pada spektrum agar komersil dan agar perlakuan asam sitrat 0,2 M tampak jelas, yang

menunjukkan bahwa kandungan sulfat pada agar komersil dan agar perlakuan asam sitrat 0,2 M masih cukup tinggi (Abidin *et al.*, 2015).

Senyawa hasil ekstraksi dapat dikatakan sebagai senyawa agar karena dihasilkan puncak pita serapan dengan sudut yang hampir sama dengan agar komersil. Panjang gelombang yang dihasilkan berbeda-beda setiap gugusnya akan tetapi, tidak memiliki perbedaan yang cukup jauh. Agar umumnya memiliki serapan khas yang terdapat pada gugus fungsi 3,6-anhidrogalaktosa pada bilangan gelombang 1070 cm^{-1} serta ditunjukkan dengan adanya gugus 3,6 anhidro-L-galaktosa pada bilangan gelombang 930 cm^{-1} dan 690 cm^{-1} , juga ditunjukkan adanya gugus 1,3- β -D-galaktosa pada bilangan gelombang $890 - 900\text{ cm}^{-1}$, dan memiliki serapan khas berupa gugus ester sulfat pada bilangan $1240 - 1260\text{ cm}^{-1}$ (Cotas *et al.*, 2021).

4.6 Uji Karakteristik Agar

4.6.1 Pengukuran Titik Leleh

Nilai titik leleh agar hasil ekstraksi untuk masing-masing perlakuan berkisar antara $87 - 89^{\circ}\text{C}$ yang tidak memiliki perbedaan yang jauh dengan agar komersil yaitu berkisar 89°C . Hasil titik leleh yang diperoleh pada penelitian ini tidak berbeda jauh dengan penelitian yang dilakukan oleh Yarnpakdee *et al.* (2015) diperoleh titik leleh agar sebesar 85 hingga 95°C . Hasil pengukuran titik leleh agar dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Titik Leleh Agar dan Agar Komersil

Perlakuan	Titik Leleh (°C)
Asam Sitrat 0,2 M	87
Asam Sitrat 0,4 M	89
Asam Sitrat 0,6 M	89
Asam Sitrat 0,8 M	88
Asam Sitrat 1,0 M	89
Agar Komersil	89

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh bahwa masing-masing perlakuan perbedaan konsentrasi asam sitrat tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap suhu pelelehan agar jika dibandingkan dengan agar komersil. Hal ini diduga karena agar yang dihasilkan untuk masing-masing perlakuan mempunyai bobot molekul yang hampir sama atau karena mempunyai kadar 3,6-anhidrogalaktosa yang hampir sama. Bobot molekul yang tinggi akan menyebabkan suhu titik leleh semakin tinggi. Ikatan hidrogen akan terjadi antara oksigen pada atom C kedua dari suatu rantai polimer polisakarida dengan oksigen pada atom C kedua dari suatu rantai polimer polisakarida yang lainnya, akibat adanya ikatan hidrogen ini akan terbentuk jaringan polimer yang kompleks sehingga untuk mengurai jaringan tersebut dibutuhkan suhu yang tinggi (Utomo & Satriyana, 2006).

4.6.2 Pengukuran Kadar Air

Kadar air adalah jumlah air yang tidak terikat dalam agar. Agar yang memiliki kadar air tinggi akan mudah mengalami kerusakan. Hasil pengukuran kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rata-rata Kadar Air Agar

Perlakuan	Kadar Air (%)			Rata-rata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Asam Sitrat 0,2 M	5,11	5,44	5,90	5,48 ^a
Asam Sitrat 0,4 M	5,89	4,00	5,05	4,98 ^a
Asam Sitrat 0,6 M	6,24	4,39	3,09	4,58 ^a
Asam Sitrat 0,8 M	7,47	7,69	5,85	7,00 ^a
Asam Sitrat 1,0 M	7,38	7,23	3,19	5,93 ^a
Agar Komersil	5,76	5,93	7,31	6,33 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($p < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa perbedaan perlakuan konsentrasi asam sitrat tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar air agar yang diperoleh jika dibandingkan dengan agar komersil. Hasil analisis kadar air agar berkisar antara 4,58 – 7,00% dengan kadar air yang terbaik dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 0,6 M sebesar 4,58%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air agar komersil diperoleh lebih tinggi yaitu sebesar 6,33%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air agar dan agar komersil yang diperoleh lebih rendah dari spesifikasi standar mutu agar yang ditentukan oleh SNI, FAO, dan Jepang yaitu sebesar 15-24%. Rendahnya kadar air pada agar dapat dipengaruhi oleh waktu ekstraksi. Penggunaan waktu ekstraksi yang lebih lama menyebabkan rendahnya nilai kadar air yang diperoleh karena menyebabkan sampel lebih lama terkena suhu panas (Berliana *et al.*, 2020).

4.6.3 Pengukuran Kadar Abu

Kadar abu merupakan kandungan residu anorganik yang diperoleh dari proses pengabuan agar yang dilakukan untuk mengetahui secara umum kandungan mineral yang terdapat dalam agar tersebut. Hasil pengukuran kadar abu dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rata-rata Kadar Abu Agar

Perlakuan	Kadar Abu (%)			Rata-rata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Asam Sitrat 0,2 M	25,73	22,30	21,17	23,07 ^a
Asam Sitrat 0,4 M	26,165	23,97	23,48	24,54 ^a
Asam Sitrat 0,6 M	25,76	26,64	26,09	26,16 ^{ab}
Asam Sitrat 0,8 M	27,99	24,90	28,80	27,23 ^{ab}
Asam Sitrat 1,0 M	28,58	33,23	28,77	30,19 ^b
Agar Komersil	23,26	27,16	24,95	25,12 ^{ab}

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan ada perbedaan nyata ($p < 0,05$), sedangkan jika hurufnya sama maka sebaliknya.

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa perlakuan perendaman menggunakan asam sitrat tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar abu agar yang diperoleh dengan agar komersil. Hasil analisis diperoleh kadar abu agar berkisar antara 23,07 – 30,19% dengan kadar abu yang terendah dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 0,2 M sebesar 23,07% dan kadar abu yang tertinggi dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 1,0 M sebesar 30,19%. Sedangkan nilai rata-rata kadar abu agar komersil diperoleh lebih tinggi yaitu sebesar 25,12%. Kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dari spesifikasi standar mutu agar yang ditentukan oleh SNI dan FAO yaitu sebesar 4%.

Tingginya kadar abu yang diperoleh diduga karena banyaknya elemen mineral yang tersisa dan terperangkap dalam agar pada proses ekstraksi. Kandungan mineral yang terdapat pada agar juga dapat dipengaruhi oleh kondisi perairan alga dibudidayakan. Semakin lama umur panen alga menyebabkan peningkatan kadar abu. Hal ini dikarenakan alga memiliki kemampuan menyerap mineral dari lingkungannya (Waluyo *et al.*, 2019). Tingginya kadar abu agar juga dapat dipengaruhi oleh adanya pengotor yang masih tersisa pada saat pencucian alga seperti adanya sisa karang atau pasir sehingga ikut menjadi abu dan terukur sebagai kadar abu (Kumala *et al.*, 2013).

4.6.4 Penentuan Nilai pH

Penentuan nilai pH merupakan nilai yang dapat menunjukkan derajat keasaman agar. Nilai pH agar dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri dalam agar serta berpengaruh terhadap kekuatan gel agar. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai pH adalah perendaman, metode ekstraksi, suhu ekstraksi, dan umur bahan panen baku yang digunakan (Yolanda & Agustono, 2018). Hasil pengukuran nilai pH dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rata-rata Nilai pH

Perlakuan	Uji pH			Rata-rata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Asam Sitrat 0,2 M	7,62	7,68	7,65	7,65 ^d
Asam Sitrat 0,4 M	7,17	7,32	7,29	7,26 ^c
Asam Sitrat 0,6 M	7,14	7,23	7,20	7,19 ^c
Asam Sitrat 0,8 M	6,92	6,88	6,74	6,85 ^{ab}
Asam Sitrat 1,0 M	6,64	6,74	6,76	6,71 ^a
Agar Komersil	6,94	6,90	6,90	6,91 ^b

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan ada perbedaan nyata ($P < 0,05$), sedangkan jika hurufnya sama maka sebaliknya.

Penggunaan perendaman asam sitrat terhadap alga menentukan nilai pH yang dapat mempengaruhi standar mutu agar seperti kekuatan gel. Kekuatan gel menunjukkan kemampuan agar dalam pembentukan gel. Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa konsentrasi asam sitrat memberikan nilai pH yang berbeda nyata dibandingkan dengan agar komersil. Semakin meningkatnya konsentrasi asam sitrat dapat menurunkan nilai pH yang diperoleh. Akan tetapi, nilai pH agar yang diperoleh masih memenuhi spesifikasi standar mutu yang ditentukan oleh SNI yaitu $> 6 - 7$. Nilai pH agar terendah dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 1,0 M sebesar 6,71 dan tertinggi dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 0,2 M sebesar 7,65. Sedangkan nilai pH agar komersil diperoleh sebesar 6,91. Salah

satu faktor yang mempengaruhi nilai pH agar pada penelitian ini adalah pencucian agar setelah dilakukannya perendaman, semakin lama pencucian dilakukan semakin netral pH agar yang diperoleh. Akan tetapi, lamanya perendaman ditakutkan akan mengurangi kandungan agar yang diperoleh.

4.6.5 Pengukuran Kadar Sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis polisakarida yang terdapat dalam alga merah. Sulfat terikat pada salah satu komponen penyusun agar yaitu agaropektin. Jumlah agaropektin yang terdapat dalam molekul agar berbeda-beda tergantung dari jenis dan asal alga sehingga kadar sulfat pada setiap agar juga memiliki nilai yang berbeda. Hasil pengukuran kadar sulfat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rata-rata Kadar Sulfat

Perlakuan	Kadar Sulfat (%)			Rata-rata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Asam Sitrat 0,2 M	8,32	7,07	7,17	7,52 ^b
Asam Sitrat 0,4 M	5,61	3,74	4,26	4,54 ^a
Asam Sitrat 0,6 M	4,34	5,88	2,60	4,27 ^a
Asam Sitrat 0,8 M	3,34	2,59	2,11	2,68 ^a
Asam Sitrat 1,0 M	2,92	2,39	2,40	2,57 ^a
Agar Komersil	10,12	10,08	10,08	10,09 ^c

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan ada perbedaan nyata ($P < 0,05$), sedangkan jika hurufnya sama maka sebaliknya.

Semakin rendah kadar sulfat yang diperoleh maka semakin baik kualitas agar yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui agar hasil perendaman menggunakan asam sitrat memiliki kadar sulfat yang lebih rendah dari agar komersil dan telah memenuhi spesifikasi standar mutu agar oleh FAO dan Jepang yaitu kurang dari 6%. Kadar sulfat agar yang diperoleh berkisar antara 2,57 – 7,52%

dengan kadar sulfat yang terendah serta terbaik dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 1,0 M sebesar 2,57% dan kadar sulfat yang tertinggi dimiliki oleh perlakuan asam sitrat konsentrasi 0,2 M sebesar 7,52% sedangkan untuk kadar sulfat agar komersil memiliki perbedaan nyata dengan agar perendaman menggunakan asam sitrat yaitu sebesar 10,09%. Hal ini dapat diketahui bahwa pada proses perendaman agar menggunakan asam sitrat dapat melepas ikatan sulfat yang terdapat pada agar sehingga efektif untuk mengurangi kadar sulfat dan meningkatkan kualitas agar yang diperoleh.

Tabel 4.9 Gabungan Hasil Uji Agar Hasil Ekstrak dan Agar Komersil

Perlakuan	Titik Leleh (°C)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	pH	Kadar Sulfat (%)	IC ₅₀	AAI
Asam Sitrat 0,2 M	87	5,48 ^a	23,07 ^a	7,65 ^d	7,52 ^b	97,53	0,80
Asam Sitrat 0,4 M	89	4,98 ^a	24,54 ^a	7,26 ^c	4,54 ^a	91,84	0,85
Asam Sitrat 0,6 M	89	4,58^a	26,16^{ab}	7,19^c	4,27^a	26,37	2,98
Asam Sitrat 0,8 M	88	7,00 ^a	27,23 ^{ab}	6,85 ^{ab}	2,68 ^a	77,65	1,01
Asam Sitrat 1,0 M	89	5,93 ^a	30,19 ^b	6,71 ^a	2,57 ^a	34,34	2,29
Agar Komersil	89	6,33 ^a	25,12 ^{ab}	6,91 ^b	10,09 ^c	62,18	1,26

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan ada perbedaan nyata ($P < 0,05$), sedangkan jika hurufnya sama maka sebaliknya.

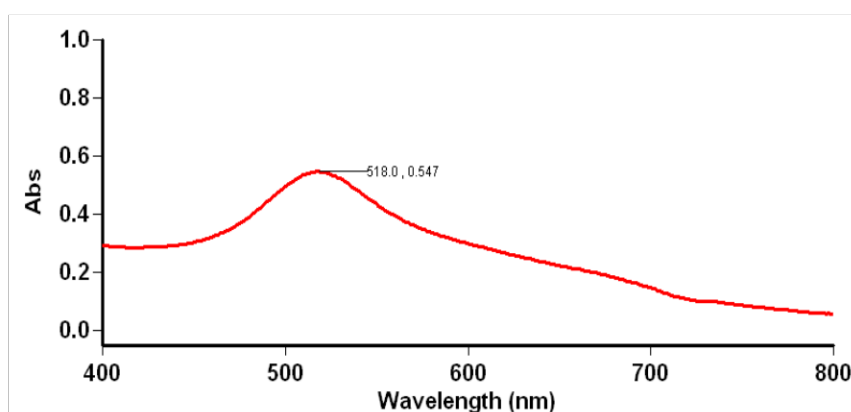
Berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan konsentrasi asam sitrat tidak memberikan perbedaan nyata terhadap nilai titik leleh, kadar air, kadar abu, dan pH agar. Akan tetapi, memberikan perbedaan nyata terhadap kadar sulfat agar dengan menurunkan nilai kadar sulfat seiring dengan tingginya konsentrasi asam sitrat. Berdasarkan Tabel 4.9 diperoleh bahwa konsentrasi perendaman asam sitrat 0,6 M merupakan agar yang memiliki perlakuan terbaik. Hal ini dikarenakan pada uji

kadar air asam sitrat 0,6 M memiliki kadar air terendah dengan nilai titik leleh, pH, dan sulfat masih memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh SNI, FAO, dan Jepang serta asam sitrat 0,6 M memiliki aktivitas antioksidan kategori sangat kuat dengan nilai IC_{50} dan AAI berturut-turut sebesar 26,37 dan 2,98.

4.7 Uji Aktivitas Antioksidan Agar

4.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum DPPH

Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH memiliki absorbansi maksimum pada panjang gelombang antara 515 – 520 nm. Hasil penentuan panjang gelombang serapan maksimum DPPH 0,2 mM pada penelitian ini adalah 518 nm yang memiliki warna ungu dengan hasil spektra UV – Vis ditunjukkan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum DPPH

4.7.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan Agar

Pengukuran aktivitas antioksidan agar dilakukan menggunakan spektrofotometer UV – Visible dengan panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh yaitu sebesar 518 nm. Hasil pengukuran aktivitas antioksidan (Lampiran 4) ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Aktivitas Antioksidan

Perlakuan	Konsentrasi	%Aktivitas Antioksidan	Nilai IC ₅₀ (ppm)	Nilai AAI
Asam Sitrat 0,2 M	100	53,9971	97,53	0,80
	250	48,7042		
	500	45,5139		
	750	59,0201		
	1000	58,4162		
Asam Sitrat 0,4 M	100	47,0872	91,84	0,85
	250	45,8921		
	500	42,5156		
	750	29,7683		
	1000	34,3652		
Asam Sitrat 0,6 M	100	47,4758	26,37	2,98
	250	45,9761		
	500	40,3051		
	750	43,6516		
	1000	43,3878		
Asam Sitrat 0,8 M	100	49,0229	77,65	1,01
	250	42,4217		
	500	38,3427		
	750	36,8756		
	1000	35,7642		
Asam Sitrat 1,0 M	100	45,0285	34,34	2,29
	250	38,901		
	500	39,6251		
	750	38,5797		
	1000	31,1578		
Agar Komersil	100	38,533	62,18	1,26
	250	33,8153		
	500	27,5779		
	750	14,846		
	1000	5,8871		
Vitamin C (Asam Askorbat)	1	48,7684	1,38	57,10
	2	51,6267		
	3	48,5071		
	4	35,0556		
	5	32,4351		

Keterangan: Cetak tebal merupakan hasil aktivitas antioksidan terbaik.

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui nilai IC₅₀ dari setiap sampel agar memiliki tingkat kekuatan antioksidan yang berbeda-beda. Nilai IC₅₀ dari agar perlakuan asam sitrat 0,6 M dan asam sitrat 1,0 M secara berturut-turut sebesar

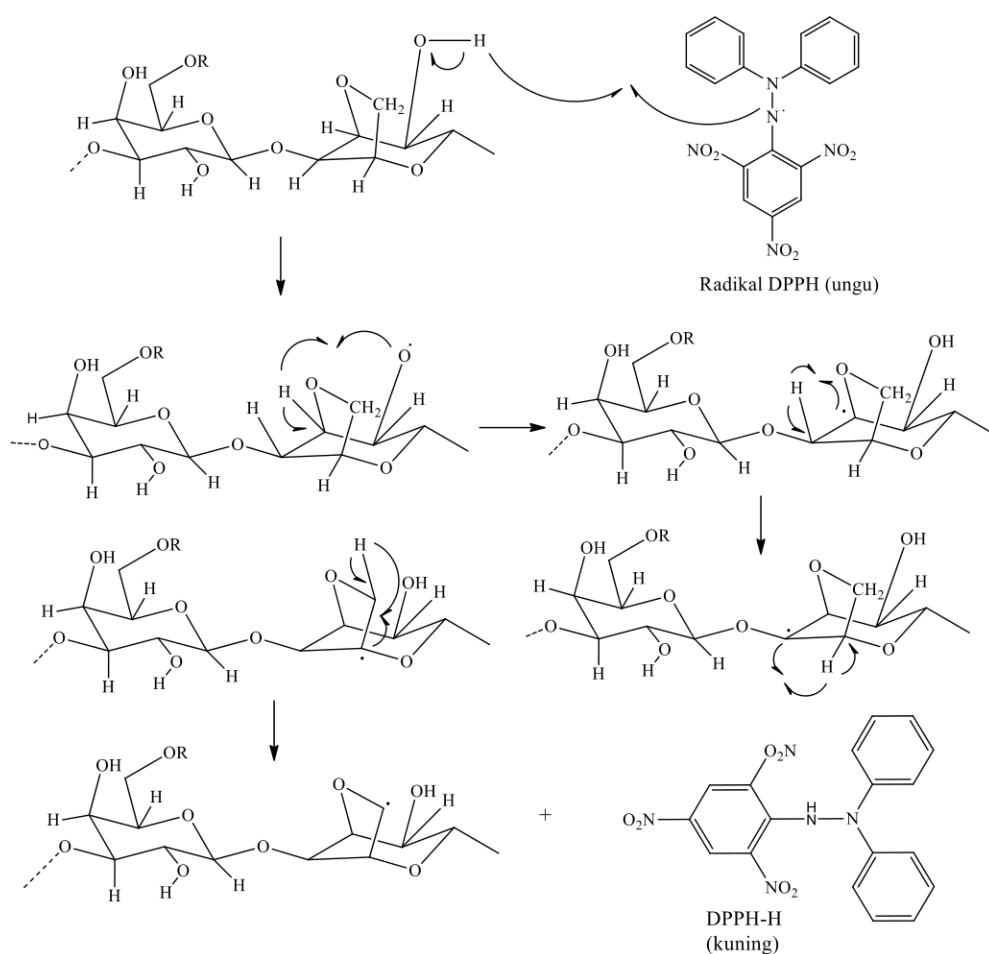
26,37 ppm dan 34,34 ppm yang dikategorikan memiliki potensi aktivitas antioksidan yang sangat kuat karena memiliki nilai $IC_{50} < 50$. Sedangkan agar perlakuan asam sitrat 0,2 M, asam sitrat 0,4 M, asam sitrat 0,8 M, dan agar komersil memiliki nilai IC_{50} berturut-turut sebesar 97,53 ppm, 91,84 ppm, 77,65 ppm, dan 62,18 ppm yang dikategorikan memiliki potensi antioksidan yang kuat dikarenakan memiliki IC_{50} 50 – 100 ppm.

Perhitungan aktivitas antioksidan setiap sampel agar menggunakan AAI juga memiliki tingkat kekuatan antioksidan yang berbeda-beda. Nilai AAI agar perlakuan asam sitrat 0,2 M dan asam sitrat 0,4 M berturut-turut sebesar 0,80 dan 0,85 yang dikategorikan memiliki potensi aktivitas antioksidan sedang karena memiliki nilai $0,5 < AAI < 1,0$, sedangkan agar perlakuan asam sitrat 0,8 M dan agar komersil memiliki nilai AAI berturut-turut sebesar 1,01 dan 1,26 yang dikategorikan memiliki potensi aktivitas antioksidan kuat karena memiliki nilai $1,0 < AAI < 2,0$, kemudian nilai AAI dari agar perlakuan asam sitrat 0,6 M dan sitrat 1,0 M berturut-turut sebesar 2,98 dan 2,29 yang dikategorikan memiliki potensi aktivitas antioksidan sangat kuat karena memiliki nilai $AAI > 2,0$.

Hasil dari pengujian aktivitas antioksidan pada sampel agar dibandingkan dengan antioksidan vitamin C (asam askorbat) untuk mengetahui seberapa kuat potensi antioksidan sampel agar. Vitamin C merupakan antioksidan sintetik yang sering digunakan oleh masyarakat. Kristiningrum *et al.* (2018) menyatakan nilai IC_{50} pada vitamin C sebesar 3,409 ppm yang dikategorikan memiliki potensi antioksidan yang kuat dikarenakan memiliki nilai $IC_{50} < 50$ ppm. Vitamin C pada penelitian ini diperoleh nilai $IC_{50} < 50$ dan nilai $AAI > 2,0$ yang dikategorikan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat yaitu sebesar 1,38 ppm dan 57,10,

sehingga vitamin C yang diperoleh memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan agar hasil ekstraksi sonikasi maupun agar komersil.

Agar memiliki potensi sebagai antioksidan dikarenakan agar memiliki gugus hidroksil cukup banyak yang mampu mendonorkan proton kepada radikal bebas DPPH. Dugaan mekanisme reaksi yang terjadi antara agar dan DPPH dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Dugaan Mekanisme Reaksi antara Agar dan DPPH

Aktivitas antioksidan berhubungan dengan kemampuan suatu senyawa bioaktif untuk mendonorkan Hidrogen (H) sehingga membentuk DPPH yang tereduksi (DPPH-H). Senyawa-senyawa golongan fenol, polifenol dan flavonoid

diketahui memiliki aktivitas antioksidan dengan mendonorkan Hidrogen (H) (Chia *et al.*, 2015). Pada penelitian Purwaningsih dan Deskawati (2020) diperoleh bahwa *Gracilaria* sp. memiliki kandungan komponen bioaktif dari ekstrak etanol yang tinggi dan memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC₅₀ yang tidak jauh dengan penelitian ini yaitu sebesar 22,15±1,63 µg/mL.

4.8 Pembahasan Hasil Senyawa Agar Alga Merah *Gracilaria verrucosa* dalam Perspektif Islam

Tumbuh-tumbuhan merupakan ciptaan Allah SWT yang sudah banyak diteliti dan terbukti memiliki banyak manfaat. Salah satu satunya adalah alga merah *Gracilaria verrucosa* yang menghasilkan senyawa agar dan memiliki aktivitas antioksidan. Allah SWT seringkali menyeru kepada manusia untuk mempelajari alam dan menyaksikan tanda-tanda yang ada padanya. Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT di muka bumi memiliki manfaat dan fungsinya. Sebagaimana pada firman Allah SWT dalam al-Qur'an Surat asy Syu'araa ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik” (QS. asy-Syu'araa: 7).

Manusia hendaknya merenung dan berfikir atas segala sesuatu yang telah Allah SWT ciptakan di alam sehingga akan tercipta ilmu pengetahuan yang bermanfaat. Menurut Imam Al Ghazali jalan untuk mengenal Allah SWT adalah dengan mengagungkan-Nya, memikirkan segala hikmah, dan merenungkan

keajaiban yang terkandung dalam setiap ciptaan-Nya. Allah SWT memberikan gelar ulul albab bagi orang yang berakal dan senantiasa menggunakan pikiran, mengambil faedah (manfaat), hidayah serta selalu mengingat Allah SWT (berdzikir) disetiap situasi dan kondisi (Shihab, 2007).

Tugas manusia sebagai khalifah adalah untuk menjaga dan bertanggung jawab atas dirinya, sesama manusia, dan alam yang menjadi sumber kehidupan karena sudah menjadi kewajiban bagi manusia yang merupakan khalifah di bumi memiliki bentuk sunnatullah yang harus dilakukan, yaitu baik kewajibannya antara manusia dengan Tuhannya, antara sesama manusia sendiri, dan antara manusia dengan ekosistemnya.

Tanggung jawab manusia terhadap moral agama sebagai khalifah di bumi yaitu mengelola sebaik-baiknya alam semesta dan kehidupan sosial didalamnya. Kehidupan manusia sangat tergantung kepada komponen-komponen dalam ekosistem sehingga secara moral manusia terhadap alam akan dituntut untuk bertanggung jawab pada kelangsungan, keseimbangan, dan kelestarian alam yang menjadi sumber kehidupannya. Untuk menjaga kelangsungan, keseimbangan, dan kelestarian alam pengolahan agar pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode yang ramah lingkungan. Agar dilakukan perendaman menggunakan asam lemah yaitu asam sitrat yang kemudian dilakukan proses ekstraksi menggunakan metode sonikasi dengan pelarut aquades sehingga menghasilkan limbah yang tidak merusak lingkungan sekitar. Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sebelum (Allah) memperbaikinya dan berdoaah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sungguh rahmat Allah dekat dengan orang-orang yang berbuat baik (QS. Al-A'raf: 56).*

Menurut tafsir al Maraghi menjelaskan bahwa kita dilarang melakukan kerusakan di muka bumi setelah Allah SWT membuat kemaslahatan dengan menciptakan hal-hal yang bermanfaat dan menunjukkan kepada kita manusia bagaimana mengekplotasi bumi dan memanfaatkannya dengan menundukkan bumi kepada manusia. Penjelasan tersebut mengingatkan kita yang merupakan ciptaan Allah SWT yang memiliki akal dan fikiran untuk mengolah dan memanfaatkan segala sesuatu yang ada di bumi ini salah satunya mengolah tanaman sebagai obat yang dapat menyembuhkan berbagai penyakit. Sebagaimana dalam sabda rasulullah SAW dalam riwayat Abu Hurairah:

حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ الْمُثَنَّى حَدَّثَنَا أَبُو أَحْمَدَ الزُّبَيْرِيُّ حَدَّثَنَا عُمَرُ بْنُ سَعِيدٍ بْنُ أَبِي حُسَيْنٍ قَالَ حَدَّثَنِي
عَطَاءُ بْنُ أَبِي رِبَاحٍ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنْ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ مَا أَنْزَلَ اللَّهُ
دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: *Telah menceritakan kepada kami Muhammad bin al-Mutsanna telah menceritakan kepada kami Abu Ahmad Az Zubairi telah menceritakan kepada kami 'Umar bin Sa'id bin Abu Husain dia berkata; telah menceritakan kepadaku 'Atha' bin Abu Rabah dari Abu Hurairah radliallahu 'anhu dari Nabi shallallahu 'alaihi wasallam beliau bersabda: "Allah tidak akan menurunkan penyakit melainkan menurunkan obatnya juga." (HR. Bukhari).*

Hadis tersebut menjelaskan bahwa setiap penyakit yang diturunkan oleh Allah SWT kepada hambanya memiliki obatnya yang dapat menyembuhkan. Pendekatan ilmiah dan teknologi menghasilkan adanya beberapa penelitian yang

telah dilakukan pada tumbuhan khususnya alga merah *Gracilaria verrucosa* sehingga diperoleh bahwa tumbuhan mengandung banyak senyawa kimia yang bermanfaat bagi tubuh manusia, salah satunya sebagai obat yang dapat dibuktikan melalui uji aktivitas antioksidan. Kandungan antioksidan dapat dijadikan sebagai pencegah oksidasi sel di dalam tubuh manusia yang disebabkan oleh radikal bebas, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit karsinogenik dan penuaan. Sebagaimana hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa nilai IC_{50} yang diperoleh rendah antara 26,37-97,53 dan nilai AAI yang diperoleh antara 0,80-2,98 sehingga dapat dikategorikan memiliki potensi aktivitas antioksidan yang kuat hingga sangat kuat.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa tumbuhan *Gracilaria verrucosa* ternyata menyimpan manfaat sebagai tanaman obat dengan mengandung antioksidan didalamnya. Hal ini menunjukkan akan kebenaran ayat-ayat al-Quran yang menjelaskan bahwa apa yang diciptakan oleh Allah SWT di alam ini tidak ada yang sia-sia. Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT baik di laut maupun di darat, pasti mengandung manfaat dan jika dikembangkan akan memberikan kemaslahatan bagi kehidupan manusia.

Pada penelitian ini mengungkap kebaikan alam dan kebaikan Allah SWT karena dengan sifat Ar Rahman dan Ar Rahim-Nya menciptakan tumbuh-tumbuhan yang memiliki banyak manfaat. Tugas khalifah adalah menjaga antioksidan di muka bumi dengan memperoleh antioksidan menggunakan metode yang ramah lingkungan dan tidak merusak bumi seperti menggunakan pelarut dan metode ekstraksi yang tidak berbahaya dikonsumsi dan tidak menghasilkan limbah yang merusak lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis data diperoleh agar perendaman asam sitrat 0,6 M memiliki perlakuan terbaik dengan nilai rendemen 45,23%, titik leleh 86 °C, kadar air 4,58%, kadar abu 26,16%, pH 7,19, dan kadar sulfat 4,27%.
2. Agar perendaman asam sitrat 0,6 M memiliki potensi aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} 26,37 dan nilai AAI 2,98. Agar perendaman asam sitrat konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 M memiliki aktivitas antioksidan kategori kuat hingga sangat kuat dengan nilai IC_{50} berturut-turut 97,53; 91,84; 26,37; 77,65; dan 34,34, sedangkan pada AAI memiliki aktivitas antioksidan kategori sedang hingga sangat kuat dengan nilai berturut-turut sebesar 0,80; 0,85; 2,98; 1,01; dan 2,29.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui titik optimum rendemen agar dengan variasi konsentrasi asam sitrat dan pengukuran parameter kekuatan gel agar.

DAFTAR PUSTAKA

- A W. 1996. Radikal Bebas dan Parameter Status Antioksidan. Forum Diagnosticum, *Prodia Diagnostic Educational Services*. No 1: 1-12.
- Abidin, Z., Rudyanto, M., & Sudjarwo. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Agarosa dari Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* (Isolation and Characterization of Agarose from *Gracilaria verrucosa* Seaweeds). *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 13(1), 69–75.
- Agustin, A., Saputri, A. I., Harianingsih. 2017. Optimasi Pembuatan Karagenan dari Rumput Laut Aplikasinya untuk Perenyah Biskuit. *Inovasi Teknik Kimia*. 2 (2): 42-47.
- Agustina, Eva. 2017. Uji Aktivitas Senyawa Antioksidan dari Ekstrak Daun Tiin (*Ficus Carica Linn*) dengan Pelarut Air, Metanol dan Campuran Metanol: Air. *Klorofil*. 1 (1): 38-47.
- Al-albani, M.N, 2008. *Ringkasan Shahih Bukhari 3 & 4*. Depok: Gema Insani.
- Almeida, C. L. F., Falcao, H. S., Lima, G. R. M., Montenegro, C. A., Lira, N. S., de Athayde-Filho, P. F., Rodrigues, L. C., de Souza, M. F. V., Barbosa-Filho, J. M., dan Batista, L. M. 2011. Bioactivities from Marine Alga. *Internatioal Journal of Molecular Sciences*. 12:4550-4573.
- Al-Nahdi, Z. M., Al-Alawi A., Marhobi I., Al-Zefiti A. 2015. Optimization of Yield and Chemical Properties of Agar Extracted from *Melanothamnus Somalensis* from Oman Sea. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 4: 302-314.
- Al-Nimry, S., Dayah, A. A., Hasan, I., Mar, R. D. 2021. Cosmetic, Biomedical and Pharmaceutical Applications of Fish Gelatin/Hydrolysates. *Drugs*. 19: 145.
- Amaranggana, L., Wathonim, N. 2017. Manfaat Alga Merah (Rhodophyta) sebagai Sumber Obat dari Bahan Alam. *Majalah Farmasetika*. 2 (1): 16-19.
- Aminah, Hamsinah, Abiwa NA, Anggo S. 2020. Potensi Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) sebagai Antioksidan. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 12(1):36-41.
- Anjarsari, B., Arief, D.Z., dan Wibowo, T.E. 2005. Pengaruh Perbandingan Bahan Baku Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) Dengan Pektin dan pH Ekstraksi Terhadap Kuat Tarik Agar-Agar Kertas. *Infomatek*. 7 (3):183-196.
- Assaw S, Rosli NL, Azmi NAM, Mazlan NW, dan Ismail N. 2018. Antioxidant and Antibacterial Activities of Polysaccharides and Methanolic Crude Extracts of Local Edible Red Seaweed *Gracilaria sp.* *Malays. Appl. Biol.* 47(4): 135-

144.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. *Official Methods 960.38 Benzoic Acid in Non solid Food and Beverages Spectrophotometric Method*. USA: AOAC International.

Atmadja, W. S., A. Kadi., Sulisty. dan Rachmaniar. 1996. *Pengenalan Jenis -Jenis Rumput Laut di Indonesia*. Bogor: Puslitbang Oseanologi LIPI.

B. S. B. Utomo dan N. Satriyana. 2006. Sifat Fisiko-Kimia Agar-Agar dari Rumput Laut *Gracilaria Chilensis* yang diekstrak dengan Jumlah Air Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 13 (1): 45-50.

Berliana, S., Harini, N., & Anggriani, R. (2020). Karakter Fisikokimia Agar-Agar dari Rumput Laut *Gracilaria* sp. dengan Variasi Air Kelapa dan Lama Ekstraksi. *Food Technology and Halal Science Journal*, 3(2), 102-109.

Buddin, M. M. H. S., Rithuan, M. Z. A., Surni, M. S. A., Jamal, N. H. M., & Faiznur, M. F. 2018. Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) of Moringa Oleifera Seed Oil: Kinetic Study. *ASM Science Journal*. 11 (3): 158–166.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A., Meullemiestre, A., & Abert-vian, M. 2017. Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products. *Ultrasonics-Sonochemistry*. 34: 540–560.

Chen, Y., Miao, Y., Huang, L., Li, J., Sun, H., Zhao, Y., ... Zhou, W. 2012. Antioxidant Activities of Saponins Extracted from Radix Trichosanthis: An in Vivo and in Vitro Evaluation. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 14: 1-8.

Chia and Chong. 2015. Effect of Drum Drying on Physico-chemical Characteristics of Dragon Fruit Peel (*Hylocereuspolyrhizus*). Malaysia: Department of Food Science and Technology, University Putra Malaysia.

Cotas, J., Pacheco, D., Araujo, G. S., Valado, A., Critchley, A. T., Pereira, L. 2021. On the Health Benefits vs. Risks of Seaweeds and Their Constituents: The Curious Case of the Polymer Paradigm. *Mar. Drugs*, 19, 164.

Coura CO, de Araújo IWF, Vanderlei ESO, Rodrigues JAG, Quinderé ALG, Fontes BP. *et al.* 2012. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of sulphated polysaccharides from the red seaweed *Gracilaria cornea*. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*. 110(4): 335–341.

Damanis F, Wewengkang D, Antasionasti S. 2020. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol *Ascidian Herdmania Momus* dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil. *PHARMACON*. 9 (3).

- Darmawan, M., Santoso, J., Fransiska, D., dan Marsella. 2020. Pengaruh Praperlakuan Alkali dan Asam terhadap Karakteristik Mutu Bakto Agar dari Rumput Laut *Gelidium* sp. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 15 (1): 47-61.
- Darmawan, M., Tazwir dan N. Hak. 2006. Pengaruh Perendaman Rumput Laut Coklat Segar Dalam Berbagai Larutan Terhadap Mutu Natrium Alginat. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan, Balai Besar Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan Perikanan*. 9 (1): 26-38.
- Distantina S, Dyartanti Er., 2007. Ekstraksi *Eucheuma cottonii* menggunakan Pelarut NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. E-17, UNDIP.
- Distantina S, O. Rusman, S. Hartati. 2006. Pengaruh Konsentrasi Asam Perendaman Asetat Pada Terhadap Kecepatan Ekstraksi Agar-agar. *Ekulibrium* 5 (1): 34-39.
- Distantina, S. Anggraeni, D.R. dan Fitri, L.E. 2008. Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Larutan Perendaman terhadap Kecepatan Ekstraksi dan Sifat Gel Agar-agar dari Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2, No. 1.
- Drum, R. 2013. Sea Vegetables for Food & Medicine. *Well Being Journal*. 3 (12).
- Erviana, D., Budaya, A., Hariani, S., Winda, A., & Sari, L. 2018. Analisis Kualitatif Kandungan Sulfat dalam Aliran Air dan Air Danau di Kawasan Jakabaring Sport City Palembang. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(2), 1-4.
- Falleh, H., Ksouri, R., Lucchessi, M. E., Abdelly, C., Magne, C. 2012. Ultrasound-assisted extraction time and solvent power on the levels of polyphenols and antioxidant activity of *Mesembryanthemum edule* L. *Aizoaceae* shoots. *Tropical Journal of Parmaceutical Research*. 11(2): 243-249.
- Faustino, H., *et al.* 2010. Antioxidant Activity of Lignin Phenolic Compounds Extracted from Kraft and Sulphite Black Liquors. *Molecules*. 15(12): 9308-9322.
- Fransiska, D., Murdinah. 2007. Squalen vol. 2 No. 2 hal. 65-72: Prospek Produksi Agarosa dan Agar Mikrobiologi di Indonesia.
- Giacometti, J., Zauhar, G., & Zuvic, M. 2018. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Major Phenolic Compounds from Olive Leaves (*Olea europaea* L.) Using Response Surface Methodology. *Foods*. 7 (9): 149.
- Hakim, A. R., Wibowo, S., Arfini, F., & Peranginangin, R. 2011. Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak, Suhu Presipitasi, dan Konsentrasi Kalium Klorida (KCl) Terhadap Mutu Karaginan. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 6(1), 1-11.

- Handayani, A. 2015. Pemanfaatan Tumbuhan Berkhasiat Obat Oleh Masyarakat Sekitar Cagar Alam Gunung Simpang Jawa Barat. *Pros Sem Nas MaSy Biodiv Indo*. 1 (6).
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia, Edisi ke dua*. Bandung: ITB.
- Harismah, K., Hidayati, N., Three, A., Latifah, W., & Fuadi, A. M. 2016. Uji Antioksidan Agar-Agar Ubi Jalar Kuning Aroma Cinnamon Dan Pemanis Alami Non Kalori Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The 3rd University Research Colloquium*, 570–584.
- Hayati, E. K., Ningsih, R., & Latifah. 2015. Antioxidant Activity of Flavonoid from Rhizome Kaemferia galanga L. Extract Extract. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*. 4(2): 127–137.
- Hindrayawati, Mujiyanti. 2010. Jenis-jenis dan sifat-sifat bambu, silika, ekstraksi silika, keramik silika, dan karakterisasinya. *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung.
- Ibrahim, A. A, Sandhika, W., Budipramana, V. S. 2020. Uji Efektifitas Ekstrak Etanol Daun Annona Muricata Terhadap Sel Kanker Payudara Mcf-7. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS.Dr. Soetomo*. Vol.6 No.1.
- Indahyani, D., E., Praharani, D., Barid, I., Handayani, A., R., T., W. 2019. Aktivitas Antioksidan dan Total Polisakarida Ekstrak Rumput Laut Merah, Hijau dan Coklat dari Pantai Jangkar Situbondo. *Stomatognatic (J.K.G Unej)*, 16 (2): 64-69.
- Jaya, A., Sumarni, N. K., Ridhay, A. 2019. Ekstraksi Dan Karakterisasi Karagenan Kasar Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *KOVALEN. Jurnal Riset Kimia*: 5(2): 146–154.
- Julfitriyani, Runtuwene, M. R., & Wewengkang, D. 2016. Uji aktivitas antioksidan dan toksisitas ekstrak etanol daun foki sabarati (*Solanum torvum*). *Jurnal Ilmiah Pharmacon*. 5(3), 94-101.
- Kasanah, Noer., Triyanto, Drajad S.S., Windi Amelia, dan Alim Isnansetyo, 2015, Indones. *J. Chem*. 15 (2): 201-209.
- Kedare, S. B., Singh J. 2011. Genesis and Development of DPPH Method of Antioxidant Assay. *Food Sci Technol*. 48 (4): 412-422.
- Kikuzaki, H., Hisamoto, M., Hirose, K., Akiyama, K., Taniguchi, H. 2002. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. *J Agric Food Chem*. 50 (7):2161-8.

- Kristiningrum, N., Hernawati, S., Aulia, R. P., Wardani, P. 2018. Studi Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Mangga Bacang (*Mangifera foetida* Lour.) dan Kelopak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III*, ISSN: 2527–533.
- Kumala, S., Sumarny, R., Racmani, R., & Ruswita, A. (2013). Alga merah (*Gracilaria verrucosa*) sebagai bahan bakto agar. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 6(3), 167-171.
- Kumar, Savindra., Rishi G., Gaurav K., Dinabandhu S., dan Ramesh C. K. 2013. Bioethanol Production from *Gracilaria verrucosa*, a red alga, in a Biorefinery Approach. *Bioresource Technology*. 135: 150-156.
- Kumaradewi, D. A. P., Subaidah, W. A., Andayani1, Y., Al-Mokaram, A. 2021. Phytochemical Screening and Activity Test of Antioxidant Ethanol Extract of Buni Leaves (*Antidesma bunius* L. Spreng) Using DPPH Method. *JPPIPA*. 7 (2).
- Kumesan, E. C., Pandey, E. V., Lohoo, H. J. 2017. Analisa Total Bakteri, Kadar Air Dan pH pada Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dengan Dua Metode Pengeringan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 5 (1): 124-129.
- Kusuma, W. I., Santosa, G. W., & Pramesti, R. 2013. Pengaruh konsentrasi NaOH yang berbeda terhadap mutu agar rumput laut *Gracilaria verrucosa*. *Journal Of Marine Research*. 2(2): 120-129.
- Li, H., Yu, X., Jin, Y., Zhang, W., Liu, Y. 2008. Development of an eco-friendly agar extraction technique from the red seaweed *Gracilaria lemaneiformis*. *Bioresour Technol*. 99: 3301-5.
- Li, Z., Yang, F., Yang, L., & Zu, Y.-G. 2016. Ultrasonic Extraction of Oil from *Caesalpinia Spinose* (Tara) Seeds. *Journal of Chemistry*. 1-6.
- Mahyati. 2018. Ekstraksi Karagenan Dari Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian* (SNP2M) (pp.76-79).
- Mariod, A. A., Adam, H. F. 2013. Review: Gelatin, Source, Extraction and Industrial Applications. *Aliment*. 12(2): 135-147.
- Martinah, S., Sutamihardja., Sugiarti., L. 2014. Optimasi Perlakuan Polyethylene Glikol (Peg) 6000 terhadap Isolasi Agarosa Rumput Laut *Gracilaria* sp. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 4(2): 115-128.
- Mason, T. J., Vinatoru, M., Calinescu, I. 2017. Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functional Compounds from Plant Materials Trends in Analytical Chemistry

Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functie. *Trends in Analytical Chemistry*. 97: 159-178.

Medina-torres, N., Ayora-talavera, T., & Espinosa-andrews, H. 2017. *Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources*.

Fuad, M. F., Don, M. M. 2016. Ultrasonic-Assisted Extraction of Oil from Calophyllum Inophyllum Seeds: Optimization of Process Parameters. *Jurnal Teknologi*. 78 (10).

Nema, R. K, *et al.* 2009. Antioxidants: a review. *J Chem Pharm Res*. 1 (1): 102-4.

Nuzaha., Muchtaridi, M. 2017. Review Jurnal: Aktivitas Antimikroba dari Senyawa Bioaktif Rumput Laut Atau Makroalga. *Farmaka Suplemen*, 15 (2): 207-217

Ofori-Boateng, C., & Lee, K. T. 2013. Response Surface Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Carotenoids from Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fronds. *Food Science & Nutrition*. 1 (3): 209-221.

Praiboon, J., Chirapart, A., Akakabe, Y., Bhumibhamon, O., and Kajiwar, T. 2006. Physical and Chemical Characterization of Agar Polysaccharides Extracted from the Thai and Japanese Species of *Gracilaria*. *ScienceAsia 32 Supplement*. 1: 11-17.

Prasadi, Oto. 2018. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. dalam Media Pupuk sebagai Bahan Pangan Fungsional. *JIPK*, 10 (2): 119-123.

Purwaningsih, S., Deskawati, E. 2020. Karakteristik dan aktivitas antioksidan rumput laut *Gracilaria* sp. asal Banten. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 23(3): 503-512.

Rahmi, H. 2017. Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Sumber Buah-buahan di Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*. 2 (1): 34-38.

Rasyid, A. 2004. Beberapa Catatan tentang Agar. *Oseania*. 29 (2): 1-7

Risiani, Y. 2004. *Potensi Sumber Daya Rumput Laut di Jawa Timur dan Jenis-Jenis Ekonomi Penting*. Malang: Universitas Brawijaya.

Sani, F., Samudra, A., G., Triwahyuni, E. 2019. Potensi Ekstrak Polisakarida Ganggang Merah (*Gracilaria verrucosa*) Kajian in Vivo pada Mencit Hiperkolesterol. *Jurnal Ilmiah Farmacy*, 6 (1): 105-114.

Santika, L. G., Widodo, F. M., & Romadhon. 2014. Karakteristik Agar Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Budidaya Tambak dengan Perlakuan

Konsentrasi Alkali pada Umur Panen yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 2 (4): 98-105.

Savitri, I., Suhendra, L., & Wartini, N. M. 2017. Pengaruh jenis pelarut pada metode maserasi terhadap karakteristik ekstrak *Sargassum polycystum*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 93–101.

Setiabudi, A., Pringgenies, D., Ridlo, A. 2020. Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas DPPH dan Daya Reduksi Ekstrak *Gracilaria verrucosa*. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*. 4 (2): 47-55.

Setiawan, F., Yunita, O., dan Kurniawan, A. 2018. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Kayu Secang (*Caesalpinia sappan*) Menggunakan Metode DPPH, ABTS, dan FRAP. *Media Pharmaceutica Indonesiana*. Vol. 2 No. 2.

Shahidi, F., Rahman, J., 2018. Bioactives in Seaweeds, Algae, and Fungi and their Role in Health Promotion. *J. Food Bioact.* 2: 58-81.

Sholihah, Trisasongko, Shiddiq, KUSDARYANTO, Manijo, Panuju. 2016. Identification of Agricultural Drought Extent Based on Vegetation Health Indices Oo Landsat Data: Case of Subang and Karawang. *Indonesia Procedia Environmental Sciences*. 33: 14-20.

Sudariastuty, E. 2011. *Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pusat Penyuluhan dan Perikanan.

Sugiyatno, S., Izzati, M. and Prihastanti, E., 2013. Manajemen Budidaya dan Pengolahan Pasca Panen *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfus. Studi Kasus: Tambak Desa Mororejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. XXI (2): 42-50.

Suhaling, Sukmawati. 2010. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Metode DPPH". *Undergraduate (S1) thesis*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Sunarni, T., Suwidjiyo, P., Ratna, A. 2007. Flavonoid Antioksidan Penangkap Radikal dari Daun Kepel (*Stelechocarpus burahol* (Bl.) Hook f. & Th.). *Majalah Farmasi Indonesia*. 18 (3): 111-116.

Teng, H., Chen, L., Huang, Q., Wang, J., Lin, Q., Liu, M., Song, H. 2016. Ultrasonic-Assisted Extraction of Raspberry Seed Oil and Evaluation of Its Physicochemical Properties, Fatty Acid Compositions and Antioxidant Activities. *Plos One*. 11 (4): 1-17.

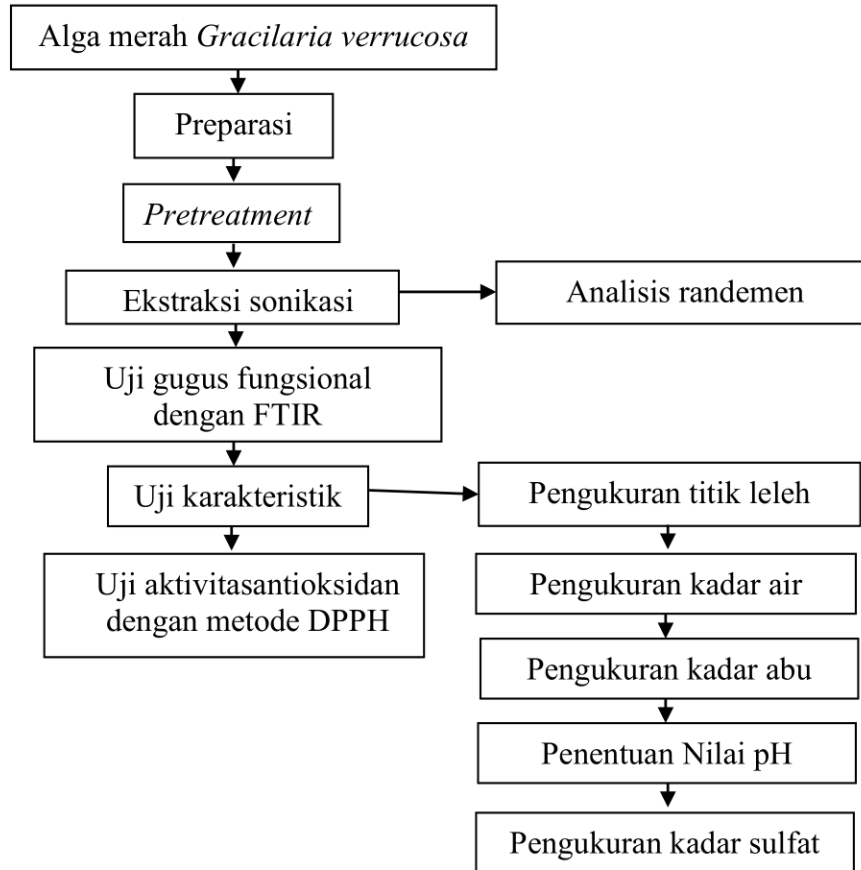
Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B., & Martin Lo, Y. 2013. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seed Oil. *Ultrasonics Sonochemistry*. 20 (1): 202-208.

- Uju, J. Santoso, W. Ramadhan, F. Abrory. 2018. Ekstraksi Native Agar dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* dengan Akselerasi Ultrasonikasi pada Suhu Rendah. *JPHPI*. 21(3).
- Utami, L. I. 2008. Pengambilan Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevicerae* Amobil. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8 (2).
- Villanueva, R. D., Sousa, A. M. M., Goncalves, M. P., Nilson, M., Hilliou, L. 2010. Production and properties of agar from the invasive marine alga, *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*. (22): 211-220.
- Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. 2017. Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functional Compounds from Plant Materials. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. 97: 159-178.
- Wahdaningsih, dkk., 2011. Aktivitas Penangkap Radikal Bebas dari Batang Pakis (*Alsophila Glauca J. Sm*). *Majalah Obat Tradisional*. 16 (3): 156-160.
- Waluyo, Permadi., Fanni, N., Soedrijanto, A. 2019. Analisis Kualitas Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* di Tambak Kabupaten Karawang, Jawa Barat. *Jurnal Grouper*, 10 (1): 32-41.
- Wardiyati, Siti. 2004. *Pemanfaatan Ultrasonik Dalam Bidang Kimia*. BATAN: Puslitbang Iptek Bahan-bahan.
- Weber, S. U. 2009. *Antioxidants*. In: Maibach HI, editor. *Handbook of Cosmetics Science and Technology*. 3rd ed. New York: Informa Healthcare p. 301-10.
- Wenno, M. R., Thenu, J. L., & Lopulalan, C. G. C. 2012. Karakteristik kappa karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai umur panen. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Perikanan*, 7(1), 61-67.
- Wicaksono, A. N., Firdaus, M., Setijawati, D. 2019. Pengaruh Lama Waktu Perendaman yang Berbeda terhadap Kualitas Agar-Agar *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal TECHNO-FISH*. 3 (1).
- Winarno F. G. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Winarno, F. G. 1990. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Harapan.

- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarsi, H., 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- Yarnpakdee, S., Soottawat, B., & Passakorn, K. 2015. Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand. *Food Hydrocolloids*, 51, 217-226.
- Yolanda, N. T., Agustono. 2018. Proses Ekstraksi dan Karakterisasi Fisika Kimia Bubuk Agar *Gracilaria sp.* Skala Laboratorium di PT. Java Biocolloid Surabaya. *Journal of Marine and Coastal Science*. 7(3):127-138.
- Zhou, Y., Zheng, J., Gan, R. Y., Zhou, T., Xu, D. P., & Li, H. Bin. 2017. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidants from The Mung Bean Coat. *Molecules*. 22 (4): 1-13.

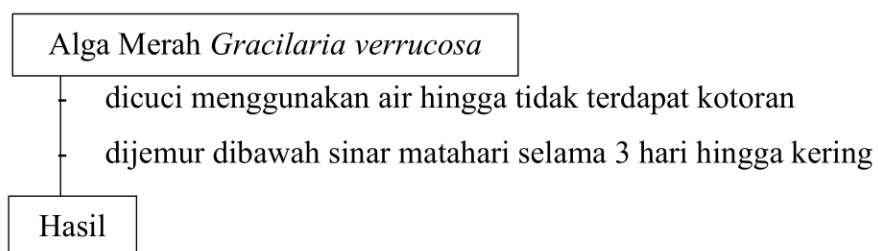
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

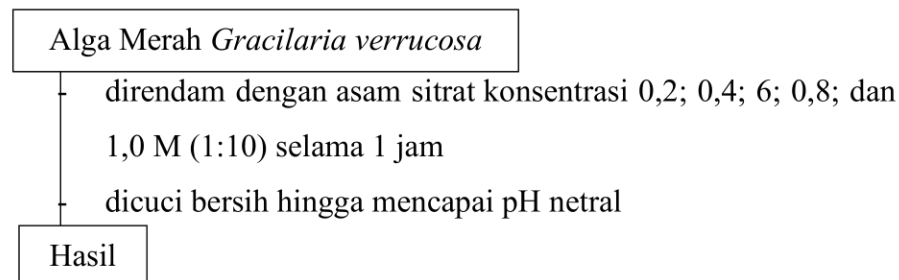


Lampiran 2. Diagram Alir

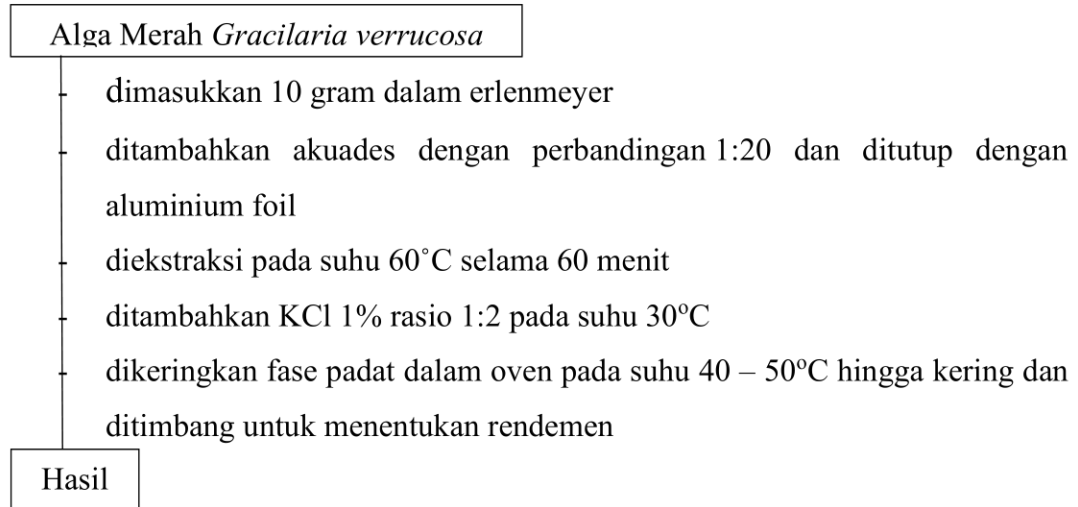
2.1 Preparasi Alga Merah *Gracilaria verrucosa*



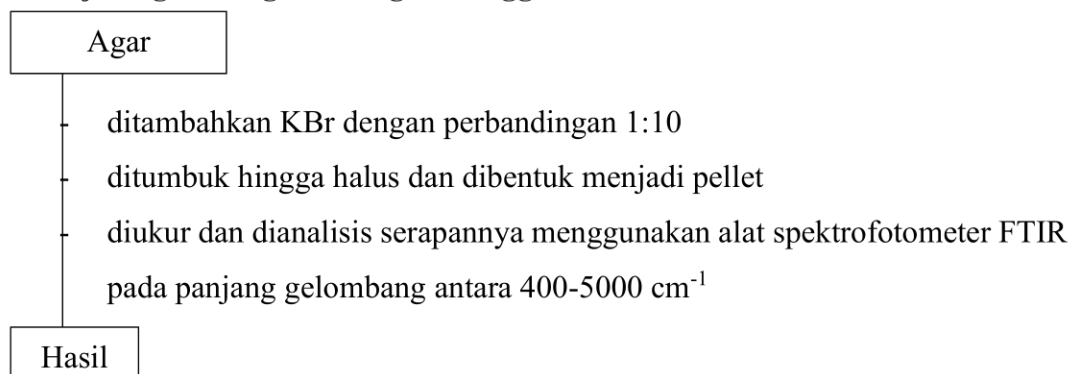
2.2 Pretreatment Alga merah *Gracilaria verrucosa*



2.3 Ekstraksi Agar dengan Metode Sonikasi

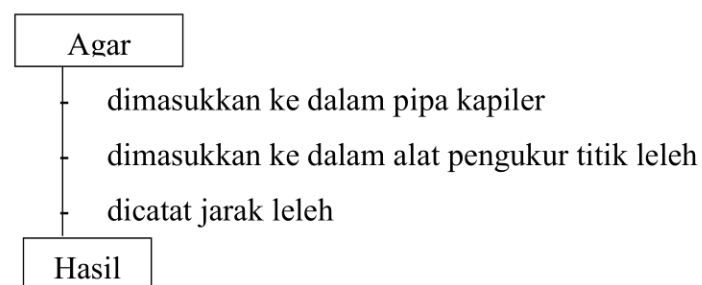


2.4 Uji Gugus Fungsional Agar menggunakan FTIR

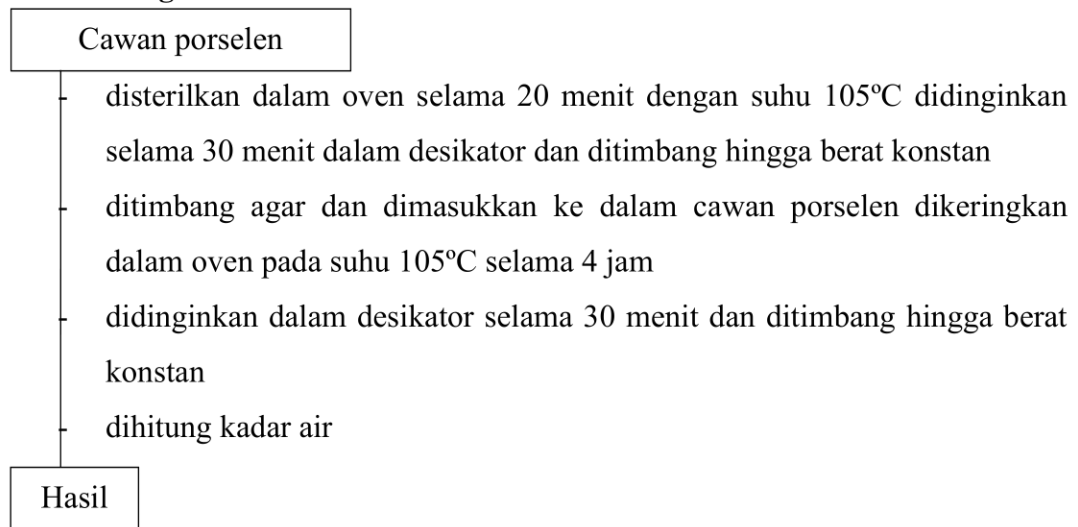


2.5. Uji Karakteristik Agar

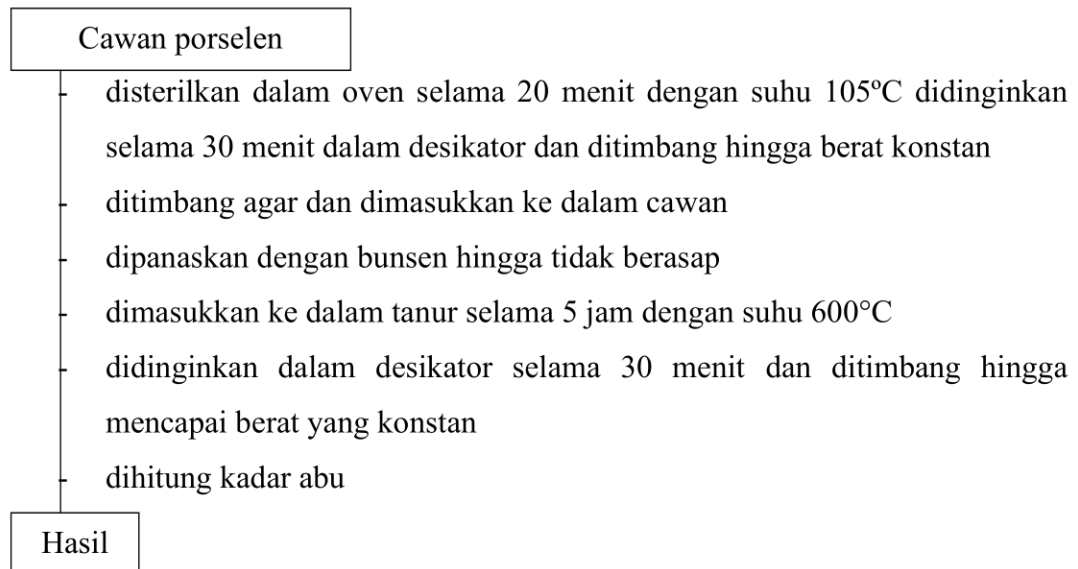
2.5.1 Pengukuran Titik Leleh



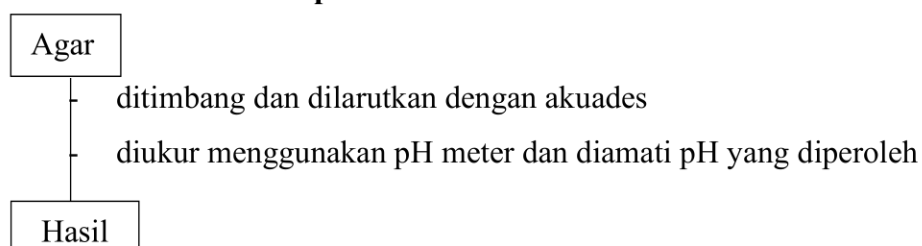
2.5.2 Pengukuran Kadar Air



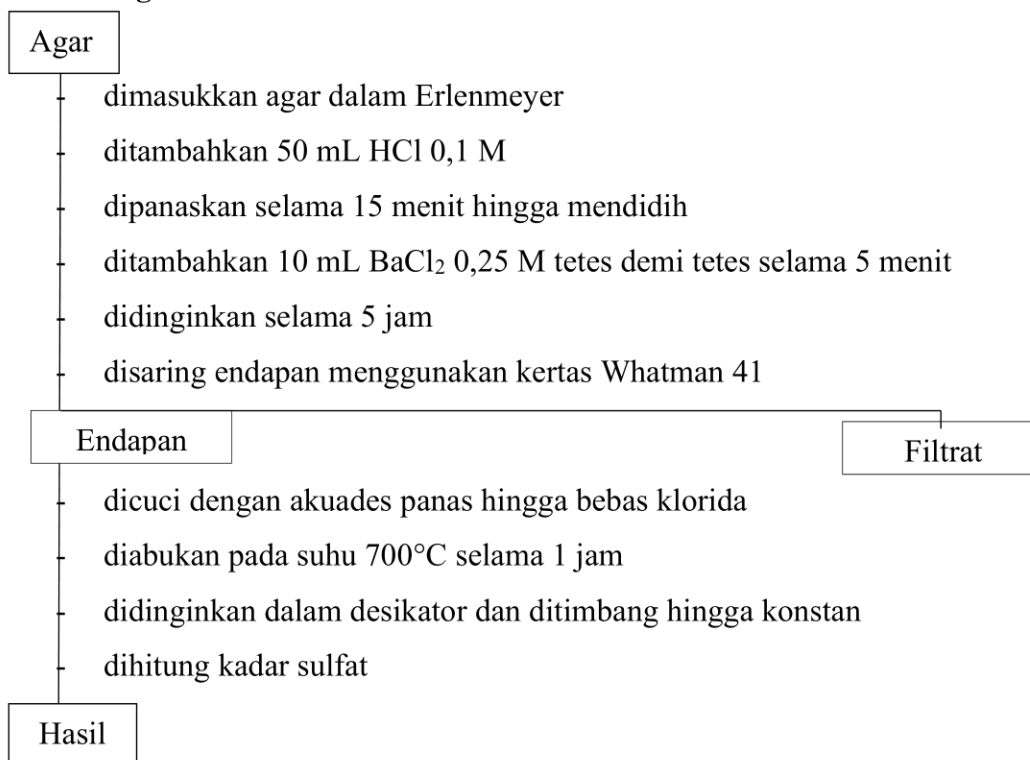
2.5.3 Pengukuran Kadar Abu



2.5.4 Penentuan Nilai pH

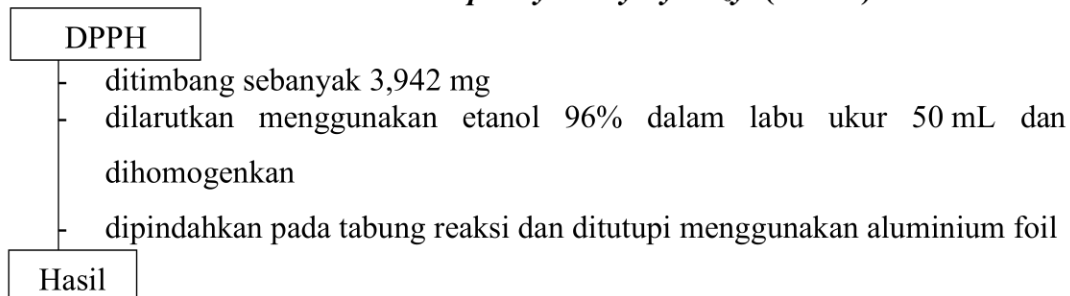


2.5.5 Pengukuran Kadar Sulfat

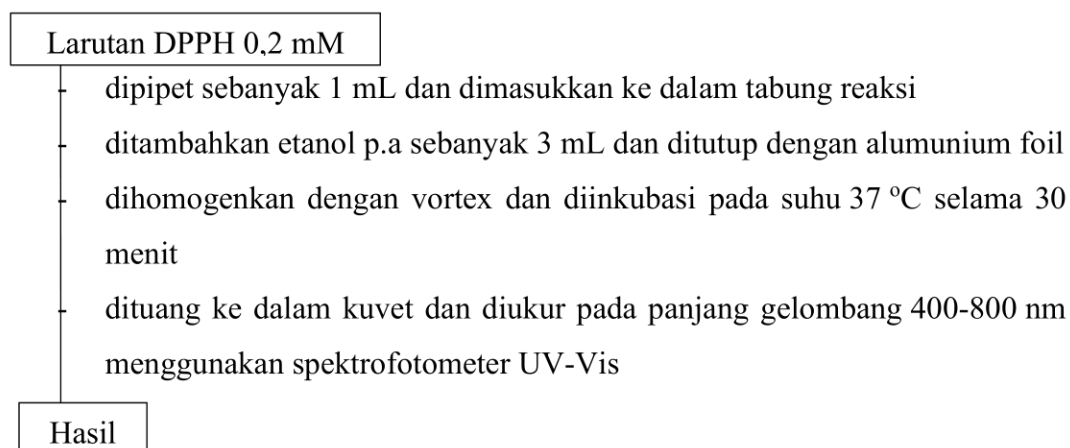


2.6 Uji aktivitas Antioksidan Agar

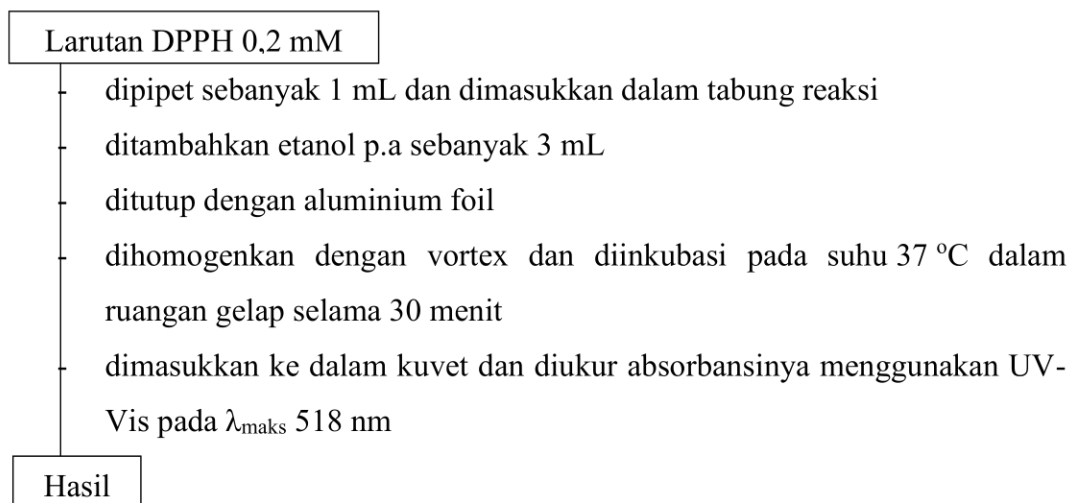
2.6.1 Pembuatan Stok Larutan *Diphenyl Picrylhydrazyl* (DPPH)



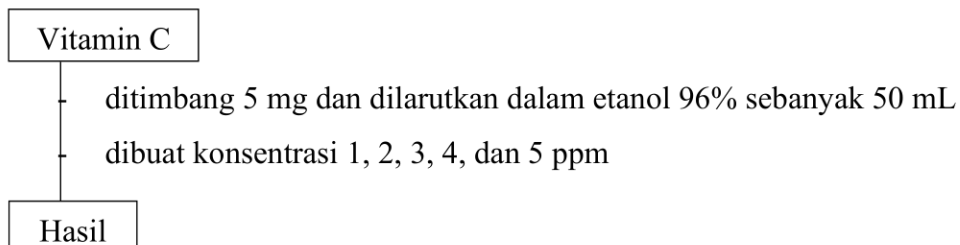
2.6.2 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum *Diphenyl Picrylhydrazyl* (DPPH)



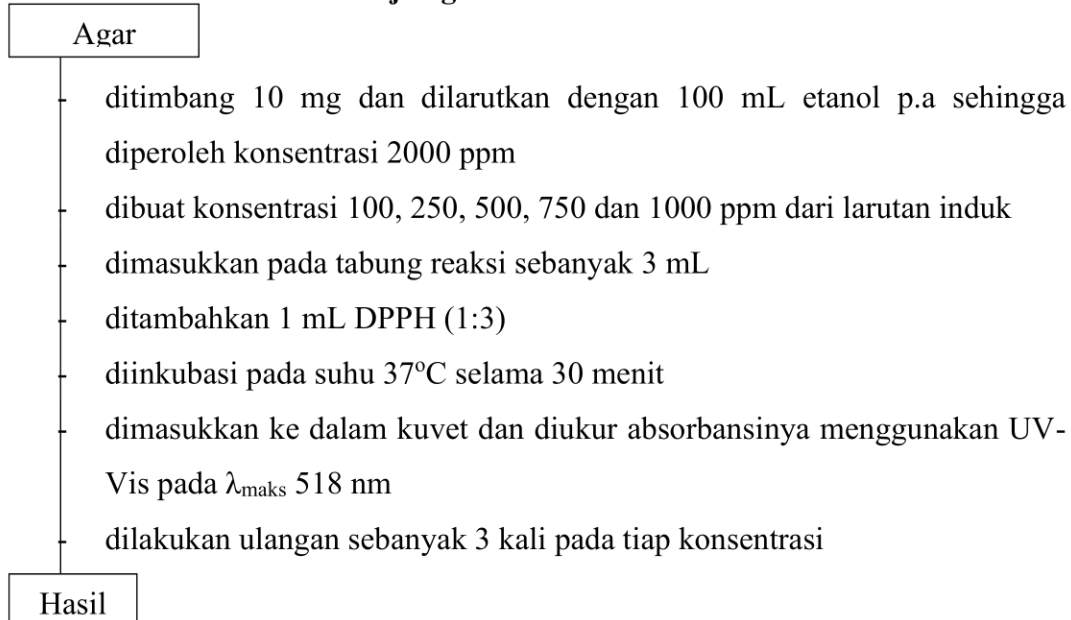
2.6.4 Pembuatan Larutan Blanko



2.6.5 Pembuatan Larutan Kontrol Positif Vitamin C



2.6.6 Pembuatan Larutan Uji Agar



Lampiran 3. Perhitungan

3.1 Pembuatan Larutan Asam Sitrat

- **Konsentrasi 0,2 M**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi asam sitrat} &= 0,2 \text{ M} \\
 V &= 0,1 \text{ L} \\
 \text{mol asam sitrat} &= \text{Molaritas} \times \text{volume} \\
 &= 0,2 \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 0,02 \text{ mol} \\
 \text{Massa asam sitrat} &= \text{mol} \times M_r \\
 &= 0,02 \text{ mol} \times 192 \text{ g/mol} \\
 &= 3,84 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang asam asetat sebanyak 3,84 g, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

- **Konsentrasi 0,4 M**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi asam sitrat} &= 0,4 \text{ M} \\
 V &= 0,1 \text{ L} \\
 \text{mol asam sitrat} &= \text{Molaritas} \times \text{volume} \\
 &= 0,4 \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 0,04 \text{ mol} \\
 \text{Massa asam sitrat} &= \text{mol} \times M_r \\
 &= 0,04 \text{ mol} \times 192 \text{ g/mol} \\
 &= 7,68 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang asam asetat sebanyak 7,68 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

- **Konsentrasi 0,6 M**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi asam sitrat} &= 0,6 \text{ M} \\
 V &= 0,1 \text{ L} \\
 \text{mol asam sitrat} &= \text{Molaritas} \times \text{volume} \\
 &= 0,6 \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 0,06 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa asam sitrat} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,06 \text{ mol} \times 192 \text{ g/mol} \\
 &= 11,52 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang asam asetat sebanyak 11,52 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

- **Konsentrasi 0,8 M**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi asam sitrat} &= 0,8 \text{ M} \\
 V &= 0,1 \text{ L} \\
 \text{mol asam sitrat} &= \text{Molaritas} \times \text{volume} \\
 &= 0,8 \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 0,08 \text{ mol} \\
 \text{Massa asam sitrat} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,08 \text{ mol} \times 192 \text{ g/mol} \\
 &= 15,36 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang asam asetat sebanyak 15,36 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

- **Konsentrasi 1,0 M**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi asam sitrat} &= 1,0 \text{ M} \\
 V &= 0,1 \text{ L} \\
 \text{mol asam sitrat} &= \text{Molaritas} \times \text{volume} \\
 &= 1 \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 0,1 \text{ mol} \\
 \text{Massa asam sitrat} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,1 \text{ mol} \times 192 \text{ g/mol} \\
 &= 19,2 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang asam asetat sebanyak 19,2 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.2 Pembuatan larutan KCl 1%

$$\%(b/v) \text{ KCl} = 1\%$$

$$V = 100 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \%(b/v) \text{ KCl } 1\% &= \frac{\text{Massa dalam campuran}}{\text{Volume campuran}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Massa dalam campuran}}{100 \text{ mL}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCl} &= \frac{1 \times 100}{100} \\ &= 1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah ditimbang KCl sebanyak 1 g, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu ditambah akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen

3.3 Pembuatan Larutan Pengukuran Kadar Sulfat

- **HCl 0,1 M**

Larutan HCl di botol umumnya memiliki konsentrasi 37%

$$\text{Berat jenis} = 1,19 \text{ g/mL}$$

$$\text{Berat Molekul} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$M = ((10\% \times \text{berat jenis}) \times \text{valensi}) / \text{BM}$$

$$M = ((10 \times 37\% \times 1,19) \times 1) / 36,5$$

$$M = 12,06 \text{ N}$$

Maka Perhitungan pembuatan larutan HCl 0,1 M sebanyak 1000 mL adalah sebagai berikut

$$M_1 = 12,06 \text{ N}$$

$$M_2 = 0,1 \text{ N}$$

$$V_1 = \dots?$$

$$V_2 = 1000 \text{ mL}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,06 \cdot V_1 = 0,1 \cdot 1000$$

$$V_1 = 1000 \cdot 0,1 / 12,06$$

$$V_1 = 8,29 \text{ mL}$$

• **Pembuatan BaCl₂ 0,25M**

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{mg}}{\text{mr}} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{a}{208,23} \times \frac{1000}{100}$$

$$a = 2,0823 \text{ mg}$$

Ditimbang BaCl₂ sebanyak 2,0823 mg dan dilarutkan dengan akuades hingga volume mencapai tanda batas.

3.4 Perhitungan dalam Uji Aktivitas Antioksidan

3.4.1 Pembuatan larutan DPPH 0,2 mM

$$0,2 \text{ mM} = \frac{x(\text{mg})}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,2 \text{ mM} = \frac{x}{394,2} \times \frac{1000}{50}$$

$$x = \frac{0,2 \text{ mM} \times 394,32}{20}$$

$$= 3,94 \text{ mg}$$

Jadi, ditimbang 3,94 mg DPPH dan dilarutkan dengan etanol p.a 50 mL dicukupkan volume hingga tanda batas

3.4.2 Pembuatan Larutan Induk Sampel 2000 ppm dalam 25 mL

$$2000 \text{ ppm} = \frac{2000 \mu\text{g}}{\text{ml}} = \frac{2000 \text{ mg}}{\text{L}}$$

$$\frac{2000 \text{ mg}}{1000 \text{ ml}} = \frac{x}{25 \text{ ml}}$$

$$\frac{50000 \text{ mg}}{1000 \text{ ml}} = x$$

$$50 \text{ mg} = x$$

Jadi, ditimbang 50 mg sampel dan dilarutkan dengan etanol p.a dalam labu ukur 25 mL

3.4.3 Pembuatan Larutan Induk Vitamin C

Konsentrasi 1 ppm setara dengan 1 µg/mL sehingga untuk membuat konsentrasi 100 ppm dapat dilakukan dengan menimbang 5 mg vitamin C dan dicukupkan dengan etanol hingga 50 mL

$$\frac{5 \text{ mg}}{50 \text{ ml}} = \frac{5000 \mu\text{g}}{50 \text{ ml}} = 100 \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} = 100 \text{ ppm}$$

3.4.4 Perhitungan Larutan Uji dengan Konsentrasi 100, 250, 500, 750 dan 1000 ppm

Pembuatan larutan uji ekstrak sampel dari larutan induk 2000 ppm menggunakan labu ukur 25 mL

- **Konsentrasi 100 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$2000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,25 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 2000 ppm)}$$

- **Konsentrasi 250 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$2000 \text{ ppm} \times V_1 = 250 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3,125 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 2000 ppm)}$$

- **Konsentrasi 500 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$2000 \text{ ppm} \times V_1 = 500 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,25 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 2000 ppm)}$$

- **Konsentrasi 750 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$2000 \text{ ppm} \times V_1 = 750 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = 9,375 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 2000 ppm)}$$

- **Konsentrasi 1000 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$2000 \text{ ppm} \times V_1 = 1000 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = 12,5 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 2000 ppm)}$$

3.4.5 Perhitungan Larutan Kontrol Positif Vitamin C 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm

Pembuatan larutan uji ekstrak sampel dari larutan induk 100 ppm menggunakan labu ukur 50 mL

- **Konsentrasi 1 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 100 ppm)}$$

- **Konsentrasi 2 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 100 ppm)}$$

- **Konsentrasi 3 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 3 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 100 ppm)}$$

- **Konsentrasi 4 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 4 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 100 ppm)}$$

- **Konsentrasi 5 ppm**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL (Jumlah yang dipipet dari larutan induk 100 ppm)}$$

Lampiran 4. Data Pengamatan dan Perhitungan

L.4.1 Data Perhitungan Rendemen

L.4.1.1 Asam Sitrat 0,2 M

- **Ulangan 1**

$$\text{Berat gelas kosong} = 9,62 \text{ gram}$$

$$\text{Berat gelas kosong + sampel} = 12,78 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{12,78 - 9,62}{10} \times 100\% \\ &= \frac{3,16}{10} \times 100\% \\ &= 31,60\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

$$\text{Berat gelas kosong} = 9,75 \text{ gram}$$

$$\text{Berat gelas kosong + sampel} = 12,96 \text{ gram}$$

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{12,96-9,75}{10} \times 100\%$$

$$= \frac{3,21}{10} \times 100\%$$

$$= 32,10\%$$

- **Ulangan 3**

Berat gelas kosong = 9,79 gram

Berat gelas kosong + sampel = 13,05 gram

Rendemen = $\frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$

$$= \frac{13,05-9,79}{10} \times 100\%$$

$$= \frac{3,26}{10} \times 100\%$$

$$= 32,60\%$$

L.4.1.2 Asam Sitrat 0,4 M

- **Ulangan 1**

Berat gelas kosong = 9,83 gram

Berat gelas kosong + sampel = 13,80 gram

Rendemen = $\frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$

$$= \frac{13,80-9,83}{10} \times 100\%$$

$$= \frac{3,97}{10} \times 100\%$$

$$= 39,70\%$$

- **Ulangan 2**

Berat gelas kosong = 10,25 gram

Berat gelas kosong + sampel = 14,31 gram

Rendemen = $\frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$

$$= \frac{14,31-10,25}{10} \times 100\%$$

$$= \frac{4,07}{10} \times 100\%$$

$$= 40,7\%$$

- **Ulangan 3**

Berat gelas kosong = 9,77 gram

Berat gelas kosong + sampel = 14,02 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{14,02 - 9,77}{10} \times 100\% \\
 &= \frac{4,25}{10} \times 100\% \\
 &= 42,5\%
 \end{aligned}$$

L.4.1.3 Asam Sitrat 0,6 M

- **Ulangan 1**

Berat gelas kosong = 10,20 gram

Berat gelas kosong + sampel = 14,51 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{14,51 - 10,20}{10} \times 100\% \\
 &= \frac{4,31}{10} \times 100\% \\
 &= 43,10\%
 \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat gelas kosong = 9,75 gram

Berat gelas kosong + sampel = 14,31 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{14,31 - 9,75}{10} \times 100\% \\
 &= \frac{4,56}{10} \times 100\% \\
 &= 45,6\%
 \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat gelas kosong = 10,34 gram

Berat gelas kosong + sampel = 15,04 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong} + \text{sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{15,04 - 10,34}{10} \times 100\% \\
 &= \frac{4,70}{10} \times 100\% \\
 &= 47\%
 \end{aligned}$$

L.4.1.4 Asam Sitrat 0,8 M

- **Ulangan 1**

Berat gelas kosong = 10,24 gram

Berat gelas kosong + sampel = 15,13 gram

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{15,31 - 10,24}{10} \times 100\% \\ &= \frac{4,89}{10} \times 100\% \\ &= 48,9\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat gelas kosong = 9,72 gram

Berat gelas kosong + sampel = 14,46 gram

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{14,46 - 9,72}{10} \times 100\% \\ &= \frac{4,73}{10} \times 100\% \\ &= 47,3\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat gelas kosong = 10,95 gram

Berat gelas kosong + sampel = 15,90 gram

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{15,90 - 10,95}{10} \times 100\% \\ &= \frac{4,95}{10} \times 100\% \\ &= 49,5\%\end{aligned}$$

L.4.1.5 Asam Sitrat 1,0 M

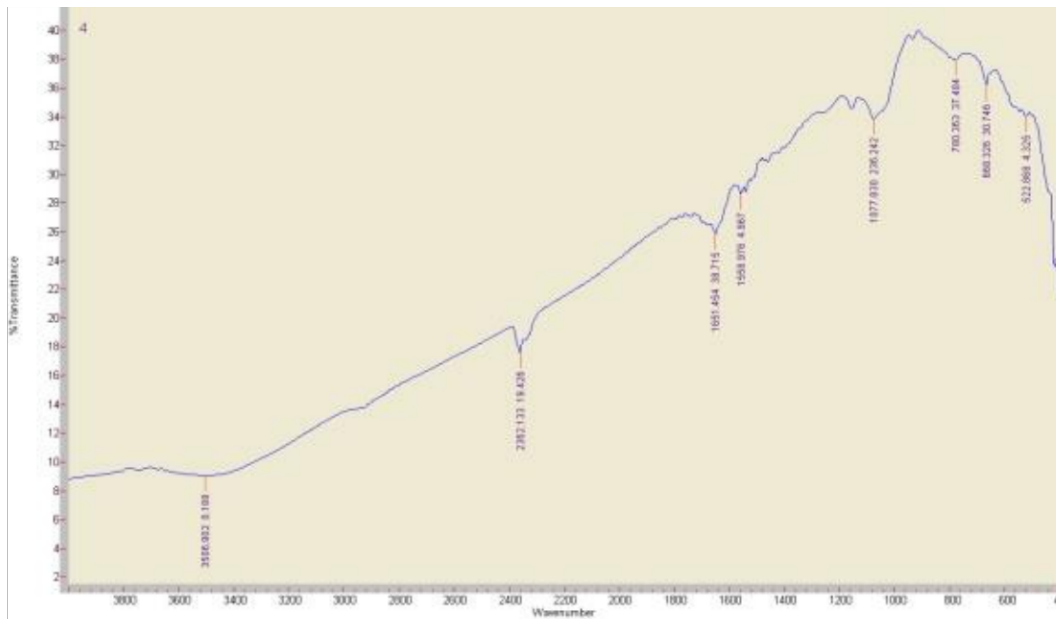
- **Ulangan 1**

Berat gelas kosong = 9,83 gram

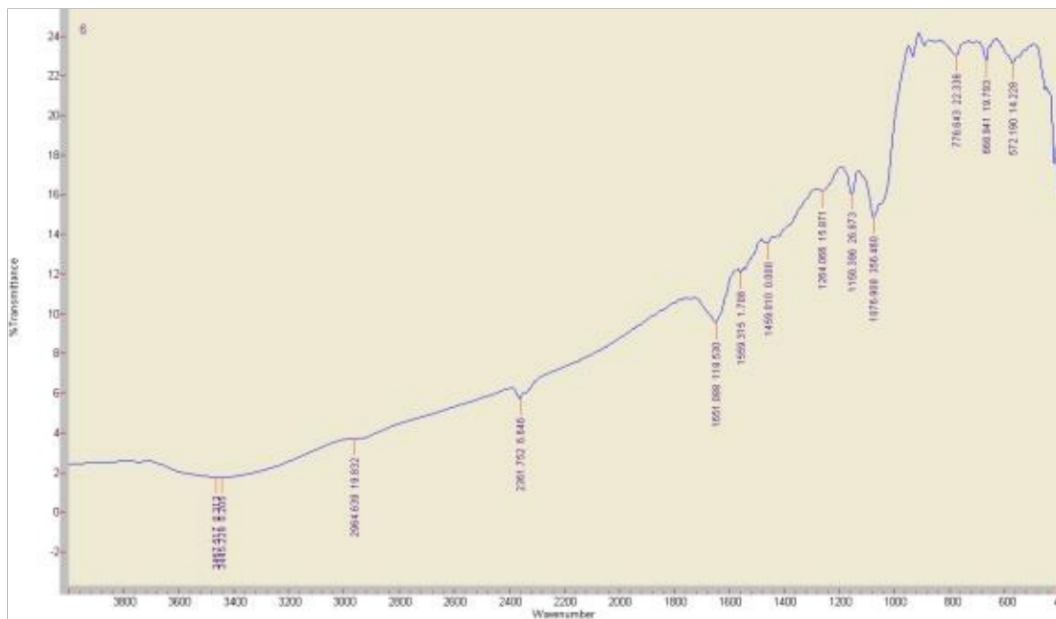
Berat gelas kosong + sampel = 15,81 gram

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat gelas kosong + sampel} - \text{berat gelas kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{15,81 - 9,83}{10} \times 100\%\end{aligned}$$

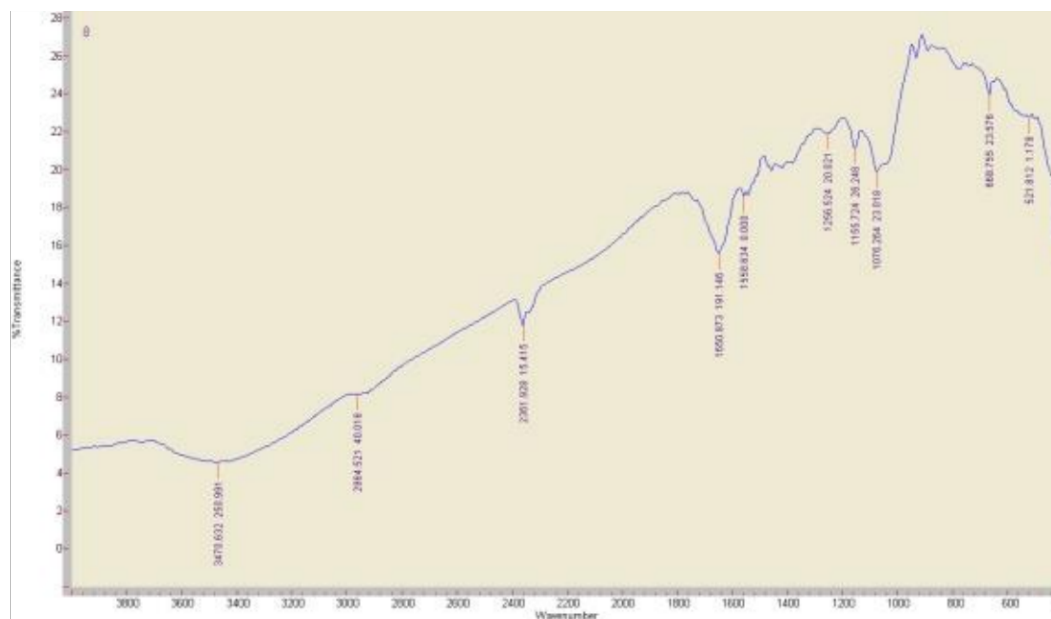
L.4.2.2 Asam Sitrat 0,4 M



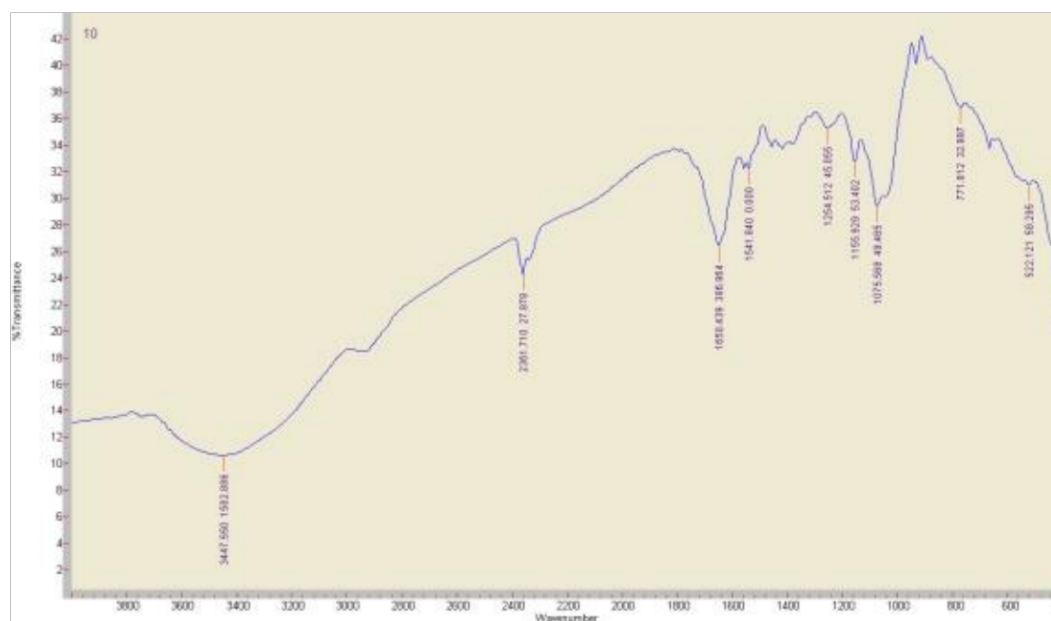
L.4.2.3 Asam Sitrat 0,6 M



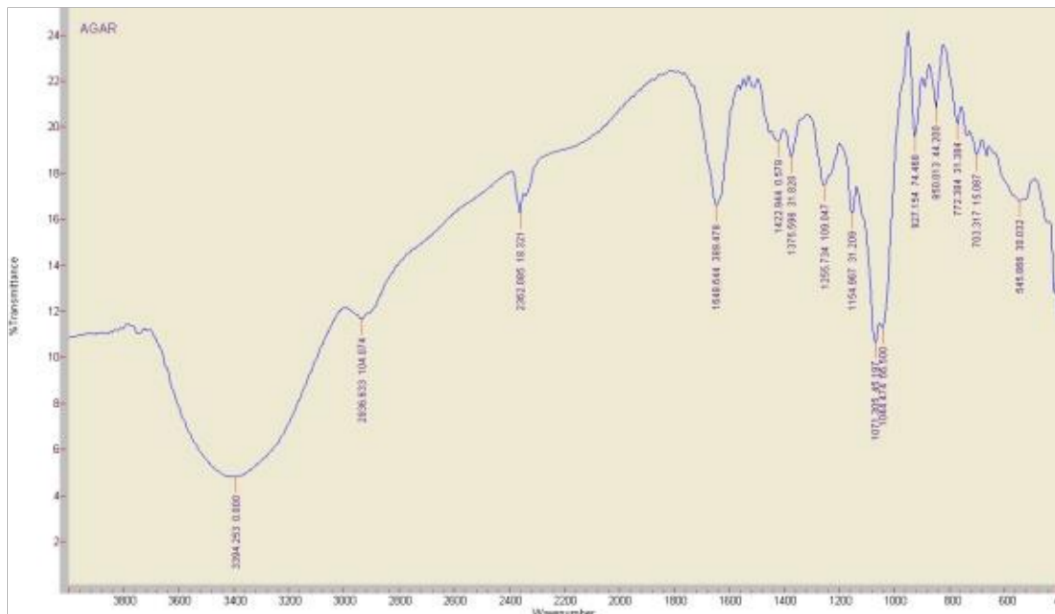
L.4.2.4 Asam Sitrat 0,8 M



L.4.2.5 Asam Sitrat 1,0 M



L.4.2.6 Agar Komersil



L.4.3 Data Pengukuran Kadar Air

L.4.3.1 Asam Sitrat 0,2 M

• Ulangan 1

Berat Kering Cawan = 54,8908

Berat Cawan + Sampel Awal = 55.0903

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 55,0801

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(55,0903 - 55,0801)}{(55,0903 - 54,8908)} \times 100\% \\ &= 5,1128\% \end{aligned}$$

• Ulangan 2

Berat Kering Cawan = 72,928

Berat Cawan + Sampel Awal = 73,1282

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 73,1173

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(73,1282 - 73,1173)}{(73,1282 - 72,928)} \times 100\% \\ &= 5,4446\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat Kering Cawan = 72,9368

Berat Cawan + Sampel Awal = 73,1368

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 73,1250

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(73,1368 - 73,1250)}{(73,1368 - 72,9368)} \times 100\% \\ &= 5,9000\% \end{aligned}$$

L.4.3.2 Asam Sitrat 0,4 M

- **Ulangan 1**

Berat Kering Cawan = 57,1203

Berat Cawan + Sampel Awal = 57,3274

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 57,3152

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(57,3274 - 57,3152)}{(57,3274 - 57,1203)} \times 100\% \\ &= 5,8909\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat Kering Cawan = 51,9655

Berat Cawan + Sampel Awal = 52,1655

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 52,1575

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(52,1655 - 52,1575)}{(52,1655 - 51,9655)} \times 100\% \\ &= 4,0000\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat Kering Cawan = 51,9457

Berat Cawan + Sampel Awal = 52,1457

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 52,1356

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(52,1457 - 52,1356)}{(52,1457 - 51,9457)} \times 100\% \\ &= 5,0500\%\end{aligned}$$

L.4.3.3 Asam Sitrat 0,6 M

• Ulangan 1

$$\text{Berat Kering Cawan} = 58,6623$$

$$\text{Berat Cawan + Sampel Awal} = 58,8624$$

$$\text{Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan} = 58,8499$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(58,8624 - 58,8499)}{(58,8624 - 58,6623)} \times 100\% \\ &= 6,2469\%\end{aligned}$$

• Ulangan 2

$$\text{Berat Kering Cawan} = 43,2376$$

$$\text{Berat Cawan + Sampel Awal} = 43,4378$$

$$\text{Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan} = 43,429$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(43,4378 - 43,429)}{(43,4378 - 43,2376)} \times 100\% \\ &= 4.3956\%\end{aligned}$$

• Ulangan 3

$$\text{Berat Kering Cawan} = 43,2374$$

$$\text{Berat Cawan + Sampel Awal} = 43,4375$$

$$\text{Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan} = 43,4313$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(43,4375 - 43,4313)}{(43,4375 - 43,2374)} \times 100\% \\ &= 3,0985\%\end{aligned}$$

L.4.3.4 Asam Sitrat 0,8 M

- **Ulangan 1**

Berat Kering Cawan = 39,623

Berat Cawan + Sampel Awal = 39,824

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 39,809

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(39,824 - 39,809)}{(39,824 - 39,623)} \times 100\% \\ &= 7,4701\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat Kering Cawan = 58,6706

Berat Cawan + Sampel Awal = 58,8707

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 58,8553

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(58,8707 - 58,8553)}{(58,8707 - 58,6706)} \times 100\% \\ &= 7,6962\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat Kering Cawan = 58,6697

Berat Cawan + Sampel Awal = 58,8697

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 58,858

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(58,8697 - 58,858)}{(58,8697 - 58,6697)} \times 100\% \\ &= 5,8500\% \end{aligned}$$

L.4.3.5 Asam Sitrat 1,0 M

- **Ulangan 1**

Berat Kering Cawan = 31,9260

Berat Cawan + Sampel Awal = 32,1238

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 32.1092

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(32.1238 - 32.1092)}{(32.1238 - 31.9260)} \times 100\% \\ &= 7,3812\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat Kering Cawan = 39.6003

Berat Cawan + Sampel Awal = 39.8006

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 39.7861

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(39.8006 - 39.7861)}{(39.8006 - 39.6003)} \times 100\% \\ &= 7.2391\% \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat Kering Cawan = 39,6001

Berat Cawan + Sampel Awal = 39,8004

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 39,794

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(39,8004 - 39,794)}{(39,8004 - 39,6001)} \times 100\% \\ &= 3,1952\% \end{aligned}$$

L.4.3.6 Agar Komersil

- **Ulangan 1**

Berat Kering Cawan = 39,6249

Berat Cawan + Sampel Awal = 39,8226

Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan = 39,8112

Kadar air =

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(39,8226 - 39,8112)}{(39,8226 - 39,6249)} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 5,7663\%$$

- **Ulangan 2**

$$\text{Berat Kering Cawan} = 58,6678$$

$$\text{Berat Cawan + Sampel Awal} = 58,8751$$

$$\text{Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan} = 58,8628$$

$$\text{Kadar air} =$$

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(58,8751 - 58,8628)}{(58,8751 - 58,6678)} \times 100\%$$

$$= 5,9334\%$$

- **Ulangan 3**

$$\text{Berat Kering Cawan} = 31,9375$$

$$\text{Berat Cawan + Sampel Awal} = 32,9582$$

$$\text{Berat Kering Cawan + Sampel setelah dikeringkan} = 32,8835$$

$$\text{Kadar air} =$$

$$\frac{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan+ sampel setelah dikeringkan})}{(\text{Berat kering cawan+ sampel awal} - \text{Berat kering cawan})} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(32,9582 - 32,8835)}{(32,9582 - 31,9375)} \times 100\%$$

$$= 7,3185\%$$

L.4.4 Data Pengukuran Kadar Abu

L.4.4.1 Asam Sitrat 0,2 M

- **Ulangan 1**

$$\text{Berat abu} = 0,035 \text{ gram}$$

$$\text{Berat sampel} = 0,136 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,035}{0,136} \times 100\%$$

$$= 25,73\%$$

- **Ulangan 2**

$$\text{Berat abu} = 0,0223 \text{ gram}$$

$$\text{Berat sampel} = 0,1 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0223}{0,1} \times 100\%$$

$$= 22,3\%$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,0212 gram

Berat sampel = 0,1001 gram

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0212}{0,1001} \times 100\%$$

$$= 21,17\%$$

L.4.4.2 Asam Sitrat 0,4 M

- **Ulangan 1**

Berat abu = 0,0303 gram

Berat sampel = 0,1158 gram

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0303}{0,1158} \times 100\%$$

$$= 26,16\%$$

- **Ulangan 2**

Berat abu = 0,1001 gram

Berat sampel = 0,024 gram

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1001}{0,024} \times 100\%$$

$$= 23,97\%$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,0236 gram

Berat sampel = 0,1005 gram

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0236}{0,1005} \times 100\%$$

$$= 23,48\%$$

L.4.4.3 Asam Sitrat 0,6 M

- **Ulangan 1**

Berat abu = 0,0296 gram

Berat sampel = 0,1149 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0296}{0,1149} \times 100\% \\ &= 25,76\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat abu = 0,0267 gram

Berat sampel = 0,1002 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0267}{0,1002} \times 100\% \\ &= 26,64\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,0288 gram

Berat sampel = 0,1001 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0288}{0,1001} \times 100\% \\ &= 28,77\%\end{aligned}$$

L.4.4.4 Asam Sitrat 0,8 M

- **Ulangan 1**

Berat abu = 0,0313 gram

Berat sampel = 0,1118 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0313}{0,1118} \times 100\% \\ &= 27,99\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat abu = 0,0249 gram

Berat sampel = 0,1 gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0249}{0,1} \times 100\% \\
 &= 24,9\%
 \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,0288 gram

Berat sampel = 0,1 gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0288}{0,1} \times 100\% \\
 &= 28,8\%
 \end{aligned}$$

L.4.4.5 Asam Sitrat 1,0 M

- **Ulangan 1**

Berat abu = 0,0297 gram

Berat sampel = 0,1039 gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0297}{0,1039} \times 100\% \\
 &= 28,58\%
 \end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat abu = 0,1002 gram

Berat sampel = 0,0333 gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1002}{0,0333} \times 100\% \\
 &= 33,23\%
 \end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,0273 gram

Berat sampel = 0,1046 gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0273}{0,1046} \times 100\% \\
 &= 26,09\%
 \end{aligned}$$

L.4.4.6 Agar Komersil

- **Ulangan 1**

Berat abu = 0,0235 gram

Berat sampel = 0,101 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0235}{0,101} \times 100\% \\ &= 23,26\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat abu = 0,0285 gram

Berat sampel = 0,1049 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0285}{0,1049} \times 100\% \\ &= 27,16\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat abu = 0,025 gram

Berat sampel = 0,1002 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ kadar abu} &= \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{0,025}{0,1002} \times 100\% \\ &= 24,95\%\end{aligned}$$

L.4.5 Data Pengukuran Kadar Sulfat

L.4.5.1 Asam Sitrat 0,2 M

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,7958 gram

Berat cawan kosong = 21,7923 gram

Berat sampel = 0,0173 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,7958 - 21,7923}{0,0173} \times 100\% \\ &= 8,32\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,7946 gram

Berat cawan kosong = 21,7918 gram

Berat sampel = 0,0163 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,7946 - 21,7918}{0,0163} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 7,07\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,7972 gram

Berat cawan kosong = 21,7923 gram

Berat sampel = 0,0281 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,7972 - 21,7923}{0,0281} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 7,17\%\end{aligned}$$

L.4.5.2 Asam Sitrat 0,4 M

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,3663 gram

Berat cawan kosong = 21,3621 gram

Berat sampel = 0,0308 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,3663 - 21,3621}{0,0308} \times 100\% \\ &= 5,61\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,3678 gram

Berat cawan kosong = 21,3658 gram

Berat sampel = 0,022 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,3678 - 21,3658}{0,022} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 3,74\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,3687 gram

Berat cawan kosong = 21,3662 gram

Berat sampel = 0,0241 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,3687 - 21,3662}{0,0241} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 4,26\%\end{aligned}$$

L.4.5.3 Asam Sitrat 0,6 M

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,2325 gram

Berat cawan kosong = 21,2297 gram

Berat sampel = 0,0265 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,2325 - 21,2297}{0,0265} \times 100\% \\ &= 4,34\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,2367 gram

Berat cawan kosong = 21,2319 gram

Berat sampel = 0,0336 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,2367 - 21,2319}{0,0336} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 5,88\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 21,2343 gram

Berat cawan kosong = 21,2321 gram

Berat sampel = 0,0347 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{21,2343 - 21,2321}{0,0347} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 2,60\%\end{aligned}$$

L.4.5.4 Asam Sitrat 0,8 M

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 23,3611 gram

Berat cawan kosong = 23,3591 gram

Berat sampel = 0,0246 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{23,3611 - 23,3591}{0,0246} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 3,34\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 23,3612 gram

Berat cawan kosong = 23,3594 gram

Berat sampel = 0,0286 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{23,3612 - 23,3594}{0,0286} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 2,59\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 23,3678 gram

Berat cawan kosong = 23,3663 gram

Berat sampel = 0,0292 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{23,3678 - 23,3663}{0,0292} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 2,11\%\end{aligned}$$

L.4.5.5 Asam Sitrat 1,0 M

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,7989 gram

Berat cawan kosong = 26,7948 gram

Berat sampel = 0,0576 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{26,7989 - 26,7948}{0,1002} \times 0,4116 \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 2.92\%$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,7959 gram

Berat cawan kosong = 26,7943 gram

Berat sampel = 0,0275 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{26,7959 - 26,7943}{0,0275} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 2,39\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,7963 gram

Berat cawan kosong = 26,7945 gram

Berat sampel = 0,0308 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{26,7963 - 26,7945}{0,0308} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 2,40\%\end{aligned}$$

L.4.5.6 Agar Komersil

- **Ulangan 1**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,2234 gram

Berat cawan kosong = 26,2123 gram

Berat sampel = 0,009 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{26,2234 - 26,2123}{0,009} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= 49,12\%\end{aligned}$$

- **Ulangan 2**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,2230 gram

Berat cawan kosong = 26,2118 gram

Berat sampel = 0,0086 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Sulfat} &= \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\% \\ &= \frac{26,2230 - 26,2118}{0,0086} \times 0,4116 \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 53,60\%$$

- **Ulangan 3**

Berat cawan setelah dikeringkan = 26,2234 gram

Berat cawan kosong = 26,2117 gram

Berat sampel = 0,0098 gram

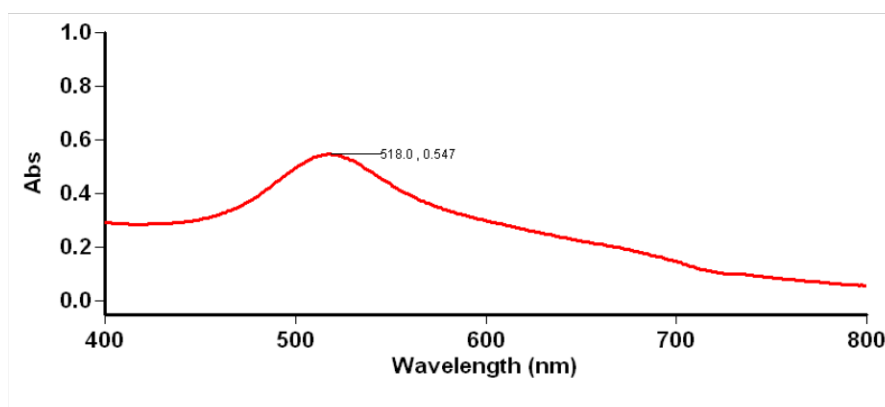
$$\text{Kadar Sulfat} = \frac{\text{Berat cawan setelah dikeringkan} - \text{berat cawan kosong}}{\text{Berat Sampel}} \times 0,4116 \times 100\%$$

$$= \frac{26,2234 - 26,2117}{0,0098} \times 0,4116 \times 100\%$$

$$= 49,14\%$$

L4.6 Data Antioksidan

L4.6.1 Panjang Gelombang Maksimum DPPH



L4.6.2 Hasil Pembacaan UV-Vis, Perhitungan% Aktivitas Antioksidan, IC₅₀, Nilai AAI

L4.6.2.1 Agar Asam Sitrat 0,2 M

- **% Aktivitas Antioksidan**

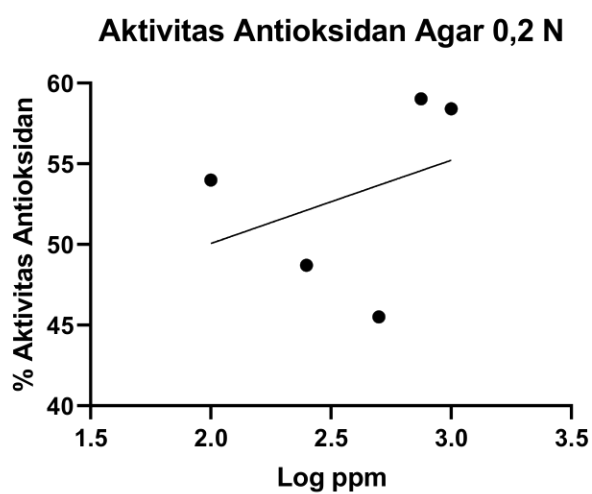
C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.5236	0.2997	0.5857	0.3228	0.4854	0.1764
250	0.5224	0.285	0.5884	0.3394	0.4865	0.2222
500	0.5298	0.2922	0.5909	0.3906	0.4878	0.2483
750	0.5268	0.296	0.5891	0.2528	0.4866	0.1789
1000	0.5313	0.2786	0.5875	0.2348	0.4905	0.1894

Konsentrasi (ppm)	Log Konsentrasi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-rata
100	3,000	53.44603381	44.88646065	63.65883807	53.9971
250	2,875	49.46767073	42.31815092	54.32682425	48.7042
500	2,699	53.54637568	33.89744458	49.09799098	45.5139
750	2,398	56.73850948	57.08708199	63.23468968	59.0201
1000	2,000	53.82818583	60.03404255	61.38634047	58.4162

• **IC₅₀**

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	
Different curve for each data set	
Best-fit values	
Bottom	= 0.000
Top	= 100.0
LogIC50	1.989
HillSlope	0.08995
IC50	97.53
Span	= 100.0
95% CI (profile likelihood)	
LogIC50	-infinity to ???
HillSlope	-0.3579 to 0.5466
IC50	???
Goodness of Fit	
Degrees of Freedom	3
R squared	0.1227
Sum of Squares	123.7
Sy.x	6.421
Constraints	
Bottom	Bottom = 0
Top	Top = 100
One curve for all data sets	
Best-fit values	

Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.989	1.989
HillSlope	0.08995	0.08995
IC50	97.53	97.53
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to ???	-infinity to ???
HillSlope	-0.3579 to 0.5466	-0.3579 to 0.5466
IC50	???	
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.1227	0.1227
Sum of Squares	123.7	123.7
Sy.x		6.421
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	



- **Nilai AAI**

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\ &= 78,8 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC}_{50}} \\ &= \frac{78,8}{97,53} \\ &= 0,8079\end{aligned}$$

L4.6.2.2 Agar Asam Sitrat 0,4 M

- **% Aktivitas Antioksidan**

C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.5227	0.3092	0.5287	0.2823	0.5904	0.2727
250	0.524	0.2637	0.5322	0.3035	0.5903	0.3245
500	0.5299	0.3447	0.53	0.3019	0.5896	0.2974
750	0.5372	0.5215	0.5304	0.3304	0.5886	0.3021
1000	0.5304	0.4607	0.5323	0.3171	0.591	0.2983

Konsentrasi (ppm)	Log Konsentrasi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-rata
100	3,000	40.8456093	46.6049	53.811	47.0872
250	2,875	49.6755725	42.9726	45.028	45.8921
500	2,699	34.9499906	43.0377	49.559	42.5156
750	2,398	2.92256143	37.7074	48.6748	29.7683
1000	2,000	13.1410256	40.4283	49.5262	34.3652

- **IC₅₀**

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	
Different curve for each data set	
Best-fit values	
Bottom	= 0.000
Top	= 100.0

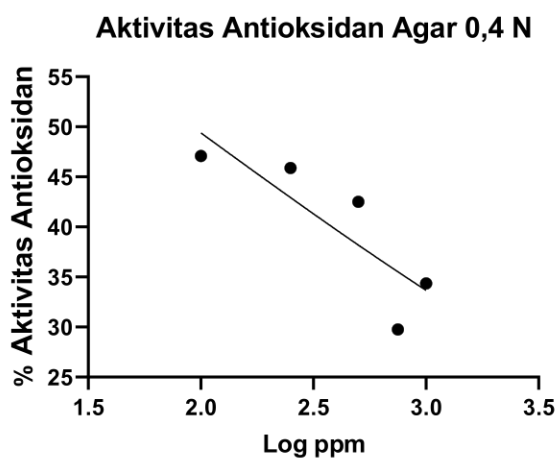
LogIC50	1.963	
HillSlope	-0.2839	
IC50	91.84	
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to 2.426	
HillSlope	-0.6306 to 0.05055	
IC50	??? to 266.6	
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom	3	
R squared	0.7090	
Sum of Squares	66.25	
Sy.x	4.699	
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
One curve for all data sets		
Best-fit values		
Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.963	1.963
HillSlope	-0.2839	-0.2839
IC50	91.84	91.84
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to 2.426	-infinity to 2.426
HillSlope	-0.6306 to 0.05055	-0.6306 to 0.05055
IC50	??? to 266.6	??? to 266.6
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.7090	0.7090
Sum of Squares	66.25	66.25
Sy.x		4.699
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	

HillSlope HillSlope is shared

Number of points

of X values 5

Y values analyzed 5



- **Nilai AAI**

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\ &= 78,8 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{IC_{50}} \\ &= \frac{78,8}{91,84} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

L4.6.2.3 Agar Asam Sitrat 0,6 M

- **% Aktivitas Antioksidan**

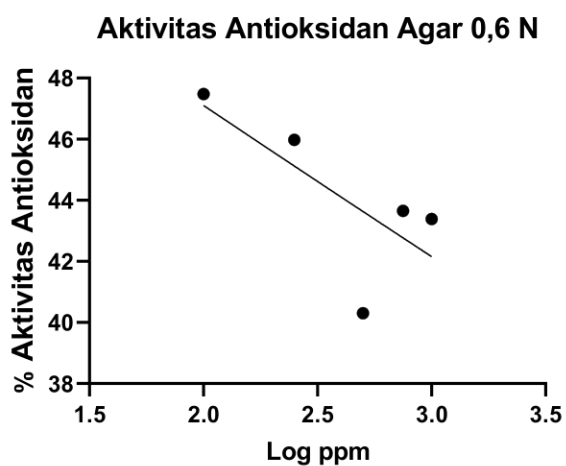
C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.408	0.1693	0.5935	0.5191	0.5914	0.1673
250	0.4089	0.1781	0.5923	0.5482	0.5916	0.186
500	0.4112	0.2447	0.5923	0.5671	0.5939	0.1769
750	0.4097	0.23	0.594	0.5684	0.592	0.1701
1000	0.4119	0.1984	0.5936	0.5146	0.5898	0.1754

Konsentrasi (ppm)	Log Konsentrasi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-rata
100	3,000	58.50490196	12.21132553	71.71119378	47.4758
250	2,875	56.44411837	12.92419918	68.55983773	45.9761
500	2,699	40.49124514	10.21021021	70.21384071	40.3051
750	2,398	43.86136197	15.82641991	71.26689189	43.6516
1000	2,000	51.83296917	8.069393602	70.26110546	43.3878

- **IC₅₀**

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	
Different curve for each data set	
Best-fit values	
Bottom	= 0.000
Top	= 100.0
LogIC50	1.421
HillSlope	-0.08699
IC50	26.37
Span	= 100.0
95% CI (profile likelihood)	
LogIC50	-infinity to 2.264
HillSlope	-0.2393 to 0.06519
IC50	??? to 183.8
Goodness of Fit	
Degrees of Freedom	3
R squared	0.5253
Sum of Squares	14.24
Sy.x	2.179
Constraints	
Bottom	Bottom = 0
Top	Top = 100
One curve for all data sets	
Best-fit values	

Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.421	1.421
HillSlope	-0.08699	-0.08699
IC50	26.37	26.37
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to 2.264	-infinity to 2.264
HillSlope	-0.2393 to 0.06519	-0.2393 to 0.06519
IC50	??? to 183.8	??? to 183.8
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.5253	0.5253
Sum of Squares	14.24	14.24
Sy.x		2.179
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	



• **Nilai AAI**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\
 &= 78,8 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC}_{50}} \\
 &= \frac{78,8}{26,37} \\
 &= 2,98
 \end{aligned}$$

L4.6.2.4 Agar Asam Sitrat 0,8 M

- % Aktivitas Antioksidan

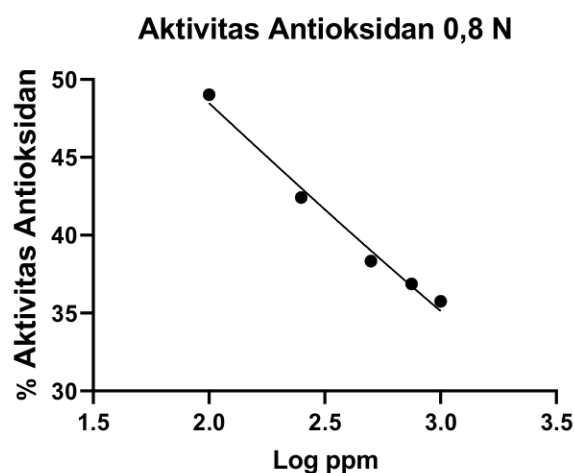
Konsentrasi (ppm)	Log Konsentrasi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-rata
100	3,000	51.7283449	57.78064516	37.5597	49.0229
250	2,875	46.2289083	46.52309289	34.513	42.4217
500	2,699	46.1742502	35.49920761	33.3546	38.3427
750	2,398	44.9590164	38.71224165	26.9554	36.8756
1000	2,000	41.4634146	36.50051921	29.3287	35.7642

C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.4918	0.2374	0.3875	0.1636	0.6278	0.392
250	0.4919	0.2645	0.3854	0.2061	0.6273	0.4108
500	0.4901	0.2638	0.3786	0.2442	0.6272	0.418
750	0.488	0.2686	0.3774	0.2313	0.6303	0.4604
1000	0.4879	0.2856	0.3852	0.2446	0.6301	0.4453

- IC_{50}

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	
Different curve for each data set	
Best-fit values	
Bottom	= 0.000
Top	= 100.0
LogIC ₅₀	1.890
HillSlope	-0.2398
IC ₅₀	77.65
Span	= 100.0
95% CI (profile likelihood)	

LogIC50	1.687 to 2.029	
HillSlope	-0.2909 to -0.1889	
IC50	48.64 to 106.8	
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom	3	
R squared	0.9869	
Sum of Squares	1.531	
Sy.x	0.7144	
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
One curve for all data sets		
Best-fit values		
Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.890	1.890
HillSlope	-0.2398	-0.2398
IC50	77.65	77.65
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	1.687 to 2.029	1.687 to 2.029
HillSlope	-0.2909 to -0.1889	-0.2909 to -0.1889
IC50	48.64 to 106.8	48.64 to 106.8
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.9869	0.9869
Sum of Squares	1.531	1.531
Sy.x		0.7144
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	



- **Nilai AAI**

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\ &= 78,8 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC}_{50}} \\ &= \frac{78,8}{77,65} \\ &= 1,01\end{aligned}$$

L4.6.2.5 Agar Asam Sitrat 1,0 M

- **% Aktivitas Antioksidan**

C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.5935	0.4222	0.4823	0.2686	0.4973	0.1894
250	0.5928	0.5154	0.4884	0.2758	0.4982	0.1987
500	0.5929	0.4815	0.487	0.2716	0.4952	0.2186
750	0.5917	0.4932	0.4879	0.2978	0.4951	0.1974
1000	0.5917	0.5907	0.4885	0.321	0.4958	0.2032

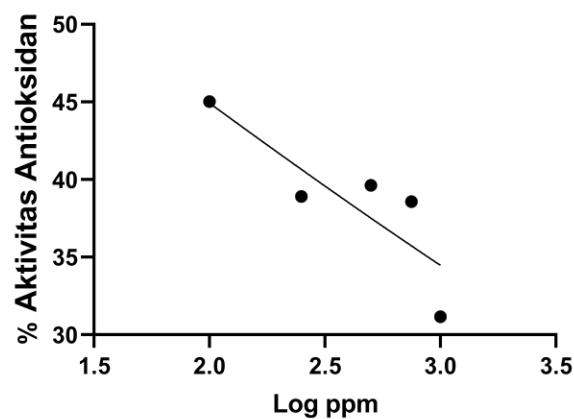
Konsentr asi (ppm)	Log Konsentr asi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- rata
100	3,000	28.862679	44.3085217	61.9143	45.0285
250	2,875	13.0566802	43.5298935	60.1164	38.9010
500	2,699	18.7890032	44.2299795	55.8562	39.6251
750	2,398	16.6469495	38.9629022	60.1293	38.5797
1000	2,000	0.16900456	34.2886387	59.0157	31.1578

- **IC₅₀**

Comparison of Fits	Can't calculate	
Null hypothesis	Different curve for each data set	
Alternative hypothesis	One curve for all data sets	
P value		
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF	
Preferred model	Different curve for each data set	
F (DFn, DFd)		
Different curve for each data set		
Best-fit values		
Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.536	
HillSlope	-0.1904	
IC50	34.34	
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to 2.154	
HillSlope	-0.4062 to 0.02417	
IC50	??? to 142.5	
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom	3	
R squared	0.7270	
Sum of Squares	26.71	
Sy.x	2.984	
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
One curve for all data sets		
Best-fit values		
Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.536	1.536
HillSlope	-0.1904	-0.1904
IC50	34.34	34.34
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		

LogIC50	-infinity to 2.154	-infinity to 2.154
HillSlope	-0.4062 to 0.02417	-0.4062 to 0.02417
IC50	??? to 142.5	??? to 142.5
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.7270	0.7270
Sum of Squares	26.71	26.71
Sy.x		2.984
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	

Aktivitas Antioksidan Agar 10 N



- Nilai AAI

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\ &= 78,8 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC50}} \\ &= \frac{78,8}{34,34} \\ &= 2,29 \end{aligned}$$

L4.6.2.6 Agar Komersil

- % Aktivitas Antioksidan

C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
100	0.5267	0.3691	0.4954	0.222	0.634	0.4407
250	0.5333	0.4011	0.496	0.2564	0.6335	0.4539
500	0.5281	0.4058	0.4941	0.274	0.6281	0.5337
750	0.5286	0.4453	0.4956	0.3749	0.6305	0.6026
1000	0.5292	0.4308	0.5024	0.4646	0.6279	0.681

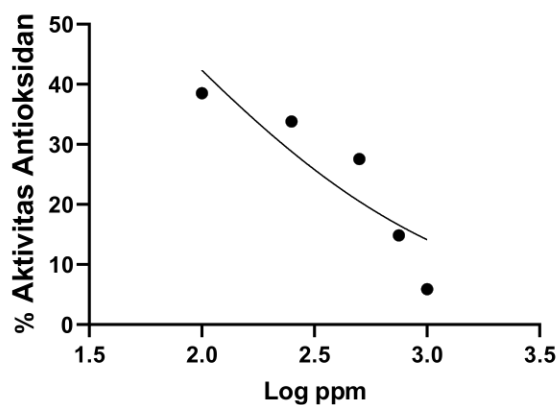
Konsentr asi (ppm)	Log Konsentr asi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- rata
100	3,000	29.9221568	55.1877271	30.489	38.5330
250	2,875	24.7890493	48.3064516	28.3504	33.8153
500	2,699	23.1584927	44.5456385	15.0295	27.5779
750	2,398	15.7586076	24.354318	4.42506	14.8460
1000	2,000	18.5941043	7.52388535	-8.4568	5.8871

- IC₅₀

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	
Different curve for each data set	
Best-fit values	
Bottom	= 0.000
Top	= 100.0
LogIC50	1.794
HillSlope	-0.6493
IC50	62.18
Span	= 100.0
95% CI (profile likelihood)	
LogIC50	-23.98 to 2.222
HillSlope	-1.427 to -0.01871
IC50	1.046e-024 to 166.7

Goodness of Fit		
Degrees of Freedom	3	
R squared	0.7813	
Sum of Squares	160.1	
Sy.x	7.306	
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
One curve for all data sets		
Best-fit values		
Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	1.794	1.794
HillSlope	-0.6493	-0.6493
IC50	62.18	62.18
Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-23.98 to 2.222	-23.98 to 2.222
HillSlope	-1.427 to -0.01871	-1.427 to -0.01871
IC50	1.046e-024 to 166.7	1.046e-024 to 166.7
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.7813	0.7813
Sum of Squares	160.1	160.1
Sy.x		7.306
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	

Aktivitas Antioksidan Agar Komersil



- Nilai AAI

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi DPPH} &= \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} \\ &= 78,8 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{AAI} &= \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC}_{50}} \\ &= \frac{78,8}{62,18} \\ &= 1,26\end{aligned}$$

L4.6.2.7 Vitamin C

- % Aktivitas Antioksidan

C (ppm)	Pengulangan ke-1		Pengulangan ke-2		Pengulangan ke-3	
	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel	Abs. Kontrol	Abs. Sampel
1	0.3806	0.1955	0.3256	0.1556	0.3216	0.1754
2	0.373	0.2012	0.3209	0.1375	0.3205	0.1549
3	0.3802	0.2347	0.3221	0.1661	0.322	0.1326
4	0.3741	0.3163	0.3233	0.1969	0.3228	0.1594
5	0.3827	0.3602	0.3214	0.2111	0.3229	0.1385

Konsentr asi (ppm)	Log Konsentr asi (x)	% Aktivitas Antioksidan (y)			
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- rata
1	0.0000	48.6337	52.2113	45.4602	48.7684
2	0.3010	46.0590	57.1518	51.6693	51.6267
3	0.4771	38.2693	48.4322	58.8199	48.5071
4	0.6021	15.4504	39.0968	50.6196	35.0556
5	0.6990	5.8793	34.3186	57.1075	32.4351

- **IC₅₀**

Comparison of Fits	Can't calculate
Null hypothesis	Different curve for each data set
Alternative hypothesis	One curve for all data sets
P value	
Conclusion (alpha = 0.05)	Models have the same DF
Preferred model	Different curve for each data set
F (DFn, DFd)	

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom	= 0.000
Top	= 100.0
LogIC50	0.1423
HillSlope	-0.4310
IC50	1.388
Span	= 100.0

95% CI (profile likelihood)

LogIC50	-infinity to +infinity
HillSlope	-1.151 to 0.2370
IC50	???

Goodness of Fit

Degrees of Freedom	3
R squared	0.5851
Sum of Squares	129.6
Sy.x	6.573

Constraints

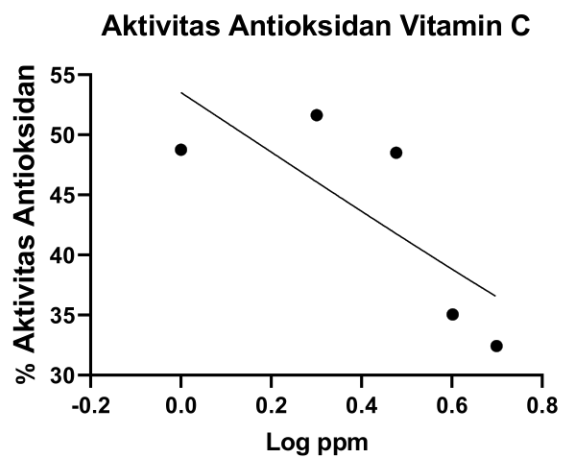
Bottom	Bottom = 0
Top	Top = 100

One curve for all data sets

Best-fit values

Bottom	= 0.000	
Top	= 100.0	
LogIC50	0.1423	0.1423
HillSlope	-0.4310	-0.4310
IC50	1.388	1.388

Span	= 100.0	
95% CI (profile likelihood)		
LogIC50	-infinity to +infinity	-infinity to +infinity
HillSlope	-1.151 to 0.2370	-1.151 to 0.2370
IC50	???	
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom		3
R squared	0.5851	0.5851
Sum of Squares	129.6	129.6
Sy.x		6.573
Constraints		
Bottom	Bottom = 0	
Top	Top = 100	
LogIC50	LogIC50 is shared	
HillSlope	HillSlope is shared	
Number of points		
# of X values	5	
# Y values analyzed	5	



• **Nilai AAI**

$$\text{Konsentrasi DPPH} = \frac{3,94 \text{ mg}}{50 \text{ mL}}$$

$$= 78,8 \text{ ppm}$$

$$\text{AAI} = \frac{\text{Konsentrasi DPPH}}{\text{IC50}}$$

$$= \frac{78,8}{1,38}$$

$$= 57,10$$

L.4.7 Data Hasil Uji *One Way ANOVA*

L4.7.1 Rendemen

Descriptives Rendemen								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2 N	3	32.1000	.50000	.28868	30.8579	33.3421	31.60	32.60
0.4 N	3	40.9667	1.41892	.81921	37.4419	44.4915	39.70	42.50
0.6 N	3	45.2333	1.97569	1.14066	40.3255	50.1412	43.10	47.00
0.8 N	3	48.5667	1.13725	.65659	45.7416	51.3917	47.30	49.50
1,0 M	3	58.3333	1.45029	.83732	54.7306	61.9360	56.90	59.80
Total	15	45.0400	9.01901	2.32870	40.0454	50.0346	31.60	59.80

ANOVA Rendemen					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1119.669	4	279.917	146.349	.000
Within Groups	19.127	10	1.913		
Total	1138.796	14			

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

Homogeneous Subsets

Rendemen						
	Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	0.2 N	3	32.1000			
	0.4 N	3		40.9667		
	0.6 N	3			45.2333	
	0.8 N	3			48.5667	
	1,0 M	3				58.3333
	Sig.		1.000	1.000	.084	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.						

Perlakuan:

1. 0,2 M = a
2. 0,4 M = b

3. 0,6 M = c
4. 0,8 M = c
5. 1,0 M = d
 - Perlakuan 1, 2, dan 3 berbeda nyata
 - Perlakuan 3 dan 4 tidak berbeda nyata
 - Perlakuan 3 dan 4 berbeda nyata dengan 1, 2, dan 5
 - Perlakuan 5 berbeda nyata dengan perlakuan 1,2,3, dan 4

L4.7.2 Kadar Air

Descriptives Air								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2 N	3	5.4858	.39521	.22818	4.5040	6.4676	5.11	5.90
0.4 N	3	4.9803	.94737	.54697	2.6269	7.3337	4.00	5.89
0.6 N	3	4.5803	1.58231	.91355	.6497	8.5110	3.10	6.25
0.8 N	3	7.0054	1.00700	.58139	4.5039	9.5070	5.85	7.70
1,0 M	3	5.9385	2.37683	1.37226	.0341	11.8429	3.20	7.38
Agar	3	6.3394	.85203	.49192	4.2228	8.4560	5.77	7.32
Total	18	5.7216	1.41103	.33258	5.0199	6.4233	3.10	7.70

ANOVA Air					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.954	5	2.391	1.310	.323
Within Groups	21.893	12	1.824		
Total	33.847	17			

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

Homogeneous Subsets

Air			
	Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05 1
Tukey HSD ^a	0.6 N	3	4.5803
	0.4 N	3	4.9803
	0.2 N	3	5.4858
	1,0 M	3	5.9385
	Agar	3	6.3394
	0.8 N	3	7.0054
	Sig.		.305

Perlakuan:

1. 0,2 M = a
2. 0,4 M = a
3. 0,6 M = a
4. 0,8 M = a
5. 1,0 M = a
6. Agar = a

Seluruh perlakuan asam sitrat dan agar komersil tidak berbeda nyata

L4.7.3 Kadar Abu

Descriptives Abu								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2 N	3	23.071 4	2.37416	1.3707 2	17.173 6	28.969 1	21.18	25.74
0.4 N	3	24.541 5	1.42818	.82456	20.993 7	28.089 3	23.48	26.17
0.6 N	3	26.169 2	.44670	.25790	25.059 6	27.278 9	25.76	26.65
0.8 N	3	27.232 1	2.05927	1.1889 2	22.116 6	32.347 7	24.90	28.80
1,0 M	3	30.196 6	2.63167	1.5193 9	23.659 2	36.734 1	28.59	33.23
Agar	3	25.868 3	2.25248	1.3004 7	20.272 8	31.463 7	23.27	27.17
Tota l	1 8	26.179 9	2.84181	.66982	24.766 7	27.593 1	21.18	33.23

ANOVA Abu					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	89.058	5	17.812	4.432	.016
Within Groups	48.232	12	4.019		
Total	137.290	17			

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

Homogeneous Subsets

	Abu		Subset for alpha =	
	Perlakuan	N	0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	0.2 N	3	23.0714	
	0.4 N	3	24.5415	
	Agar	3	25.8683	25.8683
	0.6 N	3	26.1692	26.1692
	0.8 N	3	27.2321	27.2321
	1,0 M	3		30.1966
	Sig.		.186	.159

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Perlakuan:

1. 0,2 M = a
2. 0,4 M = a
3. 0,6 M = ab
4. 0,8 M = ab
5. 1,0 M = b
6. Agar = ab
 - Perlakuan 1, 2, 3, 4, dan 6 tidak berbeda nyata
 - Perlakuan 1 dan 2 berbeda nyata dengan perlakuan 5
 - Perlakuan 3, 4, dan 6 tidak berbeda nyata dengan perlakuan 5

L4.7.4 Pengukuran pH

Descriptives pH								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2 N	3	7.650 0	.03000	.01732	7.5755	7.7245	7.62	7.68
0.4 N	3	7.260 0	.07937	.04583	7.0628	7.4572	7.17	7.32
0.6 N	3	7.190 0	.04583	.02646	7.0762	7.3038	7.14	7.23
0.8 N	3	6.846 7	.09452	.05457	6.6119	7.0815	6.74	6.92
1,0 M	3	6.713 3	.06429	.03712	6.5536	6.8730	6.64	6.76
Agar	3	6.913 3	.02309	.01333	6.8560	6.9707	6.90	6.94
Total	18	7.095 6	.32536	.07669	6.9338	7.2574	6.64	7.68

ANOVA pH						
	Sum of Square s	df	Mean Square	F	Sig .	
Between Groups	1.754	5	.351	91.905	.000	
Within Groups	.046	12	.004			
Total	1.800	17				

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

Homogeneous Subsets

pH						
	Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	1,0 M	3	6.7133			
	0.8 N	3	6.8467	6.8467		
	Agar	3		6.9133		
	0.6 N	3			7.1900	
	0.4 N	3			7.2600	
	0.2 N	3				7.6500
	Sig.		.160	.769	.733	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Perlakuan:

1. 0,2 M = d
2. 0,4 M = c
3. 0,6 M = c
4. 0,8 M = ab
5. 1,0 M = a
6. Agar = b
 - Perlakuan 1 berbeda nyata dengan perlakuan 2, 3, 4, 5, dan 6
 - Perlakuan 2 dan 3 tidak berbeda
 - Perlakuan 2 dan 3 berbeda nyata dengan 1, 4, 5, dan 6
 - Perlakuan 4 tidak berbeda nyata dengan perlakuan 5 dan 6
 - Perlakuan 3, 4, dan 6 tidak berbeda nyata dengan perlakuan 5

L4.7.5 Kadar Sulfat

Descriptives								
Sulfat								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2 N	3	7.5250	.69678	.40229	5.7941	9.2559	7.07	8.33
0.4 N	3	4.5414	.96459	.55691	2.1452	6.9376	3.74	5.61
0.6 N	3	4.2795	1.63631	.94472	.2147	8.3443	2.61	5.88
0.8 N	3	2.6837	.62122	.35866	1.1405	4.2269	2.11	3.35
1,0 M	3	2.5767	.30584	.17658	1.8170	3.3364	2.39	2.93
Agar	3	10.0933	.02309	.01333	10.0360	10.1507	10.08	10.12
Total	18	5.2833	2.87541	.67774	3.8534	6.7132	2.11	10.12

ANOVA					
Sulfat					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131.409	5	26.282	34.480	.000
Within Groups	9.147	12	.762		
Total	140.556	17			

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

Homogeneous Subsets

Sulfat					
	Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD ^a	1,0 M	3	2.5767		
	0.8 N	3	2.6837		
	0.6 N	3	4.2795		
	0.4 N	3	4.5414		
	0.2 N	3		7.5250	
	Agar	3			10.0933
	Sig.		.134	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.					

Perlakuan:

1. 0,2 M = b
2. 0,4 M = a
3. 0,6 M = a
4. 0,8 M = a
5. 1,0 M = a
6. Agar = c
 - Perlakuan 1 berbeda nyata dengan perlakuan 2, 3, 4, 5, dan 6
 - Perlakuan 2, 3, 4, dan 5 tidak berbeda
 - Perlakuan 2, 3, 4, dan 5 berbeda nyata dengan perlakuan 6

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20

L4.8 Dokumentasi Penelitian

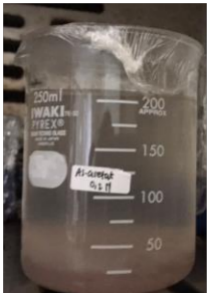
L4.8.1 Preparasi Alga



L4.8.2 Pretreatment



L4.8.3 Ekstraksi Sonikasi

			
Bubur alga dengan pelarut air	Ekstraksi sonikasi	disaring	Filtrat ditambah KCl
			
didinginkan	disaring	dioven	
			
ditimbang	dihaluskan	Agar halus	

L4.8.4 Uji Karakteristik

L4.8.4.1 Pengukuran Kadar Air

		
dioven	didinginkan dalam desikator	ditimbang cawan

		
ditimbang cawan+sampel	dioven cawan+sampel	didinginkan dalam desikator
		
ditimbang hingga konstan		

L4.8.4.2 Pengukuran Kadar Abu

		
dioven cawan	didinginkan dalam desikator	ditimbang cawan
		
ditimbang cawan+sampel	Dibunsen cawan+sampel	

		
ditimbang cawan krusibel	dipindahkan sampel ke dalam cawan krusibel	ditimbang cawan+sampel
		
ditanur	didinginkan dalam desikator	ditimbang hingga konstan

L4.8.4.3 Penentuan Nilai pH

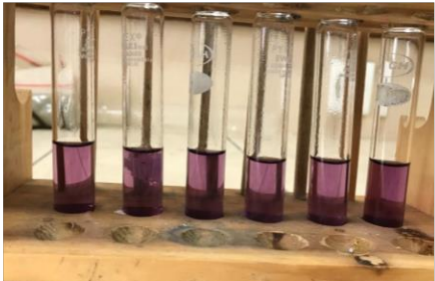
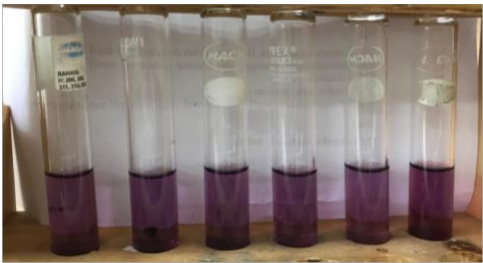
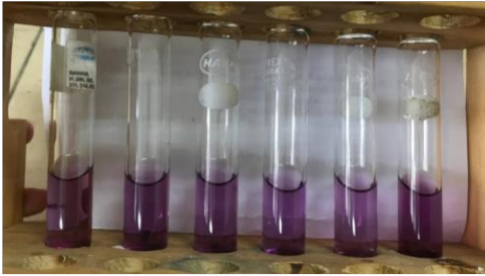
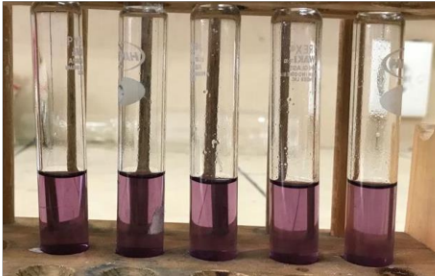
		
Asam sitrat 0,2 M	Asam sitrat 0,4 M	Asam sitrat 0,6 M
		
Asam sitrat 0,8 M	Asam sitrat 1,0 M	Agar komersil

L4.8.4.4 Pengukuran Kadar Sulfat

		
ditimbang erlenmeyer	ditimbang Erlenmeyer+sampel	ditambahkan HCl + BaCl ₂ dan dipanaskan
		
ditimbang kertas saring	dicuci dengan akuades panas	dikeringkan dan ditimbang
		
ditimbang krusibel	ditanur	didinginkan dalam desikator

	
ditimbang hingga konstan	diperoleh agar setelah ditanur

L4.8.5 Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH

	
Asam sitrat 0,2 M	Asam sitrat 0,4 M
	
Asam sitrat 0,6 M	Asam sitrat 0,8 M
	
Asam sitrat 1,0 M	Agar komersil



Vitamin C