

SKRIPSI

**BIOAKTIVITAS SENYAWA ASAM HEKSADEKANOAT SEBAGAI
PENGAWET ALAMI TERHADAP BAKTERI *Xanthomonas campestris* DAN
JAMUR *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PEMBUSUKAN PADA SAWI
HIJAU *Brassica juncea* L.**

Disusun dan diajukan oleh

NADHILA IDRIS

H041171518



**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**BIOAKTIVITAS SENYAWA ASAM HEKSADEKANOAT SEBAGAI
PENGAWET ALAMI TERHADAP BAKTERI *Xanthomonas campestris* DAN
JAMUR *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PEMBUSUKAN PADA SAWI
HIJAU *Brassica juncea* L.**

Disusun dan diajukan oleh


**NADHILA IDRIS
H041171518**

**Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 15 Desember 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan**

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Eva Johannes, M.Si
NIP.196102171986012001


Dr. Zaraswati Dwiyana, M.Si
NIP.196512091990082001

Ketua Departemen


Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP.196801291997022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadhila Idris
NIM : H041171518
Program Studi : Biologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul Bioaktivitas Senyawa Asam Heksadekanoat Sebagai Pengawet Alami Terhadap Bakteri *Xanthomonas campestris* dan Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Pembusukan Pada Sawi Hijau *Brassica juncea* L. adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 4 Oktober 2021

Yang Menyatakan



Nadhila Idris

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Bioaktivitas Senyawa Asam Heksadekanoat Sebagai Pengawet Alami Terhadap Bakteri *Xanthomonas campestris* dan Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Pembusukan Pada Sawi Hijau *Brassica juncea* L.”. Shalawat serta salam senantiasa penulis curahkan kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini.

Skripsi ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Sarjana Sains di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Selama penulisan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ayah Muhammad Idris Rasyid dan Ibu Tulul Sadik Alamri sebagai orang tua penulis yang dengan sabar, tabah, dan tekun dalam membesarkan dan mendidik penulis dengan sepenuh hati dan kasih sayang serta dukungan moral materi yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Keluarga yang senantiasa memberikan dorongan

dan menghibur penulis disaat merasa jenuh dan lelah dalam menyelesaikan skripsi ini terkhusus untuk Ibu Dr. Juhriah, M.Si.

Penulis kembali mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Eva Johannes, M.Si selaku Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Zaraswati Dwyana Z., M.Si. selaku Pembimbing Pertama atas dukungan, bimbingan, arahan, dan motivasi berupa kritik dan saran serta waktunya yang dengan sabar menuntun penulis hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan kali ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina P., M.A., beserta staf.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Sc., beserta staf yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam hal akademik dan administrasi.
3. Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si., atas ilmu dan saran-sarannya.
4. Tim penguji skripsi Ibu Dr. Syahribulan, M.Si. dan Ibu Dr. Juhriah, M.Si. atas bimbingan dan arahan yang diberikan kepada penulis dari awal studi hingga penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Drs. Muhtadin Asnady S. M. Si. Selaku pembimbing akademik penulis yang senantiasa membantu dan memberikan arahan selama masa studi dari penulis hingga penyusunan skripsi ini.

6. Bapak/Ibu Dosen Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan. Serta kepada staf dan pegawai Departemen Biologi yang telah membantu dalam bidang administrasi.
7. Kak Fuad Gani, S.Si., Kak Heriadi, S.Si., dan Kak Nenis Sardiani, S.Si yang telah membantu, membimbing, dan memberikan ilmu dalam perkuliahan serta penelitian.
8. Untuk diri saya sendiri yang telah berjuang hingga sejauh ini dengan melawan semua tekanan dan ego yang ada selama penulisan skripsi ini.
9. Nur Sofiea Binti Syarifuddin dan Putri Fahrani sebagai partner penelitian terbaik yang selalu berbagi informasi mengenai penelitian, memberikan semangat, saling menghibur dan memberikan dorongan serta motivasi selama penelitian hingga selesainya penulisan skripsi ini.
10. Saudara tak sedarah penulis (Mager Squad) Naspira Binti Jabir, Ainun Amalia, dan Jihan Atsila Laguliga, yang selalu menemani, membantu, mendoakan dan memberikan motivasi serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Sahabat sepermainan Fadhilah Ananda Putri, Rensi Piri, Sitti Nuraini Rahmah, Sitti Talhah, Raden Safriani Sukma Amirudin, Arini Kusuma Wardani dan Ummi Chaerah yang selalu ada dalam memberikan semangat.
12. Fitriani Chairunnisaa dan Khairunnisa Aulia Rusly sebagai sahabat seperantauan dan sependaritan yang selalu ada menemani penulis.

13. Teman seperjuangan di kampus, Teman-teman Biologi Angkatan 2017 (Biovergent) yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan selama penyusunan skripsi ini.
14. Keluarga KMF MIPA UNHAS dan HIMBIO FMIPA UNHAS sebagai wadah dalam pengembangan skill organisasi yang telah memberikan ilmu yang tidak diperoleh dibangku perkuliahan.
15. Untuk NCT, terutama Huang Renjun dan Lee Haechan yang memberikan semangat dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna karena adanya keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang bersifat membangun yang diberikan dari semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu akan penulis terima dengan senang hati dan penulis mengucapkan banyak terima kasih. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 14 November 2021

Nadhila Idris

ABSTRAK

Sawi hijau *Brassica juncea* L adalah jenis sayuran yang sangat mudah mengalami kerusakan oleh mikroorganismenya yang dikenal dengan penyakit busuk lunak. Hal ini menyebabkan menurunnya kualitas sawi hijau sehingga tidak dapat bertahan lama. Telah dilaksanakan penelitian berjudul “**Bioaktivitas Senyawa Asam Heksadekanoat Sebagai Pengawet Alami Terhadap Bakteri *Xanthomonas campestris* dan Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Pembusukan Pada Sawi Hijau *Brassica juncea* L.**”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh senyawa asam heksadekanoat dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur penyebab pembusukan pada sawi hijau serta untuk mengetahui konsentrasi dari senyawa asam heksadekanoat yang tepat sebagai pengawet alami pada tanaman sawi hijau *Brassica juncea* L. Uji daya hambat dilakukan pada bakteri *Xanthomonas campestris* dan jamur *Fusarium oxysporum* dengan menggunakan senyawa uji asam heksadekanoat 10%, 20%, dan 40%. Dilanjutkan dengan uji organoleptik tekstur dan warna dengan menggunakan *edible coating* dari ekstrak asam heksadekanoat 20% dari T₀ hingga T₄ penyimpanan. Hasil yang diperoleh menunjukkan ekstrak asam heksadekanoat 10%, 20%, dan 40% mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* dan jamur *Fusarium oxysporum*. Hasil organoleptik menunjukkan pengaplikasian *edible coating* tidak memperpanjang masa simpan pada sawi hijau.

Kata kunci: Asam heksadekanoat, *Xanthomonas campestris*, *Fusarium oxysporum*, *Edible coating*.

ABSTRACT

Mustard greens *Brassica juncea* L. is a type of vegetable that is very easily damaged by microorganisms known as soft rot disease. This causes a decrease in the quality of green mustard so that it cannot last long. A study entitled "**Bioactivity of Hexadecanoic Acid Compounds as a Natural Preservative Against *Xanthomonas campestris* Bacteria and *Fusarium oxysporum* Fungus that Cause Rotten In Mustard Greens *Brassica juncea* L. has been carried out**". This study aims to determine the effect of hexadecanoic acid compounds in inhibiting the growth of bacteria and fungi that cause decay in green mustard greens and to determine the appropriate concentration of hexadecanoic acid compounds as natural preservatives in mustard greens *Brassica juncea* L. Inhibition test was carried out on bacteria *Xanthomonas campestris* and fungus *Fusarium oxysporum* using 10%, 20%, and 40% hexadecanoic acid test compounds. Followed by organoleptic test of texture and color using *edible coating* of 20% hexadecanoic acid extract from T₀ to T₄ storage time. The results obtained showed that 10%, 20%, and 40% hexadecanoic acid extracts were able to inhibit the growth of bacteria *Xanthomonas campestris* and fungus *Fusarium oxysporum*. The organoleptic results showed that the application of *edible coating* did not extend the shelf life of mustard greens.

Keywords: Hexadecanoic acid, *Xanthomonas campestris*, *Fusarium oxysporum*, *Edible coating*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
BAB I.....	1
I. 1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Manfaat Penelitian.....	3
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	3
BAB II	4
II. 1 Sawi Hijau <i>Brassica juncea</i> L.....	4
II. 2 Manfaat dan Kandungan Sawi Hijau <i>Brassica juncea</i> L.....	6
II. 3 Faktor Penyebab Kerusakan Pada Sawi Hijau	8
II. 4 Bakteri dan Jamur Penyebab Kerusakan Pada Sawi Hijau	11
II.4.1 Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> (Pamm.) Dye.....	11
II.4.2 Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	12
II.5 Pengawet	13
II. 6 Senyawa Asam Heksadekanoat atau Asam palmitat.....	15
II.7 <i>Edible Coating</i>	16
II.8 Metode Difusi Agar.....	18
BAB III.....	20
III.1 Alat.....	20
III.2 Bahan	20
III.3 Prosedur Penelitian	20

III.3.1. Sterilisasi Alat.....	20
III.3.2 Pembuatan Media, Larutan Uji dan Larutan Kontrol	21
III.3.3 Pengujian Aktivitas Antibakteri.....	22
III.3.4 Pengujian Aktivitas Antijamur	23
III.3.5 Uji Organoleptik	25
III.4 Teknik Analisis Data.....	26
BAB IV	27
IV. 1. Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Asam Heksadekanoat terhadap Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> dan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	27
IV. 2 Uji Organoleptik	36
BAB V.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang artinya pertanian berperan penting dalam keseluruhan roda perekonomian negara. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya penduduk yang berkerja dibidang pertanian sebagai sumber mata pencaharian yang didukung pula oleh kondisi alam yang sesuai sehingga memungkinkan para penduduk untuk menanam sepanjang tahun. Dengan kondisi seperti ini sewajarnya mampu untuk menjadikan Indonesia sebagai negara yang makmur yang dapat mencukupi kebutuhan pangan masyarakatnya (Suratman, 2018).

Sawi hijau *Brassica juncea* L. merupakan salah satu komoditas sayuran yang paling banyak digemari oleh masyarakat Indonesia karena memiliki nilai komersil dan prospek yang baik dari berbagai segi. Selain itu, sawi hijau memiliki peminatan yang tinggi dan selalu meningkat seiring berjalannya pertambahan jumlah penduduk di Indonesia dan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kebutuhan gizi. Sawi hijau memiliki kelayakan untuk diperdagangkan di Indonesia melihat pertumbuhan sawi hijau ini didukung klimatologis yang cocok dengan Indonesia (Sarif, dkk, 2015).

Sawi hijau yang dibudidayakan dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan sayuran serta memiliki kandungan gizi yang baik untuk memenuhi kebutuhan pangan dan obat bagi masyarakat. Adapun kandungan gizi yang dimiliki oleh sawi hijau

diantaranya karbohidrat, protein, serat, lemak, fosfor, kalsium, Fe, Vitamin A, B dan C. Mengonsumsi sawi hijau dapat berfungsi sebagai pembantu pengendali kolestrol dan membersihkan darah pada tubuh (Istarofah dan Salamah, 2017).

Hal ini menyebabkan sawi hijau menjadi salah satu produk pertanian yang diminati masyarakat. Tetapi dalam budidayanya sering kali memiliki kekurangan dikarenakan mudahnya sawi hijau untuk terserang penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan jamur yang mengakibatkan terjadi pembusukan pada sawi hijau sehingga kualitas dari sawi hijau menurun serta harga jual dari sawi hijau mengalami penurunan. Beberapa penyebab pembusukan pada sawi hijau ialah bakteri *Xanthomonas campestris*, serta terdapat pula jamur *Fusarium oxysporum* yang menjadi salah satu mikroba pembusuk pada sawi hijau. Maka dari itu dibutuhkan pengawet alami untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan pembusukan pada sayur sawi hijau.

Pengawet alami diekstraksi langsung dari sumber yang alami dan diketahui memiliki kemampuan untuk menjaga ketahanan dari bahan makanan dari pertumbuhan mikroba. Salah satu pengawet alami yang dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur penyebab pembusukan pada sawi hijau adalah senyawa asam heksadekanoat. Asam heksadekanoat merupakan asam lemak jenuh yang tersusun dari 16 atom karbon. Senyawa asam lemak baik yang bersifat jenuh maupun tidak jenuh dengan rantai panjang pada asam lemak yang terdiri dari C_{12} - C_{22} memiliki aktivitas antimikroba dibandingkan dengan asam lemak yang memiliki jumlah atom karbon kurang dari 12 (Murhadi, 2009). Asam heksadekanoat

yang digunakan merupakan isolat yang diperoleh dari hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux. oleh Johannes, 2009. Senyawa asam heksadekanoat merupakan turunan dari asam karboksilat yang memiliki sifat antibakteri dan antijamur, sehingga diharapkan pada penelitian ini dapat memperpanjang umur simpan sawi hijau.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Untuk mengkaji pengaruh senyawa asam heksadekanoat dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur penyebab pembusukan pada sawi hijau *Brassica juncea* L.
2. Untuk mendapatkan konsentrasi dari senyawa asam heksadekanoat yang tepat sebagai pengawet alami pada sawi hijau *Brassica juncea* L.

I.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai manfaat senyawa asam heksadekanoat sebagai bahan pengawet alami serta hasil yang diperoleh dapat dijadikan sebagai produk pengawet alami pada sawi hijau *Brassica juncea* L.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Agustus 2021. Di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Sawi Hijau *Brassica juncea* L.

Sawi hijau *Brassica juncea* L. merupakan sayuran yang banyak dibudidayakan pada kawasan beriklim sub-tropis tetapi sawi hijau ini dapat beradaptasi dengan baik pada kawasan beriklim tropis dikarenakan sawi hijau tergolong dalam tanaman yang toleran pada suhu tinggi. Nilai ekonomis yang dimiliki sawi hijau termasuk tinggi karena sawi hijau memiliki kandungan gizi yang bermanfaat bagi kesehatan. Angka peminatan sawi hijau pula terus naik seiring dengan meningkatnya populasi serta meningkatnya kebutuhan pangan masyarakat (Ibrahim dan Tanaiyo, 2018)

Menurut Gembong Tjitrosoepomo (2013), sistematika tanaman sawi hijau sebagai berikut :

Regnum : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub divisio : Angiospermae
Classis : Dicotyledonae
Ordo : Rhocerales (Brassicales)
Familia : Cruciferae (Brassicaceae)
Genus : *Brassica*
Species : *Brassica juncea* L.

Sawi hijau atau *green leaf mustard* merupakan tanaman sayur yang memiliki struktur akar, batang, daun dan bunga. Sawi hijau memiliki sistem perakaran tunggang (*radix primaria*) dengan cabang-cabang akar yang menyebar ke semua arah dengan bentuk silinder atau bulat memanjang pada kedalaman antara 30-50 cm untuk memperluas bidang penyerapannya. Akar dari sawi memiliki fungsi utama untuk menyerap H₂O dan zat-zat hara lainnya dari tanah untuk keberlangsungan hidup sawi hijau serta untuk menopang kokohnya tubuh tanaman sawi (Tjitrosoepomo, 2013).

Batang yang dimiliki sawi hijau ialah batang pendek dan beruas. Terdapat batang sejati pendek dan tegap yang nampak berwarna kehijauan atau keputih-putihan yang terbendam didalam tanah. Fungsi dari batang ini menopang daun, sebagai alat pembentuk daun, sebagai jalan pengangkutan air dan zat-zat hara dari akar ke daun dan sebagai jalan pengangkutan hasil asimilasi dari daun ke seluruh bagian tubuh sawi hijau. Dari pangkal batang sawi tumbuh tangkai daun dari sawi hijau (Rukmana, 1994).

Daun sawi hijau umumnya berbentuk bulat lonjong dengan ujung membulat (*rotundatus*). Daun tunggal dengan duduk daun yang tersebar serta tidak memiliki daun penumpu. Pelepah-pelepah daun bersusunan membungkus pelepah daun muda dalam keadaan membuka (Tjitrosoepomo, 2013). Tulang-tulang daun yang dimiliki sawi hijau menyirip dan bercabang dengan daun yang berwarna hijau muda, hijau keputih-putihan hingga berwarna hijau tua. Daun tidak berbulu, halus, serta tidak berkrop (Rukmana, 1994).

Sawi hijau memiliki tangkai bunga yang bercabang banyak dengan tangkai yang tumbuh memanjang tinggi keatas berwarna kuning cerah. Bunga pada sawi hijau merupakan bunga berkelamin dua atau hermaphrodites, dimana terdapat benang sari sebagai alat kelamin jantan dan putik sebagai alat kelamin betina (Tjitrosoepomo, 2013). Terdapat empat helai daun mahkota, empat helai daun kelopak, empat helai benang sari serta terdapat putik yang berongga dua sebanyak 1 buah dalam setiap kuntum bunga sawi. Sawi hijau mudah berbunga secara alami dengan baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Penyerbukan pada sawi biasanya terjadi dengan bantuan dari serangga ataupun manusia yang hasil penyerbukan ini akan menghasilkan buah berisi biji (Rukmana, 1994).

Buah dari sawi hijau bertipe polong (legumen) yang terbentuk dari satu daun buah dan mempunyai satu ruangan atau lebih dikarenakan adanya sekat semu. Pada tiap polong buah sawi hijau terdapat 2-8 butir biji. Biji yang dimiliki sawi hijau berbentuk bulat kecil berwarna kecoklatan atau coklat kehitaman yang mengkilap serta permukaan licin dan keras (Rukmana, 1994).

II. 2 Manfaat dan Kandungan Sawi Hijau *Brassica juncea* L.

Sawi hijau selain dimanfaatkan sebagai bahan makanan sumber serat, sawi juga dapat dimanfaatkan sebagai obat untuk berbagai macam penyakit. Hal ini menyebabkan sawi menjadi salah satu sayuran yang berperan penting dalam kebutuhan nutrisi pangan masyarakat. Mengonsumsi sawi hijau dapat berfungsi sebagai pembantu pengendali kolestrol dan membersihkan darah pada tubuh

(Istarofah dan Salamah, 2017). Sawi hijau sangat membantu dalam mencegah tubuh terserangnya dari penyakit kanker dikarenakan sawi hijau mengandung senyawa fitokimia terkhusus senyawa glukosinolat dalam kadar yang cukup tinggi (Nasution, dkk, 2014).

Tabel 1. Kandungan dan komposisi sawi hijau setiap 100 gr

No.	Komposisi	Jumlah
1	Serat (gr)	0,7
2	Protein (gr)	2,3
3	Lemak (gr)	0,4
4	Energi (kal)	22
5	Karbohidrat (gr)	4
6	Fosfor (mg)	38
7	Zat besi (mg)	2,9
8	Kalsium (mg)	220
9	Kalium (mg)	323
10	Natrium (mg)	20
11	Vitamin A (mg)	1.940
12	Vitamin B (mg)	0,09
13	Vitamin C (mg)	102
14	Air (gr)	92,2
15	Thiamine (mg)	0,1
16	Riboplavin (mg)	0,1
17	Niacin (mg)	1,0
18	Abu (gr)	0,9

Sumber : Direktorat Gizi, Dep. Kes. R.I (2012)

Dengan secara rutin mengkonsumsi sawi hijau maka akan mampu juga untuk menurunkan resiko terserangnya kanker prostat. Sawi hijau banyak mengandung serat, protein, kalium, zat besi, fosfor, magnesium, vitamin A, vitamin B, vitamin B2, vitamin B6, serta vitamin C. Dengan kandungan yang terdapat pada sawi hijau ini dapat bermanfaat untuk mencegah penyakit jantung, kanker, hipertensi, dapat pula menjaga kesehatan sistem pencernaan, dapat menghindarkan ibu hamil dari terserangnya anemia, serta dapat mengobati penyakit pelage (Nasution, dkk, 2014). Vitamin A yang terdapat pada sawi hijau dapat mengatasi kekurangan vitamin A yang menyebabkan penyakit rabun ayam (Xerophthalmia) yang sering menjadi masalah di anak usia balita (Rukmana, 1994).

II. 3 Faktor Penyebab Kerusakan Pada Sawi Hijau

Tanaman sawi hijau sangat mudah mengalami kerusakan. Kerusakan yang dapat dikarenakan apabila cara panen dan pengelolaan pascapanen tidak baik dapat menyebabkan kelayuan pada sawi. Apabila sayuran daun seperti sawi terlalu awal dipanen dapat lebih panjang jangka waktu warna daun bertahan pada hijau tetapi mutu yang dimiliki akan buruk. Akan tetapi menunda masa panen dari sawi akan meningkatkan kemungkinan terjadinya pembusukan pada sawi (Nofriati dan Oelviani, 2012).

Kerusakan pasca panen dapat disebabkan oleh beberapa faktor lain, antara lain suhu, kehilangan air karena adanya respirasi, kerusakan mekanis serta pembusukan pada saat penyimpanan. Suhu sangat berpengaruh terhadap lama masa penyimpanan

sawi hijau karena dengan meningkatnya suhu ruang simpan maka akan menyebabkan peningkatan laju penguraian alami sawi terkhususnya penguraian cadangan makanan, yang akan menyebabkan hilangnya kandungan air pada sawi. Selain kehilangan kandungan air pada sawi, suhu juga dapat menyebabkan meningkatnya proses respirasi dan menyebabkan makin cepatnya sawi kehilangan energi maupun kehilangan kandungan air (Soesanto, 2006). Jika sawi dipetik atau dipanen pada saat matahari terik dapat mempercepat proses pelayuan dikarenakan adanya penguapan air dari dalam sel sawi sehingga sel akan kehilangan ketegarannya atau menjadi lemas (Nofriati dan Oelviani, 2012). Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memperlambat laju penguraian ini dengan menyimpan sawi pada kondisi suhu dingin (Soesanto, 2006)

Didalam jaringan dari sel sawi mengandung banyak air dan sari-sari makanan. Kandungan ini terdapat pada susunan jaringannya yang menyerupai gelembung halus. Sayuran sawi akan mengalami kekeringan, kaku dan menjadi keras jika jaringannya terkena tekanan pada dinding selnya. Cairan akan keluar dari dinding sel sawi kemudian diikuti dengan berubahnya tekstur dan hilangnya vitamin pada sawi. Kerusakan pada sayuran berdaun seperti sawi ini mudah terjadi karena sawi banyak mengandung air. Luas permukaan yang dimiliki sawi besar dapat sehingga mengakibatkan tingginya transpirasi dari terjadi proses epavorasi pada luas permukaan tersebut (Sumoprastowo, 2004).

Selain karena suhu yang terlalu tinggi, kehilangan air pada sawi juga dapat disebabkan karena adanya rusak atau luka pada sawi pascapanen. Kerusakan yang terjadi sangat berkaitan erat dengan proses respirasi dari sawi yang tetap berlangsung. Maka dari itu, pemilahan sawi yang sehat dengan sawi yang luka atau rusak sangat diperlukan untuk menghindari kerusakan lain pada sawi yang memiliki keadaan sehat. Kerusakan mekanis atau luka mekanis dapat terjadi selama pemanenan, pengumpulan, penyimpanan, perawatan, pengepakan, maupun pada saat pemasaran dari sawi ke konsumen. Adanya luka ini dapat menyebabkan kemunduran kualitas dari sawi dan menjadi pintu dari masuknya mikroba pembusuk (Soesanto, 2006).

Penyebab penyakit yang tergolong kedalam patogen atau dari faktor biotik ini adalah organisme hidup yang mayoritas bersifat mikro dan mampu untuk menimbulkan penyakit pada tanaman. Mikroorganisme tersebut antara lain dari golongan bakteri, jamur, virus, mikoplasma, Spiroplasma dan Riketsia (Yudiarti, 2012). Penyakit pada sawi hijau dapat disebabkan oleh patogen luka. Adanya luka pada sawi yang disimpan akan menyebabkan pembusukan pada sawi karena adanya mikroba patogen yang masuk. Selain karena adanya luka, mikroba patogen dapat menyerang sawi yang memiliki keadaan sehat dengan menyerang melalui pintu masuk alami dan menembus kulit sawi. Hal ini dikarenakan mikroba patogen mampu menghasilkan enzim pemecah pektat dan mengurai dinding sel dari sawi hijau. Infeksi patogen pascapanen pada sawi dapat terjadi ketika produk masih di lahan atau menempen langsung pada sawi dan gejalanya muncul ketika masak dalam ruang penyimpanan ataupun ketika dipasarkan (Soesanto, 2006).

II. 4 Bakteri dan Jamur Penyebab Kerusakan Pada Sawi Hijau

II.4.1 Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pamm.) Dye.

Busuk hitam disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pamm.) Dye. Bakteri berbentuk batang, berukuran $0,7-3,0 \times 0,4-0,5 \mu\text{m}$, membentuk rantai, berkapsul, tidak berspora, bergerak dengan satu flagellum polar (Semangun, 2004). *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pamm.) Dye merupakan bakteri gram negatif dengan ciri koloni bakteri berbentuk bulat, berwarna kuning, mukoid, cembung dan mengkilat (Laala, *et al*, 2021).

Gejala yang ditimbulkan oleh bakteri ini pada tanaman sawi hijau yakni dengan mula-mula daun akan terdapat daerah-daerah yang berwarna kuning atau pucat pada tepi-tepinya yang kemudian akan meluas ke bagian tengah. Akibatnya tulang-tulang daun akan berwarna coklat tua hingga kehitaman. Keadaan lebih lanjut yang ditimbulkan oleh bakteri ini meluasnya secara terus melalui tulang-tulang daun dan masuk ke dalam batang. Akan tampak berkas pembuluh yang berwarna gelap (Semangun, 2004).

Jaringan helaian daun yang sakit akan mengering dengan tulang-tulang daun berwarna hitam. Penyakit ini menyebabkan bergugurannya daun satu per satu serta menyebabkan busuk kering yang akan berubah menjadi busuk basah yang memiliki bau tidak sedap dikarena serangan jasad sekunder. Bakteri akan masuk kedalam tanaman melalui pori air (hidatoda, emisaria) yang terdapat pada ujung-ujung berkas pembuluh di tepi-tepi daun (Semangun, 2004).

II.4.2 Jamur *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum menyebabkan penyakit vaskular pada berbagai tumbuhan inang yang biasa dikenal sebagai layu, busuk akar, atau kuning. Jamur biasanya memiliki kisaran inang yang sangat terbatas tetapi pada jamur ini memiliki kisaran inang yang sangat luas, dan jamur ini paling banyak menyerang familia Brassicaceae berdasarkan spesifik patogenisitas pada tanaman inang. Saat ini telah diidentifikasi sekitar 150 tanaman inang yang menjadi tujuan spesifik dari jamur *Fusarium oxysporum* (Enya, *et al*, 2008).

Dari luasnya kisaran inang yang dimiliki oleh jamur *Fusarium oxysporum* ini dapat menyebabkan kerugian yang besar hingga 80% dan akan bertambah hingga mencapai 100% jika kondisi mendukung untuk perkembangan dari jamur patogen ini (Djafaruddin dalam Zulfia, 2017). Karakteristik morfologi makroskopis dari *Fusarium oxysporum* yakni memiliki miselium yang seperti kapas berwarna putih dimana miselium ini semakin tua akan berubah warna menjadi ungu muda. Sebaliknya, koloni dari jamur *Fusarium oxysporum* akan berwarna putih keunguan. Jamur *Fusarium oxysporum* tidak berpigmentasi saat tumbuh pada media serta tidak terdapat garis radier. Ciri mikroskopis dari jamur *Fusarium oxysporum* diantaranya konidiofornya bercabang dan tidak bercabang dengan monofialid. Mikrokonidia bersepta 0-1 berbentuk ovoid hingga silindris berukuran $(4,7-9,3) \times (2,2-3,1) \mu\text{m}$. Makrokonidia tidak ditemukan. Serta terdapat khlamidospora dalam hifa berwarna hialin yang terletak interkalar (Andriastini, dkk, 2018).

II.5 Pengawet

Pengawet merupakan senyawa yang dapat menghambat tumbuhnya mikroba pada bahan makanan sehingga proses penguraian, pembusukan, pengasaman atau kerusakan lain yang tidak diinginkan pada makanan tidak dapat terjadi. Tujuan dari pengawetan selain dari menghambat tumbuhnya mikroba yakni untuk memperpanjang umur simpan dari bahan makanan serta tetap tidak menurunkan kualitas dari bahan makanan tersebut. Pengawet pada umumnya merupakan senyawa kimia yang termasuk sebagai zat asing yang akan dikonsumsi bersamaan dengan bahan makanan. Maka dari itu diperlukan pengaturan dosis serta jenis dari pengawet yang akan digunakan agar tidak menyebabkan kerusakan bagi tubuh. Kerusakan dapat diakibatkan oleh terakumulasinya bahan pengawet yang telah dikonsumsi masuk ke dalam organ tubuh dan akan bersifat karsinogenik (Cholifah, dkk, 2017).

Bahan pengawet lebih sering digunakan pada bahan makanan yang mudah mengalami kerusakan walaupun banyak pula produsen yang menggunakan bahan pengawet pada bahan makanan yang tergolong awet dengan tujuan untuk memperpanjang masa simpan dari bahan makanan tersebut. Dikarenakan bahan pangan memiliki sifat yang berbeda untuk setiap jenisnya maka mikroba perusak yang akan dihambat oleh pengawet juga berbeda-beda. Maka dari itu jenis atau bahan pengawet tertentu lebih efektif pada bahan makanan tertentu pula, dan belum tentu untuk jenis pengawet yang sama akan efektif pada bahan makanan lainnya (Tahir, dkk, 2019)

Terdapat dua golongan pengawet yakni zat pengawet organik dan zat pengawet anorganik. Pengawet organik yang sering digunakan yakni asam propionate, asam benzoate, asam sorbet, asam asetat dan bahan lainnya. Bahan pengawet organik ini dapat berbentuk asam maupun berbentuk garam. Sedangkan Pengawet anorganik yang banyak digunakan antara lain hidrogen peroksida, sulfit, nitrat serta nitrit. Penggunaan pengawet organik lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan pengawet anorganik dikarenakan pengawet organik lebih mudah untuk dibuat (Tahir, dkk, 2019).

Berdasarkan sumber asalnya, pengawet dibedakan menjadi 2 jenis antara lain pengawet alami dan pengawet buatan (sintetis). Pengawet alami merupakan senyawa kimia yang diekstraksi langsung dari sumber yang alami yang memiliki kemampuan untuk menjaga ketahanan bahan makanan dari pertumbuhan mikroba. Contoh dari pengawet alami ini yakni senyawa fenolik, flavonoid, dan lain-lain. Pengawet buatan atau sintetis merupakan bahan pengawet yang terbuat dari bahan kimia sintetis yang memiliki kegunaan untuk mencegah pembusukan serta kontaminasi dari mikroba (Kusnasdi, 2018). Penggunaan bahan pengawet sintetis melebihi dari dosis yang telah ditentukan dapat berpotensi untuk meracuni tubuh manusia jika dikonsumsi secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama (Palupi dan Nugraha, 2014).

Pengawetan makanan dengan memanfaatkan bahan pengawet dapat dibedakan menjadi 3 jenis yakni GRAS (Generally Recognized As Safe), ADI (Acceptable Daily Intake), dan Pengawet yang tidak layak konsumsi. Adapun yang dimaksud dengan GRAS (Generally Recognized As Safe) adalah pengawetan yang memiliki

sifat alami, serta tidak menimbulkan efek racun pada tubuh. ADI (Acceptable Daily Intake) merupakan pengawetan yang disesuaikan batas penggunaan hariannya untuk kesehatan dari konsumen. Pengawet yang tidak layak konsumsi yang ada dasarnya tidak diperuntukkan untuk bahan makanan atau minuman seperti boraks dan formalin (Rahmawati, dkk, 2014)

II. 6 Senyawa Asam Heksadekanoat atau Asam palmitat

Berdasarkan terdapat atau tidaknya ikatan rangkap suatu asam lemak pada struktur dasar rantai hidrokarbonnya, maka asam lemak dapat bedakan menjadi 2 yakni asam lemak tak jenuh dan asam lemak jenuh. Pada asam lemak tak jenuh terdapat minimal satu ikatan rangkap yang berbeda memiliki sifat kimia dengan berbedanya jumlah serta posisi dari ikatan rangkapnya. Pada rantai hidrokarbonnya asam lemak jenuh tidak terdapat ikatan rangkap dan pada umumnya memiliki sifat *semi soil* sampai *soil* atau padat terutama pada asam-asam lemak jenuh yang memiliki jumlah karbon diatas 12 (Maulinda, dkk, 2017)

Asam heksadekanoat merupakan salah satu dari asam lemak jenuh. Asam heksadekanoat merupakan asam lemak yang paling umum dijumpai karena dapat ditemukan pada tubuh manusia serta terdapat pula pada makanan atau merupakan hasil awal biosintesis secara endogen dari asam lemak, karbohidrat dan asam amino. Asam heksadekanoat mempunyai rantai panjang yang tersusun dari 16 atom karbon dengan rumus $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ yang tersusun dalam bentuk trigliserida (Carla, *et al*, 2017). Senyawa asam lemak baik yang bersifat jenuh maupun tidak jenuh dengan

rantai panjang pada asam lemak yang terdiri dari C₁₂-C₂₂ memiliki aktivitas antimikroba dibandingkan dengan asam lemak yang memiliki jumlah atom karbon kurang dari 12 (Murhadi, 2009). Asam heksadekanoat mewakili 20% hingga 30% dari total asam lemak yang terdapat dalam membran fosfolipid dan triasilgliserol. Titik cair atau melting point yang dimiliki oleh asam heksadekanoat ialah 64°C yang menyebabkan asam heksadekanoat tahan terhadap oksidasi atau ketengikan dibandingkan dengan asam yang lainnya. Asam heksadekanoat banyak terdapat pada minyak sawit dengan total lemak sebanyak 44%. Asam heksadekanoat juga signifikan ditemui pada daging dan produk susu dengan total lemak mencapai 50-60%. Sedangkan pada ASI terdapat sebanyak asam heksadekanoat 20-30% dari total lemak (Carla, *et al*, 2017).

II.7 Edible Coating

Edible coating didefinisikan sebagai lapisan yang dapat dikonsumsi yang berfungsi untuk memperpanjang masa simpan buah dan sayur segar guna menghindarkan penurunan mutu dari buah dan sayur (Prasetyo dan Laia, 2018). Pelapis yang dapat dimakan ini telah muncul sebagai teknologi baru untuk perawatan yang aman serta peningkatan kualitas buah segar dengan penerapannya segera setelah panen untuk mengurangi kehilangan air dan kerusakan mekanis serta kerusakan yang disebabkan oleh mikroba, dan menunda penuaan. Pelapis yang digunakan sebagai pengawetan buah-buahan dan sayur harus memiliki sifat permeabilitas gas yang seimbang secara tepat untuk pertukaran normal CO₂ dan O₂, permeabilitas terbatas

terhadap uap air untuk menghambat keluarnya uap air, memiliki aktivitas antimikroba, serta daya rekat yang baik ke permukaan buah dan sayur (Garcia, *et al*, 2018).

Selama ini, *edible coating* yang sering digunakan ialah lapisan film dari lipid yang terbuat dari monogliserida asetat, lilin (lilin lebah, car-nauba dan lilin candelilla, parafin dan dedak padi) serta surfaktan. Lapisan ini digunakan untuk mengontrol kelembaban transportasi dan permeabilitas O₂ dan CO₂ dan untuk mengurangi pengikisan pada buah dan sayur selama penanganan pasca panen (Vargas, *et al*, 2008). Lapisan ini merupakan alternatif alami yang tidak merusak lingkungan dan telah memenuhi kriteria GRAS (Generally Recognized As Safe) yang ditentukan oleh FDA untuk bahan kemasan makanan dan tidak menimbulkan efek racun pada tubuh (Tresivani, *et al*, 2017)

Menurut komposisinya, *edible coating* sering diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yakni polisakarida, protein, dan lipid sebagai senyawa utamanya. Pelapisan berdasarkan polisakarida dicirikan dengan memberikan penghalang kelembaban minimum, sedangkan gas sifat penghalang menginduksi modifikasi atmosfer yang diinginkan dan meningkatkan umur simpan tanpa penciptaan kondisi anaerobik yang parah. Polisakarida yang biasa digunakan dalam *edible coating* adalah pati, dekstrin, pektin, selulosa dan turunannya, kitosan, alginat, karagenan, gellan, dll (Garcia, *et al*, 2018).

Gliserol digunakan secara efektif sebagai *plasticizer* atau bahan pemlastis dalam film hidrofilik, seperti pektin, pati, gelatin, serta dalam pembentukan film

biodegradable berbasis protein (Araujo-Farro *et al*, 2010 dalam Siskawardani, *et al*, 2019). Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan bahan polimer dasar dengan mengurangi interaksi antarmolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas *edible coating* (Ghasemlou, *et al*, 2011 dalam Siskawardani, *et al*, 2019). Penambahan *plasticizer* sangat penting untuk mengatasi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas *edible coating*. Penambahan *plasticizer* dapat menurunkan gaya antar molekul dari panjang rantai polimer, tetapi meningkatkan fleksibilitas (Siskawardani, *et al*, 2019).

II.8 Metode Difusi Agar

Antimikroba merupakan suatu zat atau komponen yang dapat menghambat atau mematikan pertumbuhan mikroorganisme. Terdapat 2 agen yakni agen yang dapat membunuh mikroorganisme atau dengan istilah lain agen sidal serta agen yang dapat menghambat pertumbuhan dari mikroorganisme atau yang disebut agen statis. Terdapat 5 mekanisme kerja dari zat antimikroba dengan mengganggu bagian-bagian tertentu yang peka didalam sel yakni antimikroba menghambat metabolisme sel, antimikroba menghambat sintesis protein, antimikroba menghambat sintesis dinding sel, antimikroba menghambat permeabilitas membran sel, serta antimikroba merusak asam nukleat dan protein (Maligan, dkk, 2016).

Berbagai metode laboratorium dapat digunakan untuk mengevaluasi atau menyaring aktivitas antimikroba *in vitro* dari suatu ekstrak atau senyawa murni. Metode yang paling dikenal dan paling dasar adalah metode difusi cakram. Metode

lainnya yang digunakan terutama untuk pengujian antijamur, seperti pada makanan beracun. Untuk mempelajari lebih lanjut efek antimikroba dari suatu agen, uji time-kill atau waktu menghambat serta membunuh yang memberikan informasi tentang sifat dari efek hibitory seperti bakterisidal atau bakteriostatik sangat dibutuhkan, bergantung pada waktu atau tergantung konsentrasi, dan kerusakan sel yang ditimbulkan pada pengujian mikroorganisme (Balouiri, *et al*, 2016).

Salah satu metode yang digunakan untuk menguji aktivitas antimikroba ialah metode difusi agar. Metode difusi agar menggunakan sumuran banyak digunakan untuk mengetahui aktivitas antimikroba tanaman atau ekstrak mikroba lainnya. Prinsip prosedur yang digunakan menyerupai metode difusi cakram, tetapi dengan menggunakan pelat pada agar yang kemudian diinokulasi dengan menyebarkan volume mikroba keseluruhan permukaan lapisan base agar. Kemudian dibuat lubang dengan diameter berukuran 6 sampai 8 mm dilubangi secara aseptik dengan menggunakan pencadang, dan volume (20-100 μ L) dari agen antimikroba atau ekstrak larutan pada konsentrasi yang diinginkan dimasukkan ke dalam sumur. Kemudian plate agar diinkubasi dalam kondisi yang sesuai tergantung dari mikroorganisme uji. Agen antimikroba berdifusi masuk kedalam media agar dan menghambat pertumbuhan mikroba (Balouiri, *et al*, 2016).