

**PEMANFAATAN SENYAWA BIOAKTIF HASIL ISOLASI HYDROID
Aglaophenia cupressina Lamoureux SEBAGAI BAHAN
SANITIZER PADA BUAH DAN SAYURAN SEGAR**

**UTILIZATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS ISOLATED FROM
HYDROID *Aglaophenia cupressina* Lamoureux AS A SANITIZER IN
FRESH FRUITS AND VEGETABLES**

**Eva Johannes
P0100309026**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**PEMANFAATAN SENYAWA BIOAKTIF HASIL ISOLASI
HYDROID *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux SEBAGAI BAHAN
SANITIZER PADA BUAH DAN SAYURAN SEGAR**

Disertasi
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

**Program Studi Ilmu Pertanian
Jurusan Teknologi Pangan**

**Disusun dan Diajukan Oleh
Eva Johannes
P0100309026**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

DISERTASI

PEMANFAATAN SENYAWA BIOAKTIF HASIL ISOLASI HYDROID *Aglaophenia cupressina Lamoureux* SEBAGAI BAHAN SANITIZER PADA BUAH DAN SAYURAN SEGAR

Disusun dan diajukan oleh :

EVA JOHANNES

Nomor Pokok : P0100309026

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi

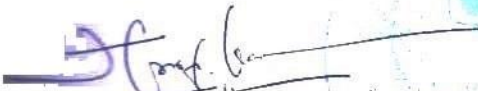
Pada tanggal 02 Juli 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**MENYETUJUI
KOMISI PENASEHAT**



Prof. Dr. Ir. Elly Ishak, M.Sc
Promotor



Prof. Dr. Hanapi Usman, MS
Kopromotor



Dr. Ir. Mariyati Bilang, DEA
Kopromotor

**Direktur Program Pascasarjana /
Plt. Ketua Program Studi Ilmu Pertanian
Universitas Hasanuddin**



Prof. Dr. Ir. Mursalim

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eva Johannes

Nomor Mahasiswa : P0100309026

Program Studi : Ilmu-ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dengan sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, April 2013

Yang menyatakan,

Eva Johannes

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih atas berkat dan anugrahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi yang berjudul Pemanfaatan Senyawa Bioaktif Hasil Isolasi Hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux Sebagai Bahan Sanitizer pada Buah dan Sayuran Segar.

Penulis menyadari, disertasi ini dapat terwujud berkat adanya bimbingan, saran, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Elly Ishak, M.Sc., selaku promotor dan penasehat akademik yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pemikiran, petunjuk, dan dukungan moral bagi penulis mulai dari awal perkuliahan sampai penyelesaian disertasi.
2. Prof. Dr. Hanapi Usman, MS. selaku ko-promotor yang telah banyak meluangkan waktu, memberi bimbingan, pemikiran, sejak dari penelitian dan penulisan thesis hingga kelanjutannya pada penelitian dan penulisan disertasi.
3. Dr. Ir. Mariyati Bilang DEA., juga selaku ko-promotor yang banyak meluangkan waktu, memberi petunjuk dan saran untuk penyempurnaan dan penyelesaian disertasi.

4. Prof. Dr. Ir. Muliati M. Tahir, M.Sc., Prof. Dr. M. Natsir Djide, M.S, Apt., Dr. Eddy Soekandarsi, M.Sc., Dr. Hasnah Natsir, M.Si., selaku anggota tim penguji internal serta Prof. Dr. Guntur Yusuf, M.Si, selaku anggota tim penguji eksternal yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan saran-saran dan koreksi untuk penyempurnaan dan penyelesaian disertasi.
5. Rektor Universitas Hasanuddin, Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin beserta asisten Direktur dan seluruh staf.
6. Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin beserta seluruh Dosen Program Studi Ilmu Pertanian.
7. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan beasiswa BPPS.
8. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pembantu Dekan I F. MIPA, Ketua Jurusan Biologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan pada program S3 di Universitas Hasanuddin.
9. Kepala Laboratorium Kimia Organik F. MIPA UNHAS beserta staf, Kepala Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi F. MIPA UNHAS beserta staf, Kepala Laboratorium Biofarmaka Fakultas Farmasi UNHAS beserta staf, Kepala Laboratorium Mikrobiologi LIPI Cibinong beserta staf, yang telah memberi pelayanan dan petunjuk selama penulis melakukan penelitian disertasi.

10. Rekan-rekan Dosen Jurusan Biologi F. MIPA UNHAS: Dra. Risco B. Gobel, M.Si, Dr. Zohra Hasyim, M.Si, Sri Suhadiyah, M.Agr, Dr. Magdalena Litaay, M.Mar.Sci, Dr. Zaraswaty Dwiyana, M.Si, Dr. A. Masniawati, M.Si, Dr. Syahribulan, M.Si, Dr. Nur Haedar, M.Si yang telah banyak memberikan sumbangan pemikiran dan dukungan doa.
11. Rekan-rekan seperjuangan Ir. Andi Sukaerah, M.Si dan Dra. Indahwidarnasi, M.Si, yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama perkuliahan sampai penyelesaian disertasi.
12. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Biologi FMIPA UNHAS: Fuad Gani, S.Si, Firman Santhy Galung, S.Si, Jamila, S.Si, Janny Jovita, S.Si dan Alfonsus A. Tosari, S.Si, yang telah banyak membantu dalam pengambilan sampel data penelitian di lapangan dan laboratorium.
13. Seluruh pihak yang telah member dukungan dan bantuan, namun tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Johannes (Alm) dan Ibunda Ndora, juga kakak dan adik-adikku atas segala bantuan dan dukungan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan Program S3 di Universitas Hasanuddin.

Secara khusus kepada suami tercinta Evans F. da Costa beserta anak-anakku tersayang, Novi, Efraim dan Edward, buat segala pengertian, kesabaran dan pengorbanan kalian serta dukungan doa kalian, selama perkuliahan sampai penyelesaian disertasi ini.

Kiranya disertasi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan pengetahuan, Amin.

Makassar, April 2013

Eva Johannes

ABSTRAK

EVA JOHANNES. *Pemanfaatan Senyawa Bioaktif Hasil Isolasi Hydroid Aglaophenia cupressina Lamoureaux Sebagai Bahan Sanitizer pada Buah dan Sayuran Segar* (dibimbing oleh Elly Ishak, Hanapi Usman, dan Mariyati Bilang).

Penelitian ini bertujuan: (1) diketahuinya konsentrasi yang tepat dari senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas untuk dapat digunakan sebagai bahan sanitizer, (2) diketahuinya mekanisme kerja asam heksadekanoat dan Aglao E. Unhas dalam merusak struktur morfologi sel-sel uji, (3) diketahuinya sifat toksisitas dari Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas untuk digunakan sebagai bahan sanitizer pada buah dan sayuran segar. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan tahapan: ekstraksi, partisi, isolasi, dan pemurnian. Senyawa murni yang dihasilkan dari uji NMR yaitu Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas yang diduga suatu senyawa baru, selanjutnya diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri *Salmonella thypi* dan *Escherichia coli*, kemudian dilakukan *Scanning Electron Microscop* (SEM) untuk mengetahui kerusakan morfologi sel-sel bakteri tersebut. Berdasarkan uji antibakteri dan toksisitas terhadap mencit, maka konsentrasi 30 bpj digunakan sebagai konsentrasi bahan pencuci pada buah strawberi, mangga, sayuran selada dan wortel.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Asam Heksadekanoat dengan konsentrasi 30 bpj bersifat antibakteri, sehingga ketika digunakan sebagai sanitizer mampu menurunkan jumlah bakteri pada strawberi, selada dan wortel, serta dapat memperpanjang masa simpan strawberi, selada dan wortel sampai 7 hari pada suhu refrigerator (10°C). Demikian pula dengan Aglao E. Unhas dapat digunakan sebagai sanitizer, bersifat antimikroba, mampu menurunkan jumlah bakteri pada strawberi, selada dan wortel, serta menurunkan jumlah jamur pada mangga sehingga memperpanjang masa simpan strawberi, selada, wortel dan mangga sampai 7 hari pada suhu refrigerator (10°C).

Kata kunci : senyawa bioaktif, isolasi, hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux, sanitizer.

ABSTRACT

EVA JOHANNES. *The Utilization of Bioactive Compounds Isolated from Hydroid Aglaophenia cupressina Lamoureaux as Sanitizers in Fresh Fruits and Vegetables* (Supervised by Elly Ishak, Hanapi Usman, and Mariyati Bilang).

This study was aimed: (1) to determine the appropriate concentrations of hexadecanoic acid and Aglao E. Unhas to be used as sanitizers, (2) to investigate the mechanisms by which hexadecanoic acid and Aglao E. Unhas can damage the morphological structure of experimental cells, (3) to evaluate the toxicity of hexadecanoic acid and Aglao E. Unhas as sanitizers in fresh fruits and vegetables. This study was an experimental study involving several steps: extraction, partition, isolation, and purification. The resulting pure compounds from NMR test were hexadecanoic acid and Aglao E. Unhas, with the latter presumed as a novel compound. These compounds were tested for their bioactivity against *Salmonella typhi* and *Escherichia coli*, and a scanning electron microscopy (SEM) evaluation was then performed to define the morphological damage of the bacterial cells. According to antibacterial and toxicity test in mice, the concentration of 30 ppm was used as sanitizer in strawberry, mango, lettuce, and carrot.

Research results indicated that Hexadecanoic Acid with concentration of 30 ppm can be used as sanitizer because it is capable of reducing the bacterial load in strawberry, lettuce and carrot by lengthening the storage time of strawberry, lettuce and carrot up to 7 days at refrigerator temperature (10°C). Accordingly, Aglao E. Unhas can be used as sanitizer, capable of reducing bacterial load in strawberry, lettuce, and carrot, and reducing the fungal load in mango and lengthening the storage time of strawberry, lettuce, carrot, and mango up to 7 days at refrigerator temperature (10°C).

Keywords: bioactive compound, isolation, hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux, sanitizer.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Hydroid.....	7
B. Senyawa Bioaktif.....	10
C. Kandungan Kimia Hydroid.....	11

D. Bakteri Patogen.....	16
E. Senyawa Antimikroba.....	24
F. Sanitizer.....	30
G. Kerangka Pikir dan Hipotesis.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
A. Alat dan Bahan.....	37
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	38
C. Prosedur Kerja.....	38
D. Analisis Data.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil.....	48
Tahap I.....	48
Tahap II.....	52
Tahap III.....	53
B. Pembahasan.....	83
1. Aktivitas Antibakteri.....	83
2. Uji Toksisitas Senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas terhadap Mencit.....	87
3. Uji Mikrobiologis pada Buah dan Sayuran.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	102
A. Kesimpulan.....	102
B. Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....	104
LAMPIRAN.....	108

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1.	Jumlah Mikroba pada Beberapa Jenis Sayuran Segar..... 23
2.	Hasil Pengukuran Bioaktivitas Asam Heksadekanoat dari Isolat Hydroid <i>A. cupressina</i> Lamoureaux Sebagai Antibakteri Terhadap <i>S. typhi</i> dan <i>E. Coli</i> 48
3.	Hasil Pengukuran Bioaktivitas Aglao E. Unhas Dari Isolat Hydroid <i>A. cupressina</i> Lamoureaux Sebagai Antibakteri Terhadap <i>S. typhi</i> dan <i>E. coli</i> 49
4.	Jumlah Bakteri pada Buah Strawberi dengan Senyawa Asam Heksadekanoat 30 bpj..... 53
5.	Jumlah Bakteri pada Buah Strawberi dengan Senyawa Aglao E. Unhas 30 ppm..... 55
6.	Jumlah Bakteri pada Selada dengan Senyawa Asam Heksadekanoat 30 bpj..... 58
7.	Jumlah Bakteri pada Selada dengan Senyawa Aglao E. Unhas 30 bpj..... 60
8.	Jumlah Bakteri pada Wortel dengan Senyawa Asam Heksadekanoat 30 bpj..... 63
9.	Jumlah Bakteri pada Wortel dengan Senyawa Aglao E. Unhas 30 bpj..... 65
10.	Jumlah Jamur yang Tumbuh Setelah 48 Jam pada Mangga Tanpa Perendaman (Kontrol) dan Mangga dengan Perendaman Asam Heksadekanoat 30 bpj (Uji Awal)..... 68
11.	Jumlah Jamur yang Tumbuh Setelah 48 Jam pada Mangga Tanpa Perendaman (Kontrol) dan Mangga dengan Perendaman Aglao E. Unhas 30 bpj (Uji Awal)..... 70
12.	Hasil Uji Tukey Terhadap Faktor Hari Penyimpanan..... 74
13.	Hasil Uji Tukey Terhadap Faktor Jenis Buah dan Sayuran..... 76

14.	Hasil Uji Tukey Terhadap Faktor Hari Penyimpanan.....	76
15.	Hasil Uji <i>t</i> untuk Rata-Rata Jumlah Bakteri pada Strawberi, Selada dan Wortel dengan Perendaman Asam Heksadekanoat.....	77
16.	Hasil Uji Tukey Terhadap Faktor Hari Penyimpanan.....	79
17.	Hasil Uji <i>t</i> untuk Rata-Rata Jumlah Bakteri pada Strawberi, Selada dan wortel dengan perendaman Aglao E. Unhas 30 ppm.....	80
18.	Hasil Uji <i>t</i> Paired Sampel Kandungan Jamur pada Buah Mangga dengan Asam Heksadekanoat 30 ppm.....	81
19.	Hasil Uji <i>t</i> Paired Sampel Kandungan Jamur pada Buah Mangga dengan Aglao E. Unhas 30 ppm.....	82

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Hydroid.....	10
2. Asam Heksadekanoat.....	12
3. Aglao E. Unhas.....	14
4. β -sitosterol.....	16
5. Struktur tubuh <i>E. coli</i>	18
6. <i>Salmonella typhi</i>	21
7. Dinding Sel Bakteri Gram Positif, Gram Negatif dan Membran Sel....	27
8. Hasil SEM Senyawa Asam Heksadekanoat Isolat dari Hydroid <i>A. cupressina</i> Lamoureux terhadap Bakteri <i>E. coli</i>	51
9. Hasil SEM Senyawa Aglao E. Unhas Isolat dari Hydroid <i>A.</i> <i>Cupressina</i> Lamoureux terhadap Bakteri <i>E. coli</i>	51
10. Grafik Jumlah Bakteri pada Buah Strawberi Setelah Direndam Asam Heksadekanoat 30 bpj.....	54
11. Grafik Jumlah Bakteri pada Buah Strawberi Setelah Direndam Aglao E. Unhas 30 bpj.....	56
12. Grafik Jumlah Bakteri pada Sayur Selada Setelah Direndam Asam Heksadekanoat 30 bpj.....	59
13. Grafik Jumlah Bakteri pada Sayur Selada Setelah Direndam dengan Aglao E. Unhas 30 bpj.....	61
14. Grafik Jumlah Bakteri pada Wortel Setelah Direndam dengan Asam Heksadekanoat 30 bpj.....	64
15. Grafik Jumlah Bakteri pada Wortel Setelah Direndam dengan Aglao E. Unhas 30 bpj.....	66
16. Grafik Jumlah Jamur pada Mangga dengan Perendaman Asam Heksadekanoat 30 bpj.....	69

17. Grafik jumlah jamur pada mangga dengan perendaman Aglao E. Unhas 30 bpj.....	71
18. Mekanisme Reaksi Senyawa Kimia Dinding Sel Bakteri dengan Asam Heksadekanoat.....	84
19. Mekanisme Reaksi Senyawa Kimia Dinding Sel Bakteri dengan Aglao E. Unhas.....	86
20. Mekanisme Reaksi Senyawa Kimia Dinding Sel Jamur dengan Asam Heksadekanoat.....	97
21. Mekanisme Reaksi Senyawa Kimia Dinding Sel Jamur dengan Aglao E. Unhas.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Skema Kerja.....	108
2. Gambar Spektrum $^1\text{HNMR}$ dan $^{13}\text{CNMR}$ Senyawa Asam heksadekanoat.....	109
3. Gambar Spektrum $^1\text{HNMR}$ dan $^{13}\text{CNMR}$ Senyawa Aglao E. Unhas.....	110
4. Gambar <i>E. coli</i> dengan Pemberian Asam Heksadekanoat dengan Masa Inkubasi 24 dan 48 jam.....	111
5. Gambar <i>S. thypi</i> dengan Pemberian Asam Heksadekanoat dengan Masa Inkubasi 24 dan 48 jam.....	112
6. Gambar <i>E. coli</i> dengan Pemberian Aglao E. Unhas dengan Masa Inkubasi 24 dan 48 jam.....	113
7. Gambar <i>S. thypi</i> dengan Pemberian Aglao E. Unhas dengan Masa Inkubasi 24 dan 48 Jam.....	114
8. Pemberian Peroral Asam Heksadekanoat Terhadap Mencit.....	115
9. Pemberian Peroral Aglao E. Unhas Terhadap Mencit.....	116
10. Tabel Pemberian Peroral Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas pada Mencit.....	117
11. Tabel Hasil Analisis Varians (ANOVA) terhadap Jumlah Bakteri pada Kontrol.....	118
12. Tabel Hasil Analisis Varians (ANOVA) terhadap Jumlah Bakteri dengan Asam Heksadekanoat 30 ppm.....	119
13. Tabel Hasil Analisis Varians (ANOVA) terhadap Jumlah Bakteri dengan Aglao E. Unhas 30 ppm.....	120
14. Gambar Dinding Sel Jamur dan Struktur Molekul Kitin.....	121
15. Gambar Dinding Sel Bakteri Gram Negatif dan Struktur Kimia Lipopolisakarida.....	122

16. Gambar Strowberi pada Suhu Kamar: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol) Hari Ke-3, (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat Hari Ke-4, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas Hari Ke-3 123
17. Gambar Strowberi pada Suhu Refrigerator (10⁰C): (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol) Hari Ke-5, (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat Hari Ke-7, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas Hari Ke-7..... 124
18. Gambar Selada pada Suhu Kamar: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol) Hari Ke-4, (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat Hari ke-4, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas Hari ke-3..... 125
19. Gambar Selada pada Suhu Refrigerator (10⁰C) hari ke-7: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol), (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas..... 126
20. Gambar Wortel pada Suhu Kamar: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol) Hari Ke-5, (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat Hari Ke-7, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas Hari Ke-5..... 127
21. Gambar Wortel pada Suhu Refrigerator (10⁰C) hari Ke-7: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol), (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas..... 128
22. Gambar Mangga pada Suhu Kamar: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol) Hari Ke-5, (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat Hari Ke-7, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas Hari Ke-7..... 129
23. Gambar Mangga pada Suhu Refrigerator (10⁰C) Hari Ke-7: (a) Tanpa Perlakuan (Kontrol), (b) dengan Perendaman Asam Heksadekanoat, dan (c) dengan Perendaman Aglao E. Unhas..... 130
24. Gambar Jamur pada Buah Mangga 131

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
CFU	Cell for Unit
bpj	Bagian per Juta
LC ₅₀	Lethality Concentration 50% / Konsentrasi Mematikan 50%
BMR	Batas Minimum Residu
KMI	Konsentrasi Minimum Inhibisi
ICMSF	International Commision on Microbiological Specification for Foods
PABA	Para-Aminobenzoat
LDL	Low Density Lipid
GNB	Glukosa Nutrient Broth
GNA	Glukosa Nutrient Agar
DMSO	Dimetilsulfoksida
NB	Nutrient Broth
NA	Nutrient Agar
NaCl	Natrium
SEM	Scanning Electron Microscope
¹³ CNMR	Carbon Nuclear Magnetic Resonance/Spektrum NMR Inti Atom Karbon
¹ HNMR	Hydrogen Nuclear Magnetic Resonance/Spektrum NMR Inti Atom Hidrogen (proton)
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
Olg	Oligosacharida
KLT	Kromatografi Lapis Tipis
KKV	Kromatografi Kolom Vakum
KKT	Kromatografi Kolom Tekan
KKG	Kromatografi Kolom Gravitasi
BST	Brine Shrimp Lethality Test
IC ₅₀	Inhibition Concentration 50% / Konsentrasi Penghambatan 50%

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aspek mutu dan keamanan pangan sampai saat ini masih menjadi salah satu masalah utama dalam produksi dan pemasaran buah dan sayuran segar. Mutu buah dan sayuran yang tidak konsisten dengan tingkat kontaminan yang cukup tinggi, merugikan perdagangan komoditas tersebut di pasar regional maupun internasional (Balai Pengawasan Obat dan Makanan, 2004).

Kasus penolakan produk pangan dari Indonesia 80% karena kotor atau tidak higienis menunjukkan bahwa penanganan keamanan pangan di Indonesia belum optimal (Media Indonesia, 2005). Minimnya penerapan teknologi produksi dan penanganan pascapanen buah dan sayuran dengan tingkat kontaminan yang tinggi, mengakibatkan mutu yang tidak konsisten. Jenis kontaminan yang menjadi perhatian utama saat ini adalah mikroba, logam berat dan residu pestisida.

Berbagai penelitian menunjukkan kontaminasi mikroba pada buah dan sayuran lebih dari ketentuan yang dipersyaratkan yaitu 10^6 - 10^7 sel/g sampel pada penanganan ditingkat petani dan pasar tradisional, sedangkan ketentuan yang dipersyaratkan adalah 10^3 sel/g sampel (Isyanti, 2001 *dalam* Winarti C. dan Miskiyah, 2010). Data FDA Amerika

Serikat menunjukkan bahwa penyakit asal pangan yang disebabkan oleh kontaminasi mikroba menempati urutan pertama kemudian racun alami, residu pestisida, dan bahan tambahan pangan (Media Indonesia, 2005).

Kontaminasi mikroba pada buah dan sayuran dapat berasal dari penyemprotan atau air irigasi yang tercemar limbah, tanah dan kotoran hewan yang digunakan sebagai pupuk (Winarti dan Miskiyah, 2010). Mikroba yang sering mencemari buah dan sayuran dan terdapat dalam air irigasi yang tercemar adalah *Salmonella* sp, *Escherichia coli*, dan *Shigella* sp. Kontaminan mikroba akan semakin tinggi diperoleh dari pada bagian tanaman yang ada di dalam tanah atau dekat dengan tanah (Djaafar *et al*, 2007). Sebagai contoh tingkat kontaminan mikroba *Escherichia coli* pada sayur segar relatif tinggi misalnya: pada kubis $2,6 \times 10^6$ sel sampai $8,0 \times 10^7$ sel/g, pada tanaman tomat $2,0 \times 10^5$ sel sampai $2,6 \times 10^6$ sel/g, wortel $1,8 \times 10^6$ sel sampai $1,2 \times 10^8$ sel/g, selada $3,63 \times 10^4$ sel sampai $2,09 \times 10^7$ sel/g (BSN, 2009b).

Marriot *dalam* Winarti dan Miskiyah (2010) melaporkan bahwa, *Salmonella* sp yang menyebabkan penyakit Salmonellosis dapat tumbuh dan memproduksi *enterotoksin* dalam jumlah bakteri 10^5 - 10^{10} sel/g. Salmonellosis pada manusia dapat timbul 8-72 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi. Sedangkan beberapa strain *E. coli* dapat menimbulkan penyakit pada manusia dan hewan dengan memproduksi enterotoksin, dan dapat bertahan hidup dalam waktu yang cukup lama. Sulaeman dan Nisa (2005) melaporkan pula bahwa tingkat cemaran *E.*

coli pada selada, wortel, dan tomat dari Bogor cukup tinggi, yaitu $5,80 \times 10^1$ hingga $1,80 \times 10^3$ CFU/g, dilain pihak persyaratan kontaminasi *E. coli* dalam produk pangan harus negatif (Badan Pengawasan Obat dan Makanan, 2004).

Sapers (2001) menyatakan bahwa kontaminasi mikroba patogen pada bahan pangan terjadi mulai dari tahap panen, pascapanen, pengepakan, pengolahan, distribusi hingga pemasaran. Selanjutnya untuk mengatasi kontaminan pada buah dan sayuran segar tidak cukup hanya mengetahui tingkat kontaminasinya, tetapi dibutuhkan upaya lain yaitu mengaplikasikan sanitizer yang terbukti efektif telah menurunkan mikroba kontaminan serta aman bagi kesehatan.

Suatu bahan dapat digunakan sebagai bahan sanitizer jika memenuhi persyaratan seperti toksisitasnya dapat diterima dan residunya pada produk akhir tidak membahayakan kesehatan manusia. Selain itu efektifitas sanitizer, dipengaruhi oleh faktor fisik-kimia seperti waktu kontak, suhu, konsentrasi, pH, kesadahan air, kemampuan menginaktifkan mikroba (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008). Beberapa jenis sanitizer yang telah digunakan di pasaran adalah klorin, hydrogen peroksida, serta kombinasi larutan klorin dalam bentuk natrium hipoklorit (NaOCl) dan asam asetat (Winarti dan Miskiyah, 2010). Saat ini klorin dengan konsentrasi 100-200 bpj telah digunakan dalam larutan untuk pencuci buah dan sayuran karena terbukti menyebabkan beberapa jenis bakteri menjadi tidak aktif, dan mengurangi cemaran *E. coli* (Warta

Pertanian dan Pengembangan Pertanian, 2008). Meskipun pembersih klorin yang populer dan secara intensif telah digunakan dalam industri pangan, namun masalah kesehatan masyarakat tentang kemungkinan terbentuknya senyawa organik terklorinasi, seperti kloramin dan trihalometan dan munculnya patogen baru yang lebih toleran, telah menimbulkan keraguan dalam penggunaan klorin terutama oleh industri buah dan sayuran segar (Singh *et al*, 2002 *dalam* Zacharia *et al*, 2010). Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan alternatif lain, diantaranya adalah dengan mengisolasi senyawa bioaktif dari bahan alam laut, yang sifatnya aman bagi kesehatan tetapi juga mampu menginaktifkan bakteri yang mencemari bahan makanan (Joana *et al*, 2011).

Hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux adalah hewan invertebrata yang mengandung berbagai senyawa aktif diantaranya adalah histamine, tridentatol A yang merupakan suatu antioksidan kuat terhadap lipid peroksida dari LDL dan secara signifikan lebih potensial dari vitamin E (Johnson *et al*, 1999).

Hasil penelitian Johannes (2008), menemukan senyawa bioaktif dari isolasi hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux memiliki sifat antimikroba, yang dapat dikembangkan sebagai bahan dasar sanitizer yang diperoleh dari bahan alam yaitu biota laut. Senyawa yang ditemukan tersebut adalah senyawa dari golongan asam karboksilat yaitu Asam Heksadekanoat (1%) dengan sifat bakteriostatik (terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypi*), dan golongan alkaloid yang sementara ini

diberi nama Aglao E. Unhas (1%) diduga suatu senyawa baru yang memiliki sifat bakteriostatik (terhadap *S. aureus* dan *S. thypi*), dan fungistatik (terhadap jamur *Candida albicans* dan *Malazesia furfur*). Selanjutnya Suada dan Ni Wayan Suniti (2010) membuktikan bahwa ekstrak kasar *Aglaophenia sp* (0,05%) mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum f. sp. vanillae*. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan, sehingga senyawa bioaktif dari hydroid yang akan digunakan sebagai bahan sanitizer harus memenuhi standar sanitizer yang diinginkan.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka peneliti melakukan isolasi senyawa bioaktif dari hydroid, sebagai bahan dasar sanitizer untuk buah dan sayuran. Selanjutnya dilakukan penentuan konsentrasi yang tepat dalam menghambat dan merusak struktur sel bakteri. Begitupula akan diuji sifat toksisitas secara *in vivo* dan kelarutannya dalam air.

B. Rumusan Masalah

1. Pada konsentrasi berapakah senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas dapat digunakan sebagai bahan sanitizer?
2. Bagaimana mekanisme kerja senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas dalam merusak morfologi sel-sel uji?
3. Bagaimana tingkat dan sifat toksisitas dari senyawa Asam Heksadekanoat serta Aglao E. Unhas untuk dapat digunakan sebagai bahan sanitizer pada buah dan sayur segar?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi yang tepat dari senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas untuk dapat digunakan sebagai bahan sanitizer dan memperpanjang masa simpan buah dan sayuran.
2. Mengetahui mekanisme kerja Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas dalam merusak struktur morfologi sel-sel uji.
3. Mengetahui sifat toksisitas dari Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas untuk digunakan sebagai bahan sanitizer pada buah dan sayuran segar.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan informasi tentang sifat bioaktif senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao E. Unhas sebagai bahan sanitiser pada buah dan sayuran segar.
2. Memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan khususnya ilmu Teknologi Pangan.
3. Memberi pengalaman secara praktis dan teoritis bagi peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. HYDROID

Hydroid termasuk filum Cnidaria (Coelenterata), bagian permukaan nampak berbulu menyerupai tumbuhan pakis dengan cabang yang banyak. Polip tersusun sangat rapat, pendek dan berhadapan terlihat lebat. Koloni berwarna coklat kekuningan dan melekat pada spons, alga, dan terumbu karang. Spesies ini melepaskan nematosit, mengandung zat-zat toksik, menyebabkan rasa gatal bahkan iritasi pada kulit yang sensitif sesaat setelah kontak. Racun pada nematosit tersusun dalam sebuah kapsul, terdapat pada banyak tentakel dan terdiri atas bahan yang mirip kolagen. Racun dikeluarkan melalui kapsul nematosit yang panjang, merupakan alat untuk menangkap mangsa dan pertahanan diri. Zat toksik pada nematokis yang telah diketahui antara lain: histamin, liberator histamin dan protein (Paradisi *et al*, 2006). Kelompok invertebrata laut mencakup lebih dari 11.000 spesies, 7500 diantaranya termasuk dalam filum Cnidaria dan kelas Anthozoa, memiliki senyawa bioaktif yang paling menjanjikan untuk diisolasi bagi kepentingan pengobatan penyakit manusia (Joana *et al*, 2011).

1. Aspek Biologi Hydroid

Hydroid termasuk dalam kelas Hydrozoa, mempunyai kurang lebih 700 jenis, karena ukuran tubuhnya umumnya kecil dan penampakannya

seperti tumbuhan, maka kebanyakan orang tidak mengetahui keberadaannya sebagai hewan. Silkus hidupnya dikenal sebagai bentuk polip sehingga disebut hydroid. Ditemukan hidup berkoloni melekat pada suatu tempat dengan menggunakan bagian tubuh berbentuk seperti batang yang disebut hydrocaulus yang dapat tumbuh membentuk beratus-ratus cabang. Koloni hydroid dapat bersifat polimorfisme yaitu dalam satu koloni terdapat lebih dari satu jenis polip. Masing-masing polip memiliki peranan berbeda-beda.

Hydran atau gastrozoid adalah polip yang berperan menyediakan nutrisi untuk koloninya yang dilengkapi dengan mulut dan tentakel untuk menangkap makanan. Gonozoid adalah polip yang berfungsi dalam reproduksi dan kadang dispesialisasikan untuk memproduksi meduzoid. Polip ini tidak dilengkapi dengan tentakel dan mulut. Dactylozoid adalah polip yang berperan dalam perlindungan diri dilengkapi dengan cnidocyst dan sel adhesive (sel perekat), umumnya terdapat disekitar gastrozoid sehingga sering dianggap sebagai gastrozoid (Ruppert *et al*, 1999). Hydroid dapat beregenerasi dari stolon jika bagian tubuhnya dimangsa oleh predator atau akibat tekanan lingkungan maka dengan cepat akan diperbaiki.

Keberadaan hydroid dipengaruhi oleh faktor perkembangan terumbu karang pada tingkat kedalaman, kekeruhan dan cahaya matahari. Jika terlalu dalam atau terlalu keruh, penetrasi cahaya yang diperlukan oleh Zooxantellae untuk berfotosintesis berkurang dan mempengaruhi

kemampuan untuk memproduksi unsur-unsur nutrisi yang diperlukan oleh terumbu karang. Keadaan ini mempengaruhi organisme hydroid yang sangat membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhannya.

Hydroid umumnya ditemukan pada lokasi yang berbeda-beda pada kedalaman 2-15 meter. Pertukaran oksigen dan material-material yang telah disintesis oleh polip tergantung dari hydranth dan hydrorhiza, karena pertukaran tersebut terjadi pada saat hydranth berkontraksi dan sel-sel hydrorhiza mendistribusi makanan ke gastrovaskular. Jika terjadi perubahan suhu mendadak, atau terjadi kekeruhan, kerusakan pada hydrorhiza maka gerakan hydroplasmik akan berhenti untuk sementara. Gerakan hydroplasmik adalah gerakan cairan makanan, oksigen, dan unsur-unsur lain yang telah disintesis oleh polip atau stolon melewati rongga gastrovaskuler (Harris, 1996).

2. Klasifikasi hydroid

Kingdom : Animalia
Filum : Cnidaria (Coelenterata)
Class : Hydrozoa
Ordo : Hydroida
Familia : Plumulariidae
Genus : *Aglaophenia*
Spesies : *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux

Koloni tumbuh tegak lurus, berbulu menyerupai tumbuhan pakis dengan cabang banyak. Polip tersusun rapat, pendek dan berhadapan terlihat lebat. Koloni berwarna coklat kekuningan dan melekat pada spons dan algae. Hydrocaulus berwarna coklat muda, tebal dan keras. Jika tersentuh akan menimbulkan rasa terbakar atau gatal pada kulit. Tinggi koloni kira-kira 22 – 26 cm, ujung koloni membelah dengan adanya dua cabang koloni yang berhadapan dan dapat hidup pada suhu 27° – 30°C.



Gambar 1. Hydroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux (Sumber: Hasil Penelitian, 2012).

B. SENYAWA BIOAKTIF

Senyawa bioaktif adalah senyawa kimia bahan alam yang mempunyai aktivitas biologi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Senyawa ini terdapat secara luas di alam dan tidak terbatas,

hingga saat ini penelusuran dan pencaharian masih terus dilakukan. Banyak senyawa bioaktif berhasil diisolasi dari hewan maupun tumbuhan, berguna sebagai insektisida, peptisida, antifungi, antibakteri, dan antikanker. Bahkan beberapa diantaranya telah dijadikan molekul rujukan “lead compound” dalam industri pada dunia pertanian dan obat-obatan (Rachmaniar, 2003).

Pemisahan komponen kimia dalam ekstrak organisme dapat dilakukan dengan metode isolasi, berdasarkan sifat absorpsi dan partisi dari setiap komponen tertentu.

C. KANDUNGAN KIMIA HYDROID

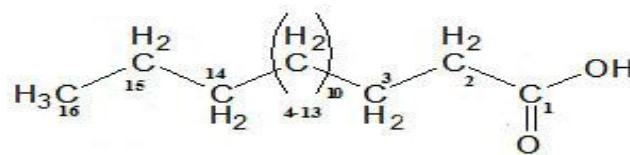
Berbagai senyawa aktif terkandung dalam nematokis hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureaux diantaranya adalah histamin, tridentatol A yang merupakan suatu antioksidan kuat terhadap lipid peroksida dari LDL dan secara signifikan lebih potensial dari vitamin E (Johnson *et al*, 1999).

Hasil penelitian Johannes (2008) dari isolasi dan karakterisasi metabolit sekunder hydroid *A. cupressina* Lamoureaux menemukan tiga golongan senyawa dari fraksi n-heksan yaitu:

1. Asam karboksilat adalah suatu senyawa organik yang mengandung gugus karboksil, $-\text{COOH}$. Gugus karboksil mengandung gugus karbonil dan sebuah gugus hidroksil; antar aksi dari kedua gugus ini mengakibatkan suatu kereaktifan kimia yang unik untuk asam karboksilat (Fessenden, 1997). Wujud dari asam karboksilat

tergantung dari jumlah atom C dan ikatan rangkapnya. Untuk senyawa asam karboksilat yang memiliki atom C kurang dari 10, maka wujud zat tersebut adalah cair pada suhu kamar. Sedangkan asam karboksilat yang memiliki panjang rantai C 10 atau lebih berwujud padat, demikian halnya dengan ikatan rangkap asam karboksilat semakin banyak ikatan rangkapnya semakin rendah titik lelehnya sehingga semakin mencair dalam suhu kamar.

Asam karboksilat dari hasil isolasi hydroid *A. cupressina* Lamoureaux adalah Asam Heksadekanoat berbentuk kristal putih kekuningan, dengan titik leleh 43°C-44°C yang memiliki 16 karbon dan 32 atom hidrogen, memiliki sifat toksisitas sangat tinggi (LC₅₀)= 29,54 µg/ml dan bersifat antibakteri.



Gambar 2. Asam Heksadekanoat (Johannes, 2008).

- Alkaloid adalah senyawa organik yang mengandung sedikitnya satu unsur nitrogen, banyak ditemukan pada tumbuhan, mikroorganisme dan hewan dalam jumlah sedikit. Karena memiliki unsur nitrogen sehingga kelompok senyawa ini bersifat basa dan umumnya berasa pahit. Berdasarkan sifat itulah kelompok senyawa ini diberi nama alkaloid berarti yang berasal dari kata alkalis (Usman, 2012). Kedudukan unsur nitrogen

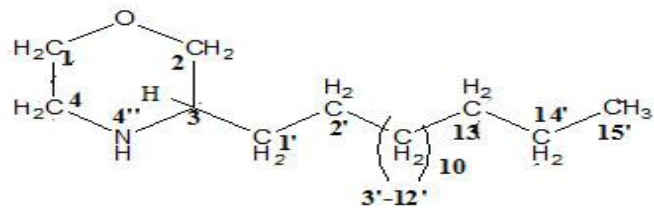
berpengaruh pada tingkat kebasaannya. Menurut Geoffrey dan Taylor (2004), alkaloid umumnya dinyatakan sebagai senyawa basa yang mengandung satu atau lebih nitrogen yang umumnya sebagai cincin heterosiklik. Sehubungan dengan sifat kebasaannya mengakibatkan alkaloid dapat dengan mudah bereaksi dengan asam dan membentuk garam. Karenanya alkaloid alam banyak ditemukan sebagai garam dari berbagai asam organik.

Pada umumnya alkaloid murni berbentuk padatan atau berupa Kristal tidak berwarna. Beberapa diantaranya berupa cairan seperti nikotin dan koniin, juga ada yang berbentuk amorf (Usman, 2012).

Alkaloid memegang peranan penting dalam bidang kesehatan dan biologi, sebagai contoh morfin adalah jenis alkaloid yang dipasarkan secara komersil sejak tahun 1826. Alkaloid yang telah diisolasi dari bahan alam distandarkan menjadi obat adalah aspirin dan kafein (Aziz *et al*, 2004). Menurut Olivia *et al*, (2005) beberapa jenis alkaloid mempunyai aktivitas sebagai antibakteri, antijamur, dan antikanker. Senyawa alkaloid juga telah digunakan sebagai obat penyakit radang dan sembelit (Puel *et al*, 2005).

Senyawa alkaloid yang diisolasi dari *A. cupressina* Lamoureaux, adalah suatu senyawa yang diduga senyawa baru, dan untuk sementara diberi nama Aglao E. Unhas. Berbentuk kristal putih, titik

leleh 55°C-56°C, yang memiliki 15 atom karbon dan 39 atom hydrogen, satu gugus NH dalam cincin heterosiklik, senyawa tersebut memiliki sifat toksisitas cukup tinggi (LC₅₀)=133 µg/ml dan bersifat antimikroba.



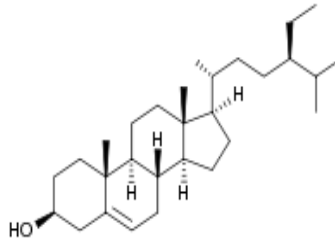
Gambar 3. Aglao E. Unhas (Johannes, 2008).

3. Steroid merupakan senyawa organik alam yang tergolong sebagai metabolit sekunder. Senyawa ini banyak ditemukan pada jaringan tubuh manusia, hewan maupun tumbuhan. Berdasarkan jenis dan organisme yang menghasilkannya, maka steroid dapat dikelompokkan sebagai zoosterol yaitu steroid yang berasal dari manusia dan hewan, fitosterol berasal dari tumbuhan, mikosterol berasal dari jamur dan marinosterol berasal dari organisme laut. Biosintesis steroid merupakan kelanjutan dari triterpen setelah mengalami penyusunan ulang membentuk kerangka siklopentana perhidrofenantren sebagai kerangka dasar dan merupakan ciri khas dari kelompok senyawa sterol. Jalur biogenetik pembentukan kelompok senyawa steroid dikenal sebagai jalur asam mevalonat (Usman, 2012).

Senyawa-senyawa turunan steroid memiliki peran yang sangat penting dalam kelangsungan hidup organisme. Berbagai jenis hormon, asam empedu dan senyawa anabolik adalah turunan steroid (Usman, 2012). Menurut Linder (2006), kolesterol adalah senyawa golongan steroid dan hanya terdapat dalam lemak hewan, mempunyai peranan penting sebagai penyusun plasma sel, lipoprotein plasma dan merupakan prekursor pembentukan asam empedu, hormon-hormon dan vitamin D.

Keragaman struktur molekul steroid dihasilkan melalui transformasi struktur dan gugus fungsi steroid. Dalam hal ini melibatkan berbagai reaksi kimia organik antara lain oksidasi, eliminasi, adisi, kondensasi dan penataan ulang.

Senyawa steroid hasil isolasi dari hydroid *A. cupressina* Lamoureaux adalah β -sitosterol berbentuk kristal putih (bening), titik leleh 138°C-139°C. β -sitosterol memiliki struktur kimia yang hampir sama dengan kolesterol, termasuk zat hipokolesterolemik yang dapat menghambat absorpsi kolesterol oleh darah. Kolesterol yang tidak terabsorpsi oleh darah tersebut kemudian akan terekskresikan keluar tubuh, dan menyebabkan menurunnya kadar kolesterol dalam darah. (Duke dalam Tisnadjaja, 2006).



Gambar 4. β -sitosterol (Usman, 2006).

D. BAKTERI PATOGEN

Bakteri dapat menimbulkan penyakit dengan dua cara yaitu: invasi jaringan dan pembentukan toksin. Pada invasi atau perusakan jaringan, bakteri langsung menginvasi sel epitel mukosa usus sehingga sel epitel rusak, terbuka dan lepas. Mikroba yang menginvasi jaringan dikelompokkan atas mikroba intraseluler dan ekstraseluler (Prescott *et al*, 2002).

Mikroba intraseluler adalah mikroba yang tidak hanya tinggal di dalam sel tetapi dapat hidup dan berkembangbiak dalam sel fagosit. Sel fagosit dapat pula menginaktifkan mikroba serta mencegah terjadinya infeksi. Infeksi tidak terjadi jika mikroba dapat dirusak oleh makrofag. Jika terjadi keseimbangan antara bakteri dan sel fagosit terutama makrofag maka mikroba dapat bertahan dalam keseimbangan ini selama bertahun-tahun (Lay dan Hastowo, 2002). Mikroba ekstraseluler merusak jaringan sewaktu berada di luar sel fagosit. Kelompok mikroba ini tidak memiliki kemampuan untuk tinggal lama dalam sel fagosit. Jika difagositosis, maka mikroba ekstraseluler dihancurkan.

Bakteri yang tidak memiliki kemampuan merusak, menghasilkan eksotoksin. Toksin yang dikeluarkan mengubah ATP menjadi cAMP. cAMP merangsang sekresi cairan usus tanpa menimbulkan kerusakan sel epitel usus. Cairan ini menyebabkan dinding usus akan berkontraksi sehingga terjadi hipermotilitas untuk mengalirkan cairan ke usus besar. Ada juga bakteri yang mampu melakukan kedua infeksi tersebut. Melalui jalur manapun bakteri menginfeksi akan menyebabkan gangguan sehingga kerja usus halus maupun usus besar abnormal (Madigam *et al*, 2008).

Ada tiga cara umum bakteri menginfeksi (Prescott *et al*, 2002).

1. Kemampuan untuk menempel pada dinding mukosa usus. Untuk dapat menyebabkan penyakit, suatu bakteri harus mempunyai kemampuan untuk melekat pada dinding mukosa usus. Sebab jika tidak, bakteri akan terbawa bersama aliran darah. Perlekatan ini dibantu oleh adhesions yaitu suatu protein yang diekspresikan pada permukaan organisme.
2. Kemampuan untuk mensekresikan enterotoksin. Organisme yang bersifat enterotoksigenik memproduksi polipeptida yang menyebabkan diare. Polipeptida telah memiliki sifat sekresi sehingga memicu tubuh untuk mengsekresikannya. Toksin akan disekresi tanpa menyerang sel mukosa usus.
3. Kemampuan untuk menginvasi yang menyebabkan kerusakan pada sel epitel.

1. *Escherichia coli*

Morfologinya berbentuk batang pendek, gram negatif, ukuran 0,4-0,7 μ m x 1,4 μ m, sebagian motil dan berkapsul. Bakteri *E.coli* secara normal terdapat di dalam saluran pencernaan unggas. Sebagian besar bakteri *E. coli* termasuk dalam galur non-patogenik sedangkan serotipe *E. coli* yang patogen sekitar 10-15%. Cara penyerangan: dengan membentuk toksin (toksin yang tahan panas/ST, toksin tidak tahan panas/LT) dan kemampuan melekat pada usus halus. Pembentukan dua macam toksin ini diatur oleh plasmid. *E. coli* penghasil enterotoksin tidak memiliki kemampuan merusak, namun toksin ini diadsorpsi oleh sel epitel. Toksin LT yang tidak tahan panas merangsang adenilsiklase untuk mengubah ATP menjadi cAMP, sehingga mengeluarkan Cl⁻ dan menghambat Na⁺ yang menyebabkan cairan banyak dikeluarkan (Siswadono dan Sukardjo, 2000).



Gambar 5. Struktur tubuh *E. coli* (Madigam et al, 2008).

Bakteri *E. coli* secara normal terdapat pada saluran usus besar/kecil anak-anak dan orang dewasa sehat, dengan jumlahnya dapat mencapai 10^9 CFU/g. Bakteri ini dikenal sebagai mikroba indikator kontaminasi fekal, dan dibagi dalam dua kelompok yaitu: nonpatogenik dan patogenik. Ada empat kelompok patogenik penyebab diare: EPEC (enteropatogenik *E. coli*), ETEC (Enterotoksigenik *E. coli*), EIEC (Enteroinvasif *E. coli*), dan VTEC (*E. coli* penghasil Verotoksin). Penyakit yang disebabkan oleh grup EPEC adalah diare berair yang disertai dengan muntah dan demam. Diare sering bersifat sembuh sendiri, tapi EPEC dapat menyebabkan enteritis kronis yang berkepanjangan yang mengganggu pertumbuhan. EPEC umumnya dikaitkan dengan penyakit pada bayi dan anak-anak dibawah usia 3 tahun (Madigam *et al*, 2008).

Penyakit yang disebabkan oleh ETEC merupakan diare berair dengan kejang perut, demam, malaise dan muntah. Dalam bentuk sangat berat, infeksi oleh galur ETEC dapat menghasilkan gambaran klinis yang menyerupai diare yang disebabkan *V. cholera*, yaitu tinja air beras. ETEC merupakan penyebab utama diare pada bayi, juga diare pada orang yang mengadakan perjalanan ke daerah dengan standar higienis yang lebih rendah (Madigam *et al*, 2008).

Grup EIEC menyebabkan diare secara klinis menyerupai diare basiler, yang disebabkan oleh *Shigella*. Awal diare bersifat akut dan berair, disertai demam dan kejang perut, berlanjut sampai fase kolon (usus besar) dengan tinja berdarah dan mukoid. Tidak semua infeksi EIEC

berlanjut sampai fase kolon, sehingga darah tidak selalu terdeteksi dalam tinja. EIEC menyerang mukosa kolon dan berkembangbiak di dalam sel, menyebar ke sel-sel yang berdekatan setelah sel-sel yang terinfeksi mengalami lisis.

VTEC menyebabkan hemoragik colitis (HC) dan sindroma hemolitik uremik (HUS). Gejala HC sering dimulai dengan sakit perut dan diare berair, diikuti dengan diare berdarah umumnya tanpa demam. Diare berdarah atau tidak, diikuti dengan munculnya HUS. HUS terjadi pada semua kelompok umur tapi paling sering pada anak-anak. VTEC terdapat pada alat pencernaan dari usus sapi dan hewan lain (Madigam *et al*, 2008).

2. *Salmonella typhi*

Salmonella typhi adalah suatu genus bakteri enterobakteria gram negatif, keluarga Enterobacteriaceae, berbentuk batang yang menyebabkan tifoid, paratifoid, dan penyakit foodborne. Spesies-spesies *Salmonella* dapat bergerak bebas, fakultatif anaerob, menghasilkan hydrogen sulfida, dan rentan terhadap berbagai antibiotik (Schneider *et al*, 2008).

S. typhi menyebabkan penyakit demam tifus (Typhoid fever), karena invasi bakteri kedalam pembuluh darah dan gastroenteritis yang disebabkan oleh keracunan makanan/intoksikasi. *S. typhi* memiliki keunikan hanya menyerang manusia, dan tidak ada inang lain. Saat ini, 107 strain organisme ini telah diisolasi, memiliki banyak karakteristik

metabolisme, tingkat virulensi dan gen resistensi terhadap obat menyulitkan pengobatan di daerah-daerah. Identifikasi diagnostik dapat dilakukan dengan pertumbuhan pada media MacConkey dan EMBA, dan uji bakteri yang tidak memfermentasi laktosa (Schneider *et al*, 2008).



Gambar 6. *Salmonella typhi* (Schneider *et al*, 2008).

Bakteri *S. typhi* yang mengkontaminasi makanan atau air minum, akan berkembang biak di usus dan menyebar ke dalam aliran darah oleh sel yang disebut fagosit mononuklear. Fagosit adalah sel dari sistem kekebalan tubuh yang bertanggung jawab untuk membunuh bakteri dan virus. *S. typhi* tidak dinonaktifkan oleh sel-sel setelah dikonsumsi, bahkan mampu memperbanyak diri dalam sel, lalu keluar dari sel ke dalam aliran darah, menyebar keseluruhan tubuh yang menyebabkan infeksi sistemik (Schneider *et al*, 2008).

Bakteri dapat berpindah dari aliran darah ke dalam sistem limfatik, kemudian ke jaringan lain dan organ-organ utama tubuh. Selama invasi bakteri, organ-organ yang paling terpengaruh adalah kantong empedu, hati, usus, dan limpa. Perforasi dari dinding usus menyebabkan kebocoran dalam rongga perut, sehingga mengakibatkan peritonitis yang sering menjadi penyebab kematian dari demam tifoid. Komplikasi lain juga dapat terjadi mulai dari limpa pecah meningitis, bahkan koma (Schneider *et al*, 2008).

Salmonellosis pada manusia umumnya terjadi melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi berasal dari hewan (daging unggas, telur dan susu), dan sayuran hijau yang melewati produksi primer ke rumah tangga atau perusahaan makanan (Prescott *et al*, 2002).

Resistensi terhadap obat fluoroquinolones muncul sebagai akibat dari mutasi genom bakteri (DNA), resistensi terhadap antimikroba lain sering menyebar melalui transfer DNA antar strain bakteri. Dalam beberapa kasus resistensi multidrug (resistensi terhadap antimikroba beberapa strain bakteri yang sama) ditransfer melalui salah satu bagian yang disebut plasmid (Siswadono dan Sukardjo, 2000).

3. Kontaminan Mikroba pada Sayuran

Hasil penelitian kontaminan mikroba pada sayuran di beberapa sentra produksi di Jawa menunjukkan kandungan mikroba pada sayuran segar sangat tinggi, yaitu 10^6 - 10^7 sel/g sampel, pada penanganan ditingkat petani dan pasar tradisional (Winarti dan Miskiyah, 2010).

Tabel 1. Jumlah Mikroba pada Beberapa Jenis Sayuran Segar (Munarso et al, 2005).

Sayuran	Jumlah mikroba (sel/g) di tingkat		
	Petani	Pasar	BMR
Kubis	$1,4 \times 10^7$ - $3,1 \times 10^7$	$4,3 \times 10^5$ - $4,6 \times 10^7$	$0-10^3$
Tomat	$5,4 \times 10^4$ - $1,7 \times 10^6$	$3,3 \times 10^4$ - $2,3 \times 10^7$	$0-10^3$
Wortel	$1,8 \times 10^5$ - $4,2 \times 10^6$	$6,1 \times 10^5$ - $5,7 \times 10^7$	$0-10^3$
Cabai Merah	$5,7 \times 10^5$	$5,4 \times 10^5$ - $2,2 \times 10^7$	$0-10^3$
Bawang Merah	$8,4 \times 10^6$ - $7,1 \times 10^7$	$3,7 \times 10^6$ - $4,7 \times 10^7$	$0-10^3$
Selada	$3,6 \times 10^4$ - $2,8 \times 10^6$	$2,1 \times 10^6$ - $2,1 \times 10^7$	$0-10^3$

Ket :BMR= Batas Minimum Residu

Salmonellosis merupakan infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella*. Jumlah bakteri yang dapat menyebabkan infeksi bergantung pada jenis *Salmonella* dan keadaan kesehatan seseorang. Jumlah bakteri 10^5 - 10^{10} dapat menyebabkan infeksi. Salmonellosis ditandai dengan sakit perut, mual dan diare, kadang disertai demam ringan dan sakit kepala. Salmonellosis timbul 8-72 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi (Anonim, 2008).

Beberapa strain *E. coli* dapat menimbulkan penyakit pada manusia dan hewan dengan memproduksi enterotoksin dan menimbulkan gejala menyerupai kolera, menyerang sel-sel epitelium saluran usus dengan melakukan adhesi dan kolonisasi pada saluran usus halus serta mengeluarkan enterotoksin. Bakteri *E. coli* patogen dapat menimbulkan gastroenteritis akut pada anak-anak dan infeksi pada saluran pencernaan. Kontaminasi bakteri ini biasanya berasal dari air yang digunakan untuk mencuci bahan makanan yang akan dikonsumsi maupun peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan (Munarso et al, 2005).

International Commission on Microbiological Specification for Foods (ICMSF) (1996) merekomendasikan, sayuran yang akan dikonsumsi mentah mengandung *E. coli* kurang dari 10^3 CFU/g, sedangkan *Salmonella* mestinya tidak ada dalam 25 g sampel.

E. SENYAWA ANTIMIKROBA

Antimikroba adalah bahan atau obat yang digunakan untuk memberantas infeksi mikroba pada manusia termasuk diantaranya antibiotika, antiseptika, kemoterapeutika dan pengawet. Sifat-sifat antimikroba ideal adalah menunjukkan toksisitas selektif, artinya obat harus bersifat sangat toksik terhadap mikroorganisme, tetapi relatif tidak toksik terhadap sel hospes, mempunyai spektrum luas, tidak cepat menimbulkan resistensi. Dalam penggunaan ada tiga faktor yang berperan, yaitu mikroba sebagai agen patogen, hospes dalam hal ini manusia yang terinfeksi dan antimikroba sebagai obat (Lay dan Hastowo, 2002).

Aktivitas antimikroba ditentukan oleh spektrum kerja, daya kerja, konsentrasi minimum untuk inhibisi (KMI) dan potensi pada KMI. Suatu antimikroba dikatakan mempunyai aktivitas yang tinggi bila KMI terjadi pada kadar antimikroba yang rendah tetapi mempunyai daya bunuh atau daya hambat yang besar. Pada percobaan secara *in vitro* dengan metode difusi agar, hal ini dapat dilihat pada besar diameter zona inhibisi pertumbuhan mikroba di sekeliling antimikroba. Jika pada kadar rendah

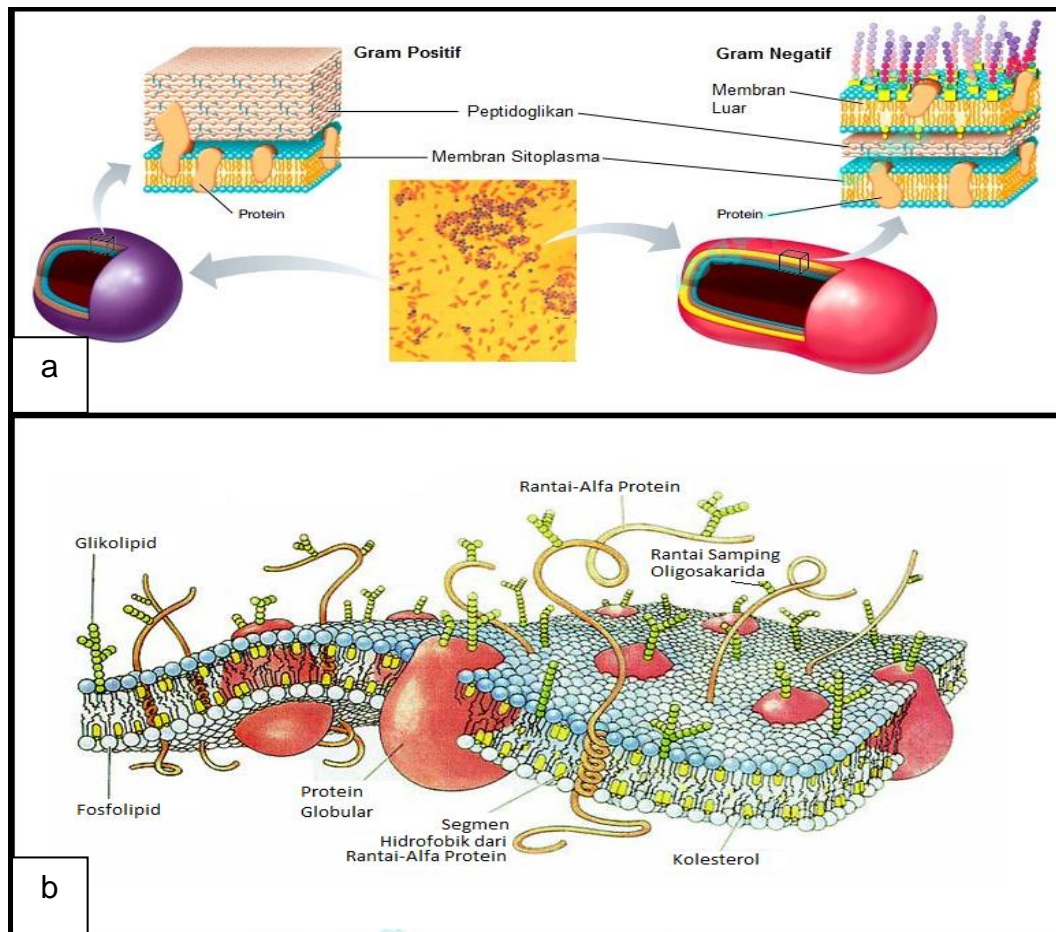
dapat memberikan diameter zona inhibisi yang luas dan bening di sekeliling antimikroba, maka hal ini menunjukkan bahwa antimikroba tersebut berpotensi tinggi terhadap mikroba uji yang digunakan (Wattimena, 1991).

Menurut Siswono dan Sukardjo (2000), mekanisme kerja antimikroba dapat dibagi dalam lima kelompok, yaitu:

1. Menghambat metabolisme sel mikroba. Mikroba membutuhkan asam folat untuk kelangsungan hidupnya, dan bakteri patogen harus mensintesis sendiri asam folat dari asam para-aminobenzoat (PABA). Apabila suatu zat antimikroba dapat bersaing dengan asam para-aminobenzoat (PABA) untuk diikutsertakan dalam pembentukan asam folat maka terbentuk analog asam folat yang nonfungsional. Akibatnya kehidupan mikroba akan terganggu. Contoh obat yaitu: sulfonamida, trimetoprim, asam p-aminosalisilat (PAS) dan sulfon.
2. Menghambat sintesis dinding sel mikroba. Antibiotika yang termasuk dalam kelompok ini seperti: penisilin, sefalosporin, basitrasin, vankomisin, dan sikloserin. Antibiotik merusak dinding sel mikroba dengan menghambat sintesis enzim atau inaktivasi enzim, sehingga menyebabkan hilangnya viabilitas dan menyebabkan lisis. Dinding sel bakteri menentukan bentuk karakteristik dan berfungsi melindungi bagian dalam

sel terhadap perubahan tekanan osmotik dan kondisi lingkungan lainnya.

Dinding sel bakteri terdiri dari beberapa lapisan, pada bakteri gram positif struktur dinding selnya relatif sederhana, sedangkan bakteri gram negatif lebih kompleks. Dinding sel bakteri gram positif tersusun atas lapisan peptidoglikan relatif tebal, dikelilingi lapisan asam tekoat dan beberapa spesies mempunyai lapisan polisakarida. Dinding sel bakteri gram negatif mempunyai lapisan peptidoglikan relatif tipis, dikelilingi lapisan lipoprotein, lipopolisakarida, fosfolipid dan beberapa protein. Peptidoglikan pada kedua jenis bakteri merupakan komponen yang menentukan rigiditas pada gram positif dan berperan pada integritas gram negatif. Oleh karena itu gangguan pada sintesis komponen ini dapat menyebabkan sel lisis dan kematian sel. Sel selama mensintesis peptidoglikan memerlukan enzim transpeptidase dan sintase yang mampu bekerja pada struktur dinding sel bakteri. Untuk menjaga sintesis supaya normal, kegiatan kedua enzim ini harus seimbang satu sama lain.



Gambar 7. (a) Dinding Sel Bakteri Gram Positif, Gram Negatif dan (b) Membran Sel (Sumber: Madigam *et al*, 2012).

3. Penghambat terhadap fungsi membran sel mikroba. Antibiotik yang termasuk dalam kelompok ini seperti: polimiksin, kolistin, amfoterisin B dan nistatin. Di bawah dinding sel bakteri adalah lapisan membran sel lipoprotein. Membran ini mempunyai sifat permeabilitas selektif dan berfungsi mengontrol keluar masuknya substansi dari luar ke dalam sel, serta pemeliharaan tekanan osmotik internal dan sekresi produk akhir. Selain itu membran sel juga berkaitan dengan replikasi DNA dan sintesis dinding sel.

4. Menghambat sintesis protein sel mikroba. Antibiotik yang termasuk dalam kelompok ini seperti: golongan aminoglikosida, makrolid, linkomisin, tetrasiklin, dan kloramfenikol. Untuk kehidupannya, sel mikroba perlu mensintesis berbagai protein. Sintesis protein berlangsung di dalam ribosom, dengan bantuan mRNA dan tRNA. Berdasarkan koefisien sedimentasinya, ribosom dikelompokkan kedalam 3 grup :
 - a. Ribosom 80s, terdapat pada sel eukariot. Partikel ini terdiri dari sub unit 60s dan 40s.
 - b. Ribosom 70s, yang terdapat pada sel prokariot dan eukariot. Partikel ini terdiri dari sub unit 50s dan 30s.
 - c. Ribosom 55s, hanya terdapat pada mitokondria mamalia dan menyerupai ribosom bakteri baik fungsi maupun kepekaannya terhadap antibiotika. Streptomisin berikatan dengan komponen ribosom 30s dan menyebabkan kode pada mRNA salah dibaca oleh tRNA pada waktu sintesis protein. Akibatnya akan terbentuk protein yang abnormal dan tidak fungsional bagi sel mikroba.
5. Menghambat sintesis atau merusak asam nukleat sel mikroba. Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh selaput sitoplasma yang bekerja sebagai penghalang dengan permeabilitas selektif, melakukan fungsi pengangkutan aktif sehingga dapat

mengendalikan susunan sel. Bila integritas fungsi selaput sitoplasma terganggu misalnya oleh zat bersifat surfaktan sehingga permeabilitas dinding sel berubah atau bahkan menjadi rusak, maka komponen penting seperti protein, asam nukleat, nukleotida keluar dari sel dan sel berangsur-angsur mati.

Pada penelitian ini skrining aktivitas antimikroba dilakukan terhadap bakteri *E. coli*, dan *S. typhi*. Dasar pemilihan mikroba uji ini adalah karena keduanya merupakan mikroba patogen yang sering mencemari bahan pangan seperti pada buah dan sayuran segar. *E. coli* penyebab utama diare kronik dan tifoid merupakan bakteri anaerob fakultatif gram negatif, sedangkan *S. typhi* penyebab penyakit demam tifus (typhoid fever), karena invasi bakteri ke dalam pembuluh darah dan gastroenteritis yang disebabkan oleh keracunan makanan/intoksikasi.

Medium yang digunakan untuk menumbuhkan biakan mikroba uji adalah Glukosa Nutrient Broth (GNB), medium ini berisi ekstrak daging, pepton sebagai sumber protein dan glukosa sebagai sumber karbohidrat yang dapat menunjang pertumbuhan bakteri maupun jamur sering disebut medium serbaguna. Untuk uji difusi padat digunakan medium Glukosa Nutrient Agar (GNA) yaitu medium padat yang diberi agar.

Tahapan skrining aktivitas antimikroba, digunakan metode difusi padat karena metode ini menghemat waktu pengerjaan dan tidak mudah terkontaminasi selama pengerjaan. Ekstrak dikatakan aktif jika pada

konsentrasi $\leq 1000 \mu\text{g/ml}$ mampu menghambat pertumbuhan mikroba uji dengan tidak adanya pertumbuhan mikroba pada permukaan media pertumbuhan. Mikroba uji sejumlah 5 μl diratakan di atas media agar dengan menggunakan alat drigalsky, karena ketelitian jumlah pengambilan ekstrak dan mikroba uji sangat diperlukan untuk dapat membandingkan potensi ekstrak dalam menghambat pertumbuhan mikroba.

Hasil penelitian Johannes (2008) senyawa Asam Heksadekanoat memiliki sifat antibakteri terhadap *S. aureus* dan *S. thypi* pada konsentrasi 1%. Sedangkan senyawa Aglao E. Unhas memiliki sifat antimikroba menghambat pertumbuhan *S. aureus* dan *S. thypi* juga menghambat pertumbuhan jamur *C. albicans* dan *Malazesiafurfur* pada konsentrasi 1%.

F. SANITIZER

Sanitizer adalah suatu bahan yang dapat mengurangi kontaminan mikroba, yang sedang tumbuh hingga 99,9%. Bahan yang dapat digunakan sebagai antimikroba beragam jenisnya, antara lain; antiseptis, desinfektan dan deterjen.

Suatu bahan dapat digunakan sebagai sanitizer jika memenuhi persyaratan seperti toksisitasnya dapat diterima dan residunya pada produk akhir tidak membahayakan kesehatan manusia (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008). Efektivitas sanitizer, terutama sanitizer kimia dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu kontak,

suhu, konsentrasi, pH, kesadahan air dan tingkat serangan bakteri (Marriot, 1999 *dalam* Winarti dan Miskiyah, 2010).

Sanitizer yang ideal harus memiliki beberapa sifat, yaitu dapat menghancurkan mikroba, aktivitas spektrum melawan fase vegetatif bakteri, kapang dan khamir. Selain itu sanitizer juga harus tahan terhadap kondisi lingkungan, yaitu efektif pada lingkungan yang mengandung bahan organik, detergen, sisa sabun, pH, kesadahan air, dan mampu membersihkan bahan dengan baik, tidak beracun, larut dalam air pada berbagai konsentrasi, bau dapat diterima, konsentrasi stabil dan mudah digunakan (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008). Banyak bahan kimia yang dapat berfungsi sebagai sanitizer dan dijual di pasaran, tetapi sulit mendapatkan sanitizer yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Ini disebabkan beragamnya kondisi bahan, dengan cara kerja yang berbeda-beda, dan jumlah sel mikroba yang akan dihancurkan.

Sanitizer kimia dikelompokkan berdasarkan senyawa kimia yang mematikan mikroba, seperti klorin dan asam asetat. Klorin yang digunakan sebagai sanitizer adalah hipoklorit, menyebabkan beberapa jenis bakteri menjadi tidak aktif, dengan cara merusak membran sel dan mempengaruhi DNA. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan klorin 100-200 bpj mampu mengurangi cemaran *E. coli*. Klorin telah digunakan dalam larutan pencuci buah dan sayuran (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008).

1. Sanitizer untuk Buah dan Sayuran Segar

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian (2008) telah mengembangkan sanitizer untuk buah dan sayuran segar dengan menguji penggunaannya pada selada, tomat dan wortel yang mampu meminimalkan kontaminasi mikroba lain hingga 10^3 CFU/g, sedangkan *E. coli* dan *Salmonella* hingga 0 CFU/g sampel. Kandungan kontaminan tersebut telah berada di bawah batas minimum residu (BMR) sehingga sayuran aman dikonsumsi (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008). Residu atau kontaminan yang ada di permukaan buah dan sayuran dapat dihilangkan melalui pencucian (pembilasan), penggosokan dan hidrolisis.

G. KERANGKA PIKIR DAN HIPOTESIS

1. Kerangka Pikir

Banyak senyawa bioaktif telah berhasil diisolasi dari metabolit sekunder hewan dan tumbuhan, yang digunakan sebagai bahan dasar insektisida, fungisida, bakterisida dan antikanker. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam metabolit sekunder tersebut merupakan gudang senyawa kimia yang sangat potensial untuk diteliti sebagai sumber senyawa baru bagi keperluan industri obat dan pertanian (Achmad, 2004).

Hydroid *A. cupressina* Lamoureaux mengandung senyawa kimia sesquiterpen, diterpen, alkaloid, prostaglandin, pyridines dan tridentatol A. (Johnson *et al*, 1999). Lebih lanjut Paradise *et al*, (2006) meneliti

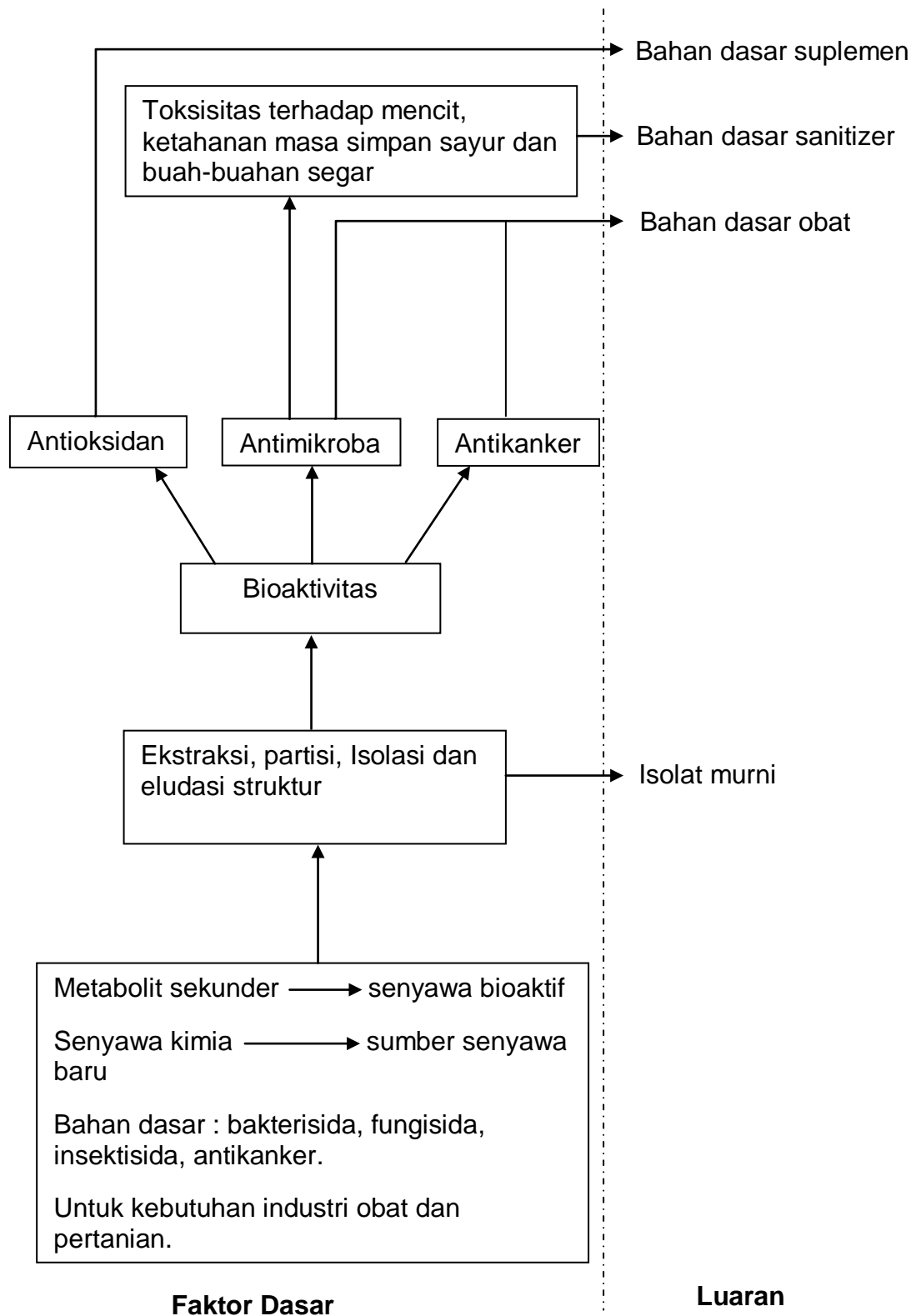
nematokis hydroid *A. cupressina* Lamoureaux juga mengandung histamine, liberator histamine dan protein.

Johannes (2008) berhasil mengisolasi hydroid *A. cupressina* Lamoureaux dan menemukan 2 jenis senyawa yang memiliki potensi sebagai antimikroba terhadap bakteri patogen *S. aureus* dan *S. typhi*. Senyawa tersebut adalah: (1) Asam Heksadekanoat dari golongan asam karboksilat yang bersifat bakteriostatik terhadap bakteri uji *S. aureus* dan *S. typhi*; (2) senyawa yang diberi nama Aglao E. Unhas yang diduga merupakan senyawa baru dari golongan alkaloid, bersifat bakteriostatik terhadap bakteri uji *S. aureus* dan *S. typhi*, serta bersifat fungistatik terhadap jamur uji *C. albicans* dan *M. furfur*.

Berdasarkan potensi yang diuraikan di atas, maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui spektrum kerja dari senyawa Asam Heksadekanoat dan Aglao. E. Unhas dalam merusak struktur sel bakteri patogen, dengan menggunakan bakteri uji *S. typhi* dan *E. coli*. Diketahui kedua bakteri tersebut banyak mencemari bahan pangan terutama sayur dan buah buahan segar seperti selada, kembang kol, kubis, wortel dan tomat. Bagi petani dan pedagang sayur dan buah-buahan segar, cara mengatasi kontaminan mikroba adalah dengan menggunakan bahan pencuci seperti klorin yang sekarang ini sangat populer digunakan masyarakat dalam industri pangan. Namun penggunaan klorin telah menimbulkan keraguan bagi kesehatan masyarakat tentang kemungkinan terbentuknya kloramin dan

trihalomentan, serta munculnya patogen baru yang lebih toleran (Singh *et al*, 2002 dalam Zacharia *et al*, 2010), sehingga dibutuhkan bahan pencuci lain yang lebih aman.

Berdasarkan hal tersebut diharapkan dengan mengisolasi senyawa bioaktif dari bahan alam laut yang sifatnya aman bagi kesehatan, tetapi juga mampu menginaktifkan bakteri yang mencemari bahan pangan dapat dikembangkan sebagai sanitizer pada sayur dan buah-buahan segar.



Bagan 1. Kerangka Pikir Penelitian.

2. Hipotesis

- a. Asam Heksadekanoat (30 bpj) dan Aglao E. Unhas (30 bpj) dapat digunakan sebagai bahan sanitizer dengan menurunkan jumlah bakteri dan jamur pada strowberi, mangga, selada dan wortel.
- b. Lama perendaman, suhu, jenis buah dan sayuran serta lama penyimpanan mempengaruhi jumlah bakteri dan jamur pada buah dan sayuran.