



SKRIPSI

**AKTIVITAS ANTIMIKROBA BUMBU MASAKAN
TRADISIONAL HASIL OLAHAN INDUSTRI
TERHADAP BAKTERI PATOGEN DAN PERUSAK**



Oleh:

ASTRI LITRIANI PURWANINGSIH

F. 301095



1998

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**



Astri Litriani Purwaningsih. F 30.1095. AKTIVITAS ANTIMIKROBA BUMBU MASAKAN TRADISIONAL HASIL OLAHAN INDUSTRI TERHADAP BAKTERI PATOGEN DAN PERUSAK. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Srikandi Fardiaz, MSc. dan Ir. Winiati Pudji Rahayu, MS.

RINGKASAN

Produk pangan harus tetap dijaga kualitasnya selama penyimpanan dan distribusi, karena pada tahap ini produk pangan sangat rentan terhadap terjadinya rekontaminasi, terutama dari mikroba patogen yang berbahaya bagi tubuh dan mikroba perusak yang dapat menyebabkan kerusakan pada makanan. Salah satu cara untuk menjaga kualitas pangan adalah dengan menambahkan zat antimikroba pada makanan.

Rempah-rempah merupakan bahan tambahan yang banyak digunakan dalam makanan tradisional. Penambahan rempah-rempah ditujukan untuk meningkatkan aroma dan citarasa produk yang dihasilkan, disamping sebagai zat pengawet karena rempah-rempah mempunyai sifat antimikroba. Efek penghambatan pertumbuhan mikroba oleh suatu jenis rempah-rempah bersifat khas. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kandungan dan jenis senyawa antimikroba dalam setiap rempah-rempah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antimikroba bumbu masakan tradisional yaitu bumbu opor, gulai, kare, rawon, ayam goreng, dan rendang terhadap beberapa mikroba perusak dan patogen yang erat hubungannya dengan makanan. Mikroba-mikroba tersebut adalah *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, kapang *Aspergillus flavus*, dan *Penicillium sp.*, serta ekstrak daging sebagai model sistem makanan.



Pada penelitian pendahuluan dilakukan analisis terhadap bumbu yang diperkirakan berpengaruh terhadap sifat antimikroba bumbu, yaitu analisis terhadap kadar air (basis kering), kadar garam, kadar Na-benzoat, nilai pH, dan total mikroba awal dari sampel. Setelah itu dilakukan seleksi terhadap sifat antimikroba bumbu secara kualitatif menggunakan metode gores. Penelitian dilanjutkan dengan pengujian terhadap sifat antimikroba bumbu dengan metode kontak untuk mengetahui nilai Log Nt/N0 untuk setiap bumbu, konsentrasi, dan setiap mikroba.

Hasil analisis terhadap bumbu menunjukkan kadar air keenam bumbu cukup rendah yaitu sekitar 30-40%. Kadar garam berkisar antara 1,0-2,6%. Nilai pH bumbu opor, ayam goreng, rawon, rendang, gulai, dan kare cukup rendah yaitu sekitar 4,5-5,5, sehingga bakteri tidak dapat berkembang biak dengan baik dalam bumbu tersebut. Jumlah mikroba awal dari bumbu-bumbu tersebut sangat rendah yaitu antara 5-26 koloni per g, sedangkan dalam bumbu tidak ditemukan adanya penambahan zat pengawet Na-benzoat.

Bumbu opor, ayam goreng, rendang, rawon, gulai, dan kare mempunyai aktivitas antimikroba yang cukup besar terhadap pertumbuhan bakteri patogen dan perusak. *B. cereus* merupakan bakteri paling rentan terhadap aktivitas antimikroba keenam bumbu tersebut, karena dengan konsentrasi 5% mampu dihambat pertumbuhannya. Bakteri-bakteri gram negatif yang diteliti umumnya lebih tahan daripada gram positif. Bumbu dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif pada konsentrasi 10% untuk *V. cholerae* dan *P. aeruginosa* serta konsentrasi 15% terhadap *E. coli* dan *S. typhimurium*.

Bumbu opor, ayam goreng, dan rendang dapat menghambat pertumbuhan *B. cereus* pada setiap periode waktu kontak. Ketiga bumbu tersebut dengan konsentrasi 10% bersifat bakterisidal sampai waktu kontak 30 jam, sedangkan pada

bumbu opor dengan konsentrasi 15 dan 20% terjadi peningkatan pertumbuhan *B. cereus* yang ditunjukkan dengan nilai Log Nt/N0 lebih besar dari nilai Log Nt/N0 pada awal inkubasi.

Mikroba dalam ekstrak daging lebih tahan terhadap pengaruh bumbu dibandingkan *B. cereus*. Bumbu opor, ayam goreng, dan rendang dapat menghambat pertumbuhan mikroba, tetapi tidak bersifat bakterisidal, yaitu mulai konsentrasi 10%. Semakin besar konsentrasi bumbu, penghambatan semakin nyata.

@Halipianitk PB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



AKTIVITAS ANTIMIKROBA Bumbu Masakan TRADISIONAL HASIL OLAHAN INDUSTRI TERHADAP BAKTERI PATOGEN DAN PERUSAK

Oleh:

ASTRI LITRIANI PURWANINGSIH

F 30.1095

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor**

1998

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**AKTIVITAS ANTIMIKROBA BUMBU MASAKAN
TRADISIONAL HASIL OLAHAN INDUSTRI TERHADAP
BAKTERI PATOGEN DAN PERUSAK**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

ASTRI LITRIANI PURWANINGSIH
F 30.1095

Dilahirkan pada tanggal 19 Juni 1975
di Tasikmalaya

Tanggal lulus : 27 Januari 1998

Menyetujui,
Bogor, 11 Februari 1998


Ir. Winiati Pudji Rahayu, MS
Dosen Pembimbing II




Prof. Dr. Ir. Srikandi Fardiaz, MSc.
Dosen Pembimbing I



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun setelah melakukan penelitian selama 6 bulan, dimulai sejak bulan Juni sampai November 1997.

Pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Srikandi Fardiaz, MSc dan Ir. Winiati Pudji Rahayu, MS sebagai dosen pembimbing serta Ir. Nanan Nurdjanah sebagai dosen penguji yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan informasi selama penulisan skripsi.
2. Mamah, Papap, dan adik-adik tersayang (Sanny dan Ninus) yang selalu memberikan limpahan kasih sayang, doa, dukungan, semangat dan kehangatan keluarga kepada penulis.
3. Aa Elang atas segala pengertian, dukungan, doa, dan perhatiannya selama ini.
4. Nenden atas semua bantuan, doa, dorongan, dan perhatiannya, serta Yudi yang telah memberikan dukungan dan rasa "persahabatan" kepada penulis.
5. Evi yang telah membantu selama penulisan skripsi ini.
6. Kang Aris atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis beserta seluruh kru Amanah Rental Computer.
7. Rekan-rekan di Wisma Ananda : Eva, Nining, Ade, Herdi, Santi, Norma, Lusi, Imas, Dewi, Husna, Dian, dan Evi atas segala dukungan, doa, bantuan, kebersamaan, kekompakan dan kenangan yang indah.

8. Rekan senasib dan seperjuangan selama penelitian, Bora, Mbak Titis, dan Anita, atas semua kerjasama dan kekompakan serta "pertukaran informasi" selama penyusunan skripsi.

9. Ahmad yang telah membantu selama persiapan ujian.

10. Rekan satu bimbingan, Pangestiniingsih dan Endah, serta teman-teman TPG-30 yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kebersamaan dan kekompakan yang terjalin selama ini.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu sangat diharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Bogor, Januari 1998

Penulis





DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. ANTIMIKROBA	3
B. MEKANISME ZAT ANTIMKROBA	4
C. SIFAT KIMIA DAN AKTIVITAS ANTIMKROBA	
REMPAH-REMPAH	5
1. Bawang Putih (<i>Allium sativum</i> L.)	5
2. Lengkuas (<i>Alpinia galanga</i>)	6
3. Serai Dapur (<i>Cymbopogon citratus</i> D. C/ <i>Cymbopogon flexuosus</i> Nees)	6
4. Bawang Merah (<i>Allium cepa</i> L.)	7
5. Ketumbar (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	7
6. Cabe Merah (<i>Capsicum annum</i> L.)	8
7. Jahe (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	8
8. Jintan (<i>Carum carvi</i> L.)	9
9. Kunyit (<i>Curcuma domestica</i>)	9
10. Lada (<i>Piper nigrum</i> L.)	10
11. Picung/Kluwak (<i>Pangium edule</i> Reinw)	10

D. AKTIVITAS ANTIMIKROBA BUMBU	11
1. Bumbu Gulai	11
2. Bumbu Rawon	11
3. Bumbu Opor	12
4. Bumbu Rendang	13
E. KARAKTERISTIK BEBERAPA MIKROBA PATOGEN DAN PERUSAK MAKANAN	13
1. <i>Pseudomonas sp.</i>	13
2. <i>Escherichia coli</i>	14
3. <i>Salmonella typhimurium</i>	14
4. <i>Vibrio cholerae</i>	15
5. <i>Staphylococcus aureus</i>	15
6. <i>Listeria monocytogenes</i>	16
7. <i>Bacillus cereus</i>	16
8. <i>Aspergillus flavus</i>	17
9. <i>Penicillium sp.</i>	18
III. BAHAN DAN METODE	19
A. BAHAN DAN ALAT	19
1. Bahan	19
2. Alat	20
B. METODE	20
1. Analisis Data Dasar Bumbu	20
2. Seleksi Awal Sifat Antimikroba Bumbu	24
3. Sifat Antimikroba dengan Metode Agar Cawan	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. ANALISIS DATA DASAR BUMBU	27
B. SELEKSI AWAL SIFAT ANTIMIKROBA BUMBU	29
1. Bumbu Ayam Goreng	29
2. Bumbu Gulai	31
3. Bumbu Rendang	32
4. Bumbu Kare	34
5. Bumbu Rawon	36
6. Bumbu Opor	38
C. AKTIVITAS ANTIMIKROBA DENGAN METODE KONTAK	43
1. Aktivitas Antimikroba Bumbu Terhadap <i>B. cereus</i>	44
2. Aktivitas Antimikroba Terhadap Mikroba dalam Ekstrak Daging	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. KESIMPULAN	58
B. SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	64





DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi rempah-rempah dalam beberapa macam bumbu untuk 1 Kg daging	12
Tabel 2.	Hasil analisis data dasar bumbu	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap pertumbuhan mikroba	30
Gambar 2.	Pengaruh bumbu gulai terhadap pertumbuhan mikroba	32
Gambar 3.	Pengaruh bumbu rendang terhadap pertumbuhan mikroba	33
Gambar 4.	Pengaruh bumbu kare terhadap pertumbuhan mikroba	35
Gambar 5.	Pengaruh bumbu rawon terhadap pertumbuhan mikroba	36
Gambar 6.	Pengaruh bumbu opor terhadap pertumbuhan mikroba	38
Gambar 7.	Pengaruh bumbu opor terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	44
Gambar 8.	Pengaruh bumbu rendang terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	45
Gambar 9.	Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	46
Gambar 10.	Proses perkembangan spora menjadi sel vegetatif	48
Gambar 11.	Pengaruh bumbu opor terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	50
Gambar 12.	Pengaruh bumbu rendang terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	51
Gambar 13.	Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Komposisi rempah-rempah bumbu yang tertera pada label	65
Lampiran 2.	Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	66
Lampiran 3.	Pengaruh konsentrasi bumbu gulai terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	67
Lampiran 4.	Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	68
Lampiran 5.	Pengaruh konsentrasi bumbu kare terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	69
Lampiran 6.	Pengaruh konsentrasi bumbu rawon terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	70
Lampiran 7.	Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba	71
Lampiran 8.	Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	73
Lampiran 9.	Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	74
Lampiran 10.	Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap viabilitas <i>B. cereus</i>	75
Lampiran 11.	Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	76
Lampiran 12.	Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	77
Lampiran 13.	Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging	78



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Produk pangan harus tetap dijaga kualitasnya selama penyimpanan dan distribusi, karena pada tahap ini produk pangan sangat rentan terhadap terjadinya rekontaminasi, terutama dari mikroba patogen yang berbahaya bagi tubuh dan mikroba perusak yang dapat menyebabkan kerusakan pada makanan. Salah satu cara untuk menjaga kualitas pangan adalah dengan menambahkan bahan aditif berupa zat antimikroba.

Dalam hubungannya dengan bahan pangan, zat antimikroba biasa digunakan sebagai aditif makanan untuk mencegah pertumbuhan mikroba pembusuk atau perusak. Beberapa aditif makanan yang sering digunakan sebagai antimikroba antara lain asam-asam organik dan garamnya seperti propionat, benzoat, sorbat, dan asetat, senyawa nitrit dan nitrat, sulfur dioksida dan sulfit, etilen dan propilen oksida, garam, gula, alkohol, formaldehida, rempah-rempah dan senyawa lainnya (Frazier dan Westhoff, 1988)

Rempah-rempah merupakan bahan tambahan yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia dan banyak digunakan sebagai bumbu dalam makanan tradisional. Rempah-rempah adalah tanaman atau bagian tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam bentuk segar maupun dalam bentuk kering. Sebagian besar rempah-rempah mempunyai daya guna ganda yaitu untuk meningkatkan aroma dan cita rasa produk yang dihasilkan serta digunakan untuk bahan ramuan obat-obatan tradisional (Rismunandar, 1988).

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Rempah-rempah yang digunakan dalam kegiatan pengolahan makanan sehari-hari dengan konsentrasi biasa tidak dapat mengawetkan makanan tetapi pada konsentrasi tersebut rempah-rempah dapat membantu bahan-bahan lain yang dapat mencegah pertumbuhan mikroba pada makanan. Efek penghambatan pertumbuhan mikroba oleh suatu jenis rempah-rempah bersifat khas. Setiap jenis senyawa antimikroba mempunyai kemampuan penghambatan yang khas untuk satu jenis mikroba tertentu (Frazier dan Westhoff, 1988). Beberapa jenis rempah-rempah yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang cukup kuat adalah bawang merah (Johnson dan Vaughn, 1969), bawang putih (Thomas, 1984), cabe merah (Dewanti, 1984), jahe (Lienni, 1991), dan kunyit (Suwanto, 1983; Lukman, 1984). Tetapi belum diketahui efek penghambatan dari campuran rempah-rempah dalam bentuk bumbu terhadap beberapa jenis mikroba patogen dan perusak makanan.

B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antimikroba dari bumbu masakan tradisional Indonesia yaitu bumbu opor, gulai, kare, rendang, ayam goreng, dan rawon terhadap beberapa bakteri perusak dan patogen yang erat hubungannya dengan makanan. Bakteri-bakteri tersebut adalah *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*, serta kapang *Aspergillus flavus* dan *Penicillium sp.*



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. ANTIMIKROBA

Zat antimikroba didefinisikan sebagai senyawa biologis atau kimia yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba (Pelczar dan Reid, 1979). Dalam bahan makanan, zat antimikroba digunakan sebagai zat aditif yang dapat mencegah pertumbuhan mikroba pembusuk atau perusak.

Komponen rempah-rempah yang mempunyai aktivitas desinfeksi terhadap mikroba adalah minyak atsiri dalam rempah-rempah tersebut. Hal ini terlihat pada minyak kayumanis, cengkeh dan mustard yang dapat menghambat germinasi kapang pada konsentrasi lebih dari 1%, minyak daun salam dan minyak jahe menunjukkan sifat bakterisidal pada semua konsentrasi. Sebaliknya beberapa minyak atsiri mempunyai sifat yang berlawanan, misalnya minyak lada hitam dan lada putih menunjukkan sifat merangsang pertumbuhan khamir (Webb dan Tanner, 1945).

Jenis dan jumlah senyawa yang termasuk dalam komponen minyak atsiri menurut Siliker (1980) mempengaruhi aktivitas antimikroba dari rempah-rempah. Senyawa-senyawa tersebut terdapat dalam beberapa rempah-rempah, atau bahkan khas untuk rempah-rempah tertentu. Penambahan rempah-rempah dalam makanan memberikan pengaruh yang berbeda-beda, dapat bersifat mengawetkan, merangsang pertumbuhan mikroba, atau bahkan sebagai sumber kontaminasi.

Zat-zat yang digunakan sebagai antimikroba harus mempunyai beberapa kriteria ideal antara lain tidak bersifat racun bagi bahan pangan, ekonomis, tidak menyebabkan perubahan flavor, cita rasa dan aroma makanan, tidak

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

mengalami penurunan aktivitas karena adanya komponen makanan, tidak menyebabkan timbulnya galur resisten dan sebaiknya membunuh daripada hanya menghambat pertumbuhan mikroba (Frazier dan Westhoff, 1988).

B. MEKANISME ZAT ANTIMIKROBA

Menurut Fardiaz (1989), zat antimikroba dalam rempah-rempah dapat bersifat sebagai bakterisidal yaitu membunuh bakteri, bakteristatik yaitu menghambat pertumbuhan bakteri, fungisida, fungistatik atau menghambat germinasi spora bakteri. Kemampuan suatu zat antimikroba dalam menghambat pertumbuhan mikroba dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain (1) konsentrasi zat pengawet, (2) waktu penyimpanan, (3) suhu lingkungan, (4) sifat-sifat mikroba yang meliputi jenis, konsentrasi, umur, dan keadaan mikroba, (5) sifat-sifat fisik dan kimia makanan termasuk kadar air, pH, jenis dan jumlah senyawa didalamnya.

Mekanisme penghambatan pertumbuhan mikroba oleh senyawa antimikroba dapat berupa kerusakan dinding sel yang dapat mengakibatkan lisis atau penghambatan sintesis komponennya, perubahan permeabilitas membran sitoplasma sehingga terjadi kebocoran zat nutrisi dari dalam sel, denaturasi protein sel, dan kerusakan sistem metabolisme dalam sel dengan cara menghambat kerja enzim intraseluler (Pelczar dan Reid, 1979).

Kemampuan rempah-rempah dalam menghambat pertumbuhan mikroba terutama disebabkan adanya oleoresin dari rempah-rempah tersebut seperti fenol dan eugenol pada cengkeh (Frazier dan Westhoff, 1988). Beberapa senyawa kimia yang bersifat antimikroba menurut Pelczar dan Reid (1979), antara lain fenol dan senyawa fenolik, alkohol, halogen, logam berat dan

senyawanya, zat warna, senyawa amonium kuartener, asam, basa, deterjen, dan gas kemisterilan seperti etilenoksida.

C. SIFAT KIMIA DAN AKTIVITAS ANTIMIKROBA REMPAH-REMPAH

Menurut Farrell (1985), rempah-rempah diklasifikasikan menjadi 4 kategori yaitu (1) species *Condiment* yang digunakan untuk pengawetan/pembalseman seperti kayumanis, adas, jinten, dan cengkeh, (2) species *Aromata* - rempah yang digunakan sebagai parfum seperti kapulaga dan kayumanis, (3) species *Thumiata* digunakan sebagai dupa/kemenyan yaitu thyme, kayumanis dan rosemary, (4) species *Theruca* yang berfungsi untuk menetralkan racun seperti adas, ketumbar, bawang putih, dan oregano. Berikut ini uraian secara umum rempah-rempah yang sering digunakan dalam berbagai masakan tradisional Indonesia.

1. Bawang Putih (*Allium sativum* L)

Bawang putih termasuk dalam famili *Amaryllidaceae*. Minyak volatil pada bawang putih kurang dari 0,2% berat segar. Unsur pokok dari minyak bawang putih adalah dialil sulfida (60%), dialil trisulfida (20%), alil profil disulfida (6%), sejumlah kecil dietil sulfida, dialil polisulfida, alinin dan alisin. Bau bawang putih yang khas diperkirakan merupakan turunan dari dialil sulfida (Farrell, 1985).

Menurut Thomas (1984), bubuk bawang putih dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus flavus* pada konsentrasi 1% (b.k.). Dengan adanya penambahan 3-10% bawang putih akan menurunkan nilai laju pertumbuhan species (LPS) pada *Aspergillus flavus*.

4. Bawang Merah (*Allium cepa* L)

Bawang merah termasuk dalam famili *Amaryllidaceae* dan yang digunakan sebagai bumbu adalah bagian umbi lapisnya (Farrell, 1985). Tanaman ini mengandung senyawa volatil yang sangat penting yaitu senyawa sulfur termasuk hidrogen sulfida, tiol, disulfida, trisulfida, dan tiosulfonat (Bailey, 1963).

Senyawa antimikroba yang terdapat dalam bawang merah adalah alifatik disulfida. Pada konsentrasi 5% bawang merah, nilai D bagi kultur *Salmonella typhimurium* yang sedang istirahat adalah 1,1 jam, sedangkan bagi kultur sel yang sedang tumbuh nilai D-nya adalah 1,8 jam (Johnson dan Vaughn, 1969).

5. Ketumbar (*Coriandrum sativum* L.)

Ketumbar merupakan bagian buah yang dikeringkan dari tanaman *Coriandrum sativum* dan termasuk famili *Umbelliferae*. Minyak esensial dalam ketumbar hanya terdapat dalam jumlah 1% dari berat buah kering, dan terdiri dari 60 - 70% D-linalool, D- α -pinen, β -pinen, β dan α -terpinen, geraniol, borneol dan asam asetat (Farrel, 1985).

Ketumbar dapat menghambat produksi okratoksin A secara total, yaitu toksin yang dihasilkan *A. ochraceus*, tetapi produksi toksin *A. flavus* dan *A. versicolor* hanya terhambat secara sebagian. Pertumbuhan ketiga jenis kapang tersebut juga dihambat oleh bubuk ketumbar sebesar 0-41% (Hitokoto et al., 1980).

6. Cabe Merah (*Capsicum annuum* L)

Tanaman cabe merah termasuk dalam famili *Solanaceae*. Oleoresin cabe merah mengandung 6,38% kapsaisin yang ekuivalen dengan satu juta unit Scoville/unit kepedasan. Cabe merah sering digunakan dalam pembuatan pizza, saus, pickel, bumbu kari, dan lain-lain (Farrell, 1985).

Bubuk cabe tanpa biji dapat menghambat pertumbuhan *L. fermentum* pada konsentrasi 1 mg/ml dan *B. subtilis* dengan konsentrasi 3 mg/ml, tetapi merangsang pertumbuhan *E.coli* dan *S. aureus* pada konsentrasi 1 mg/ml (b.k.). Pengaruh kapsaisin dalam penghambatan pertumbuhan bakteri diduga dipengaruhi oleh gugus vanilamid dalam senyawa kapsaisin (Dewanti, 1984).

7. Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe)

Tanaman jahe termasuk kedalam famili *Zingiberaceae* (Farrell, 1985). Rimpang jahe pada umumnya mengandung minyak atsiri atau ginger oil sebanyak 0,25 - 3,3%. Minyak atsiri jahe terdiri dari komponen bioaktif zingiberen, kurkumin, dan felandren. Oleoresin jahe mengandung gingerol, shogaol, resin dan zingerol yang dapat menghasilkan rasa pedas pada jahe (Rismunandar, 1988).

Menurut Lienni (1981), sari jahe dapat menghambat aktivitas *E. coli* pada konsentrasi 60%, *Salmonella thompson* dengan konsentrasi 80%, dan *Vibrio Cholerae* pada konsentrasi 7%. Bakteri yang paling mudah dihambat pertumbuhannya adalah *Vibrio cholerae*, sedangkan *E. coli* merupakan bakteri yang paling tahan. Hasil penelitian Undriyani (1987) menyatakan



bahwa bubuk jahe sebanyak 2% (b.k.) juga bersifat bakterisidal terhadap pertumbuhan bakteri gram positif *M. varians*, *Leuconostoc sp.*, dan *B. subtilis*, sedangkan terhadap bakteri gram negatif bubuk jahe hanya bersifat bakteristatik. Penghambatan ini akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan waktu kontak.

8. Jintan (*Carum carvi* L.)

Jintan merupakan buah yang dikeringkan dari tanaman *Carum carvi* dan termasuk dalam famili *Umbelliferae*. Buah jintan mengandung 7,5% minyak volatil yang terdiri dari 70% D-karvon, dan 15% campuran oleat, linoleat, petrosalinat dan palmitat (Farrell, 1985).

Lebih lanjut Sutedjo (1990) menyatakan bahwa komponen minyak atsiri jintan adalah 60% karvon, 40% limonen dan komponen lain seperti dihidrokarvon, karveol, dihidrokarveol, asetaldehid, dan furool. Penelitian Hitokoto et al. (1980) menunjukkan bahwa bubuk jintan dapat menghambat pertumbuhan dan produksi toksin *A. flavus* dan *A. versicolor*. Jintan dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus* pada konsentrasi 160 ppm, serta menghambat *B. subtilis* pada konsentrasi 320 ppm (Yousef dan Tawil, 1980)

9. Kunyit (*Curcuma domestica*)

Kunyit merupakan rhizoma atau rimpang yang termasuk dalam famili *Zingiberaceae* (Farrell, 1985). Kunyit mengandung 5% minyak essensial yang mengandung turmeron, asam bebas, borneol, aneol, felandren, kurkumin, dan zingeron. Kurkumin sendiri merupakan komponen utama

pada pigmen kunyit dan juga berfungsi sebagai senyawa antimikroba. Menurut Purseglove et al. (1981), kurkumin dari rimpang kunyit bervariasi antara 1,8 - 5,4%. Bubuk rimpang kunyit dapat menghambat pertumbuhan *S. aureus* pada konsentrasi 2 g/l (b.k.) dengan waktu kontak 24 jam. Sedangkan pertumbuhan *E. coli* menurut hasil penelitian Suwanto (1983), akan terhambat oleh bubuk kunyit pada konsentrasi 7 g/l selama waktu kontak 24 jam.

10. Lada (*Piper nigrum* L.)

Tanaman lada termasuk dalam famili *Piperaceae* yang terdiri dari lada putih dan lada hitam. Lada hitam menurut Farrell (1985), mengandung 1,5% minyak volatil dan lebih dari 6% oleoresin, sedangkan lada putih mengandung 7% oleoresin. Bubuk lada hitam maupun lada putih dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. walaupun efeknya tidak terlalu kuat dengan konsentrasi 2% (Azzouz dan Bullerman, 1982).

11. Picung/Kluwak (*Pangium edule* Reinw.)

Tanaman picung termasuk dalam famili *Flacourtiaceae*. Pada umumnya buah picung dikonsumsi dalam bentuk hasil fermentasi yang sering disebut kluwak. Hampir semua bagian dari tanaman picung seperti daun dan bijinya beracun. Pengasaman lemak biji picung akan menghasilkan lemak siklik yang tidak jenuh yaitu asam hidnokarpat, asam khaulmograt, dan asam gorlat. Asam lemak siklik ini mempunyai sifat antibakteri bila ditambahkan pada makanan. Indriyati (1987) melaporkan

bahwa ekstrak biji picung yang telah difiltrasi sebesar 3% (b.b.) mampu menghambat pertumbuhan *Bacillus sp.*, *Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan koliform.

D. AKTIVITAS ANTIMIKROBA BUMBU

Penelitian mengenai aktivitas antimikroba selain dilakukan pada rempah-rempah juga telah dilakukan terhadap beberapa bumbu masakan tradisional Indonesia. Komposisi rempah-rempah pada beberapa macam bumbu tradisional disajikan pada Tabel 1.

1. Bumbu Gulai

Tjondroharjo (1992) menyatakan bahwa dengan inkubasi pada suhu ruang, bumbu gulai dengan konsentrasi 5% sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. typhimurium*. Sedangkan terhadap *V. cholerae* bersifat bakterisidal pada konsentrasi 1%. Perlakuan pemanasan ternyata sangat mempengaruhi aktivitas antimikroba bumbu yaitu semakin tinggi suhu maka aktivitas antimikroba semakin berkurang. Perlakuan sterilisasi pada bumbu gulai dengan suhu 121°C selama 15 menit dapat menghilangkan aktivitas antimikroba sehingga akan merangsang pertumbuhan bakteri. Penyimpanan bumbu pada suhu refrigerator dapat menurunkan sifat antimikrobanya sehingga bumbu tidak efektif dalam menghambat *E. coli* dan *S. typhimurium*.

2. Bumbu Rawon

Bumbu rawon segar mampu bersifat bakteristatik pada konsentrasi 0,5% terhadap *V. cholerae*, tetapi pada konsentrasi yang lebih besar yaitu

2,5% dan 5% bumbu rawon bersifat bakterisidal terhadap *E. coli* dan *S. typhimurium*. Perlakuan pemanasan pada bumbu rawon dapat mengurangi daya antimikroba bumbu dengan semakin lamanya pemanasan, sedangkan sterilisasi bumbu dapat menghilangkan aktivitas antimikrobanya (Julyastuti, 1992). Penyimpanan bumbu pada suhu refrigerator dapat menurunkan sifat antimikroba terutama terhadap *V. cholerae*.

Tabel 1. Komposisi rempah-rempah dalam beberapa macam bumbu untuk 1 kg daging

Rempah-rempah	Jumlah (g)					
	Ramang	Cuka	Kayu	Opur	Rawon	Avam goreng
Bawang putih	14,7	11,7	14,7	14,7	29,4	11,7
Bawang merah	66,8	40,5	66,8	47,6	107,3	33,4
Kemiri	-	13,6	-	13,6	19,0	10,2
Ketumbar	-	-	1,2	1,2	2,4	-
Merica	-	4,9	-	4,9	-	-
Serai	11,1	11,1	-	11,1	22,2	11,1
Cabe merah	279,0	37,2	186,0	-	37,2	-
Lengkuas	19,7	3,3	-	6,6	13,2	26,4
Kunyit	4,9	4,9	4,9	-	9,8	9,8
Jahe	4,5	9,0	9,0	9,0	-	-
Daun salam	-	-	-	0,5	-	1,0
Daun jeruk purut	2,3	1,4	-	1,4	2,8	-
Daun kunyit	17,9	-	-	-	-	-
Adas	-	1,4	1,4	-	-	-
Jintan	-	0,3	1,2	0,6	-	-
Cengkeh	-	0,2	0,2	-	-	-
Kayu manis	-	1,2	1,4	-	-	-
Kapulaga	-	1,5	4,5	-	-	-
Asam	11,5	11,5	-	-	23,0	11,5
Klabet	-	0,1	-	-	-	-
Kluwak	-	-	-	-	50,0	-

Sumber : Yasa Boga (1997)

Keterangan : Data dimodifikasi

3. Bumbu Opor

Pertiwi (1992) melaporkan bahwa bumbu opor dengan konsentrasi 1% mampu mematikan *V. cholerae* dengan inkubasi pada suhu ruang.

Penambahan bumbu opor sebesar 5% bersifat bakterisidal terhadap *E. coli* dan *S. typhimurium*. Penyimpanan bumbu pada suhu refrigerator membutuhkan konsentrasi yang tinggi agar dapat menghambat pertumbuhan mikroba tetapi dengan semakin lamanya penyimpanan, bumbu telah kehilangan sifat antimikrobanya. Pemanasan bumbu pada suhu 80°C selama 25 menit tidak merusak daya antimikroba bumbu, tetapi bila bumbu mengalami sterilisasi maka senyawa antimikroba yang terdapat dalam bumbu menjadi tidak efektif lagi.

4. Bumbu Rendang

Seperti halnya bumbu opor, bumbu rendang dengan konsentrasi 1% bersifat bakterisidal terhadap *V. cholerae*, pada konsentrasi bumbu 5% dan 10% bumbu rendang mampu mematikan *S. typhimurium* dan *E. coli*. Sedangkan pada konsentrasi 5% bumbu rendang bersifat bakteristatik terhadap *E. coli*. Perlakuan pemanasan dan sterilisasi terhadap bumbu dapat menghilangkan sifat antimikroba bumbu dan menyebabkan stimulasi pertumbuhan bakteri (Harjono, 1992)

E. KARAKTERISTIK BEBERAPA MIKROBA PATOGEN DAN PERUSAK MAKANAN

1. *Pseudomonas sp.*

Pseudomonas merupakan salah satu jenis bakteri gram negatif yang berbentuk batang lurus (basil) atau kokus dan pada umumnya memproduksi pigmen yang larut air. Sebagian besar bakteri ini bersifat aerob obligat dan oksidase positif (Fardiaz, 1992). Spesies *Pseudomonas* banyak ditemukan

dalam air dan tanah dan sering menyebabkan kebusukan pada makanan (Fardiaz, 1983).

Bakteri ini umumnya bersifat mesofil dengan suhu optimum pertumbuhan 37°C (*P. aeruginosa* dan *P. fluorescens*) dan tidak tahan terhadap panas (mati pada suhu lebih dari 43°C). Bakteri ini juga bersifat tidak tahan CO₂ dan keadaan kering, namun pada a_w 0,970-0,998 dapat tumbuh dengan baik (Fardiaz, 1992).

2. *Escherichia coli*

E. coli merupakan bakteri gram negatif yang dapat tumbuh pada kondisi aerobik maupun anaerobik dan termasuk dalam grup *Enterobacteriaceae*. *E. coli* disebut juga koliform fekal karena ditemukan dalam saluran usus hewan dan manusia. Bakteri ini sering digunakan sebagai indikator kontaminasi kotoran (Fardiaz, 1992).

Kisaran suhu pertumbuhan *E. coli* adalah antara 10° - 40°C dengan suhu optimum 37°C. Kisaran pH antara 4-9 dengan nilai pH optimum untuk pertumbuhan adalah 7,0 - 7,5 dan nilai a_w minimum untuk pertumbuhan adalah 0,96. Bakteri ini bersifat sangat sensitif terhadap panas sehingga inaktif pada suhu pasteurisasi (Fardiaz, 1983). Selain itu, *E. coli* tumbuh baik dalam medium yang sederhana dan stabil serta mengandung glukosa, amonium sulfat dan sedikit garam mineral (Salle, 1978).

3. *Salmonella typhimurium*

Salmonella typhimurium termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*, merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang. *Salmonella* tidak membentuk spora, bersifat aerobik atau anaerobik fakultatif, dan motil

dengan flagela peritrikat (Salle, 1978). *Salmonella typhimurium* dapat tumbuh pada suhu 5-47°C dengan suhu optimum untuk pertumbuhan berkisar antara 35-37°C. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan berkisar antara 6,5-7,5 dengan a_w optimum 0,945-0,999 (Fardiaz, 1983).

Menurut Salle (1978), *S. typhimurium* banyak terdapat pada feses dan urin manusia yang terinfeksi, dan dapat mengkontaminasi bahan-bahan hewani beserta hasil olahannya. Bakteri ini juga dapat menyebabkan keracunan makanan dan penyakit tifus pada manusia.

4. *Vibrio cholerae*

Vibrio cholerae merupakan suatu bakteri gram negatif yang termasuk dalam famili *Vibrionaceae*. Bakteri ini pada umumnya mempunyai flagela polar tunggal, bersifat oksidase dan fermentatif, dan tidak membentuk spora (Fardiaz, 1992).

Vibrio cholerae bersifat anaerobik fakultatif, dapat tumbuh pada pH 6,4- 9,6 dengan pH optimum untuk pertumbuhan 7,8 - 8,0, sedangkan suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 18 - 37°C. Bakteri ini terdapat dalam air, ikan dan hasil laut yang masih mentah, buah-buahan atau sayuran, dan dapat disebarkan oleh lalat. Bakteri ini juga dapat memproduksi enterotoksin yang menyebabkan penyakit kolera epidemik, sering menyerang dan mempunyai kemampuan untuk berkembang biak dengan cepat dalam usus halus (Fardiaz, 1983).

5. *Staphylococcus aureus*

Bakteri ini merupakan bakteri koki gram positif yang termasuk dalam famili *Micrococcaceae*. Beberapa galur membentuk pigmen kuning keemasan dan tidak larut air. Sifat koagulase positif dari galur bakteri ini

dapat memproduksi bermacam-macam toksin sehingga mempunyai potensi patogenik tinggi dan dapat menyebabkan keracunan makanan (Salle, 1978).

Staphylococcus aureus bersifat anaerobik fakultatif tetapi pertumbuhan pada keadaan anaerobik sangat lambat. Suhu optimum untuk pertumbuhan *S. aureus* adalah 35-37°C dengan suhu minimum 6-7°C dan suhu maksimal 45,5°C. Bakteri ini dapat tumbuh pada pH 4,0 - 9,8 dengan pH optimum 7,0 - 7,5, sering terdapat pada pori-pori dan permukaan kulit, kelenjar keringat, dan saluran usus. *S. aureus* dapat menyebabkan intoksikasi dan infeksi seperti bisul, pneumonia, mastitis pada hewan dan manusia (Fardiaz, 1983).

6. *Listeria monocytogenes*

L. monocytogenes merupakan bakteri berbentuk batang agak bulat, kecil, gram positif, dan motil dengan flagela peritrikat. Bakteri ini tumbuh baik pada suhu 4-6°C dengan pH pertumbuhan optimum adalah 7,0-7,2 (Fardiaz, 1983). *Listeria monocytogenes* merupakan bakteri yang tahan terhadap panas dan terhadap keadaan lingkungan yang kering. Perlakuan pasteurisasi tidak dapat membunuh bakteri ini pada suhu 80°C selama 5 menit atau suhu 100°C selama 15 detik. *L. monocytogenes* diduga juga dapat menyebabkan gangguan mental, paralisis dan infeksi mononukleus pada hewan dan manusia (Fardiaz, 1983).

7. *Bacillus cereus*

Bakteri yang tergolong dalam famili *Bacillaceae* ini termasuk bakteri berukuran sel besar yaitu 1,0 - 1,2 μ dengan panjang 3,0 - 5,0 μ ., bersifat anaerob fakultatif dan dapat membentuk spora (Fardiaz, 1992).

B. cereus pada umumnya terdapat di dalam tanah dan pada tanaman, sering tumbuh pada makanan-makanan yang mengandung daging, nasi, dan lain-lain, serta dapat menyebabkan kebusukan makanan. Bakteri tersebut tumbuh pada suhu 10-48°C dan pH 4,9-9,3. Suhu optimum yang diperlukan untuk pertumbuhannya berkisar antara 28-35°C dan pH optimum 7,0-7,5 (Fardiaz, 1983). *B. cereus* juga memproduksi enzim proteolitik yang sifatnya menyerupai rennin sehingga dapat menggumpalkan susu. Toksin yang dihasilkan oleh bakteri ini ada 2 macam yaitu (1) toksin diaregenik dan (2) toksin emetik (Fardiaz, 1992).

8. *Aspergillus flavus*

Kapang *Aspergillus* termasuk dalam famili *Moniliaceae*. Grup *Aspergillus flavus* merupakan famili yang penting dalam fermentasi beberapa bahan pangan mentah dan produksi enzim, tetapi kapang pada grup ini juga sering terlibat dalam pembusukan makanan. Produk-produk sereal merupakan media yang disukai kapang *Aspergillus flavus* yang memproduksi racun yang disebut aflatoksin yang berbahaya bagi tubuh manusia (Frazier dan Westhoff, 1988).

Ciri-ciri spesifik dari kapang *Aspergillus* antara lain hifa septat dan miselium bercabang, biasanya tidak berwarna, koloni kompak, konidia septat atau nonseptat, muncul dari "foot cell", konidiofora membengkak menjadi vesikel pada ujungnya, membawa sterigmata dimana tumbuh konidia, sterigmata biasanya sederhana, berwarna atau tidak berwarna, konidia membentuk rantai yang berwarna hijau, coklat atau hitam, dan beberapa species tumbuh baik pada suhu 37°C atau lebih (Fardiaz, 1992). Kapang ini

tumbuh dengan a_w minimal 0,78 dan kisaran suhu optimum untuk memproduksi aflatoksin adalah 25-35°C (Syarief dan Hariyadi, 1993).

9. *Penicillium* sp.

Penicillium sp. seperti halnya *Aspergillus* termasuk dalam famili *Moniliaceae* (Frazier dan Westhoff, 1988). Kapang ini sering menyebabkan terjadinya kerusakan pada sayuran, buah-buahan, dan sereal. Tetapi kapang ini juga sering digunakan dalam pembuatan antibiotik seperti penisilin oleh *P. notatum* dan digunakan untuk pematangan keju, misalnya keju *Camembert* oleh *P. camemberti* (Fardiaz, 1992).

Penicillium sp. mempunyai ciri-ciri spesifik antara lain hifa septat, miselium bercabang, biasanya tidak berwarna; konidiofora septat muncul di atas permukaan, berasal dari hifa di bawah permukaan, bercabang atau tidak bercabang; kepala yang membawa spora berbentuk seperti sapu, dengan sterigmata muncul dalam kelompok; konidia membentuk rantai karena muncul satu per satu dari sterigmata; konidia pada waktu masih muda berwarna hijau, kemudian berubah menjadi kebiruan atau kecoklatan. Kapang ini tumbuh baik ada a_w minimum 0,81 dan mulai memproduksi toksin pada a_w 0,85 (Fardiaz, 1992).

A. BAHAN DAN ALAT

1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah enam buah jenis bumbu sangrai instan merk Bamboe. Jenis-jenis bumbu yang digunakan adalah bumbu ayam goreng, gulai, kare, opor, rawon, dan bumbu rendang dengan komposisi rempah-rempah tercantum pada Lampiran 1.

Kultur bakteri perusak makanan yang digunakan adalah *Pseudomonas sp.*, sedangkan kultur bakteri patogen yang digunakan meliputi *E. coli*, *S. typhimurium*, *V. cholerae*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*. Kultur kapang yang digunakan adalah *Aspergillus flavus* dan *Penicillium sp.* Selain itu sifat antimikroba juga diuji terhadap ekstrak daging sebagai model sistem makanan.

Media yang digunakan adalah *Plate Count Agar* (PCA) untuk menghitung jumlah mikroba awal yang terdapat pada bumbu, seleksi bumbu yang mempunyai aktivitas antimikroba, dan media pemupukan pada aktivitas antimikroba dengan metode kontak. *Nutrient Broth* (NB) digunakan sebagai media pemeliharaan kultur bakteri dan *Potatoe Dextrose Broth* (PDB) sebagai media pemeliharaan kultur kapang untuk seleksi bumbu yang mempunyai aktivitas antimikroba, dan sebagai pelarut bumbu pada penentuan aktivitas antimikroba dengan metode kontak. Bahan-bahan kimia yang digunakan terdiri dari larutan NaOH 0,1 M yang sudah distandarisasi dengan kalium hidrogen ptalat, NaOH 10%, 0,05 N dan 0,1 N, indikator

fenolftalein 0,1%, larutan perak nitrat 0,1 M, larutan potasium kromat 5%, larutan HCl encer (1:3), khloroform, NaCl dan toluena.

2. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah buret 50 ml, erlenmeyer 250 ml, labu takar 500 ml dan 250 ml, labu pemisah 500 ml, pH-meter, pemanas berjaket, tabung Bidwel-Sterling, kondensor dan labu didih. Untuk analisis mikrobiologi digunakan antara lain tabung reaksi, pipet 0,1 dan 1 ml, cawan petri, jarum ose, erlenmeyer, ruang aseptik, inkubator dan pemanas spirtus. Sterilisasi alat-alat gelas terutama cawan petri, pipet dan tabung reaksi dilakukan pada oven pengering dengan suhu 160°C selama 6 jam. Sterilisasi media menggunakan otoklaf dilakukan pada suhu 121°C tekanan 15 psi selama 15 menit.

B. METODE

1. Analisis Data Dasar Bumbu

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dasar bumbu yang diperkirakan berpengaruh terhadap sifat anti mikroba bumbu yaitu analisis awal terhadap kadar air (basis kering), nilai pH, kadar garam, kadar bahan pengawet (benzoat), dan total mikroba awal dari sampel. Metoda analisis data dasar bumbu adalah sebagai berikut:

a. Analisis kadar air dengan metode destilasi (Apriyantono et al, 1989)

Prinsip analisis kadar air adalah air dikeluarkan dari sampel dengan cara destilasi azeotropik kontinyu dengan menggunakan pelarut

"immiscible". Air kemudian dikumpulkan dalam tabung penerima sehingga volume air yang terkumpul dapat diketahui. Karena berat jenis pelarut lebih kecil dari berat jenis air, maka air selalu berada di bawah pelarut dan pelarut akan kembali ke labu didih.

Pada analisis kadar air, sampel ditimbang sebanyak 5 g. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam labu didih yang telah dikeringkan dan ditambahkan 100 ml toluena. Campuran dipanaskan dengan pemanas listrik dan direfluks perlahan-lahan pada suhu 80°C selama 1,5 jam. Setelah itu volume air yang terdistilasi (V_a) dapat dibaca pada labu Bidwel-Sterling. Penentuan juga dilakukan terhadap air destilata dengan jumlah dan cara yang sama untuk mendapatkan faktor distilasi.

$$\text{faktor distilasi} = \frac{\text{berat air yang didistilasi}}{V_a} ;$$

$$\text{Kadar air} = \frac{V_a \times \text{faktor destilasi} \times 100\%}{W} ;$$

W = berat sampel (g)

b. Pengukuran nilai pH (Apriyantono et al, 1989)

Nilai pH pada sampel menunjukkan banyaknya kandungan ion H^+ yang ada pada sampel. Pengukuran nilai pH sampel bumbu dilakukan secara duplo dengan mengambil sebanyak 10 g sampel yang dilarutkan dalam 10 ml air destilata. Setelah itu, nilai pH sampel dapat langsung dibaca pada pH-meter yang telah dikalibrasi dengan buffer pH 4 dan pH 7.

c. Analisis kadar garam metode modifikasi Mohr (Apriyantono et al, 1989)

Prinsip pengukuran kadar garam adalah sampel kering hasil pengabuan dapat langsung dititrasi dengan perak nitrat. Ion-ion perak mengendap sebagai perak klorida sampai ion klorida habis dan kelebihan perak diukur dengan potasium kromat.

Analisa kandungan garam dilakukan dengan menitrasi langsung sampel kering hasil pengabuan dengan perak nitrat. Jumlah sampel yang diabukan adalah 5 g. Abu sampel tersebut kemudian dipindahkan dengan sedikit mungkin akuades ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 1 ml larutan potasium kromat 5% dan dititrasi sampai tercapai warna oranye atau jingga pertama. Jumlah kandungan garam dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ garam NaCl} = \frac{T \times M \times 5,84}{W} ;$$

T = titer (ml) ;

M = molaritas AgNO₃ ;

W = berat sampel (g)

d. Analisis kuantitatif natrium benzoat (Apriyantono et al, 1989)

Dalam sampel yang sudah dijenuhkan dengan larutan NaCl, asam benzoat yang ada dalam sampel diubah menjadi natrium benzoat yang larut air dengan penambahan NaOH. Jika larutan natrium benzoat diasamkan dengan HCl berlebih, akan terbentuk asam benzoat yang tidak larut dalam air yang dapat diekstrak dengan kloroform. Kloroform dapat dihilangkan dengan penguapan, kemudian residu yang mengandung asam benzoat dilarutkan dalam alkohol dan dititrasi dengan NaOH standar.

Diambil sebanyak 100 ml filtrat sampel dan dimasukkan ke dalam labu pemisah. Filtrat kemudian dinetralkan dengan penambahan HCl encer (1:3) dan ditambahkan lagi 5 ml HCl sesudah netral. Filtrat diekstrak dengan kloroform beberapa kali dengan volume kloroform berturut-turut 70, 50, 40, dan 30 ml. Untuk mencegah pembentukan emulsi, filtrat digoyang secara kontinyu setiap kali ekstraksi dengan gerakan rotasi. Setiap ekstraksi selesai, lapisan kloroform yang jernih diambil sebanyak mungkin dan dipindahkan ke dalam erlenmeyer 250 ml. Labu pemisah dicuci dengan 5-10 ml kloroform. Selanjutnya kloroform yang didapat didestilasi lambat pada suhu rendah sampai didapatkan seperempat volume semula. Kemudian diuapkan pada penangas air sampai tertinggal beberapa tetes cairan. Residu tersebut dikeringkan semalam dalam desikator yang berisi H_2SO_4 pekat. Residu asam benzoat tersebut selanjutnya dilarutkan dalam 50 ml alkohol netral, kemudian ditambahkan 12-15 ml air dan 1-2 tetes fenolftalein. Setelah itu dititrasi dengan NaOH 0,05 N. Jumlah natrium benzoat dalam sampel dihitung dengan rumus :

$$\text{Na-benzoat (ppm)} = \frac{T \times N \times 144 \times V1 \times 10^6}{V2 \times W \times 1000};$$

T = volume titer (ml) ;

N = normalitas NaOH ;

V1 = volume larutan yang dibuat pada persiapan sampel (ml) ;

V2 = volume yang diambil untuk penetapan (ml) ;

W = berat sampel (g)

e. Penentuan total mikroba dengan metode agar cawan (Fardiaz, 1989)

Sampel sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan pengencer steril. Dari campuran tersebut diperoleh pengenceran 10^{-1} . Campuran dikocok, kemudian ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan pengencer steril ditambahkan 1 ml larutan dari tabung reaksi pertama sehingga diperoleh pengenceran 10^{-2} . Dengan cara yang sama diperoleh pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan seterusnya. Dari tiap-tiap pengenceran yang diinginkan, dipipet secara aseptis 1 ml larutan dan dimasukkan ke dalam cawan petri steril. Ke dalam masing-masing cawan ditambahkan kurang lebih 10-15 ml larutan PCA steril. Setelah itu cawan petri disimpan dalam inkubator bersuhu $30-32^{\circ}\text{C}$ selama 2-3 hari dengan posisi terbalik. Koloni-koloni yang tumbuh kemudian dihitung menurut aturan *Standar Plate Count*.

2. Seleksi Awal Sifat Antimikroba Bumbu (Fardiaz, 1989)

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pertumbuhan mikroba pada media yang mengandung bumbu masak secara kualitatif dengan mempersiapkan agar cawan PCA (Plate Count Agar) yang mengandung 0, 5, 10, 15, dan 20% b.k. masing-masing bumbu beserta kultur berumur 24 jam dari masing-masing mikroba dalam NB (Nutrient Broth) dengan suhu inkubasi 37°C dan ekstrak daging. Kemudian masing-masing kultur tersebut digoreskan pada permukaan agar yang disiapkan, dan dilakukan duplo untuk setiap cawan. Setelah itu diinkubasikan dengan posisi terbalik pada suhu 37°C selama 24-48 jam (untuk bakteri) atau 30°C selama 2-3 hari (untuk kapang). Lalu dilakukan pengamatan terhadap

kerapatan pertumbuhan masing-masing mikroba. Kerapatan pertumbuhan mikroba tersebut dinyatakan dalam angka mulai 0 sampai 6, yaitu :

- 0 = tidak ada pertumbuhan mikroba sama sekali pada agar cawan
- 1 = terdapat sedikit sekali pertumbuhan
- 2 = terdapat pertumbuhan yang agak banyak
- 3 = pertumbuhan banyak/lebar
- 4 = pertumbuhan sangat banyak/lebar
- 5 = pertumbuhan hampir menutupi seluruh permukaan cawan, dan
- 6 = pertumbuhan mikroba menutupi seluruh permukaan cawan

Kerapatan pertumbuhan relatif dinyatakan dalam perbandingan angka kerapatan pertumbuhan pada konsentrasi bumbu tertentu dengan angka kerapatan pertumbuhan pada media tanpa bumbu.

3. Sifat Antimikroba Dengan Metode Agar Cawan (Fardiaz, 1989)

Tahap ini ditujukan untuk mengetahui jumlah koloni mikroba yang terdapat pada media agar dan laju pertumbuhan spesifik dari setiap mikroba. Disiapkan kultur mikroba berumur 24 jam dalam NB dengan suhu inkubasi 37°C dan ekstrak daging. Disiapkan pula medium NB yang mengandung 4 jenis konsentrasi bumbu, yaitu 0, 10, 15, dan 20%, dalam erlenmeyer kemudian disterilisasi. Penentuan jenis dan konsentrasi bumbu serta jenis mikroba ditetapkan berdasarkan hasil seleksi sifat antimikroba dengan metoda 2. Sebanyak 0,1 ml kultur diinokulasikan ke dalam masing-masing tabung bumbu dan masing-masing konsentrasi. Setelah itu diinkubasikan dalam shaker dengan putaran 150 rpm pada suhu ruang dan dilakukan pemupukan cawan setiap 0, 3, 6, 9, 24 dan 30 jam (untuk bakteri). Pemupukan dilakukan pada 4 tingkat pengenceran secara duplo. Cawan diinkubasikan pada suhu ruang selama 24-48 jam (untuk bakteri).

Kemudian dilakukan perhitungan jumlah koloni per g sesuai dengan peraturan *Standar Plate Count* dan dihitung jumlah Log Nt/No untuk setiap bumbu, konsentrasi dan setiap mikroba. Nilai Nt menunjukkan jumlah koloni pada waktu t, sedangkan nilai No menunjukkan jumlah koloni pada waktu awal inkubasi.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. ANALISIS DATA DASAR BUMBU

Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan analisis terhadap kadar air, kadar garam, nilai pH, total mikroba dan kadar Na-benzoat. Hasil analisis tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis data dasar bumbu

Jenis bumbu	Kadar air (%)	Kadar garam (%)	pH	Total mikroba (koloni/g)	Na-benzoat (ppm)
Ayam goreng	30,96	2,56	5,49	$1,1 \times 10^1$	-
Gulai	30,80	1,69	4,92	$0,8 \times 10^1$	-
Kare	36,26	1,65	5,04	$0,8 \times 10^1$	-
Opor	35,05	1,32	5,22	$7,4 \times 10^1$	-
Rawon	34,13	1,78	4,97	$0,7 \times 10^1$	-
Rendang	38,31	1,86	4,86	$2,6 \times 10^1$	-

Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa keenam jenis bumbu mempunyai kadar air yang cukup rendah yaitu sekitar 30-40%. Bumbu rendang mempunyai kadar air tertinggi yaitu 38,31% dan kadar air terendah terdapat pada bumbu gulai yaitu 30,80%. Produk pangan yang mempunyai kadar air dan aktivitas air yang tinggi pada umumnya cenderung meningkatkan jumlah dan ragam mikroba yang dapat tumbuh. Oleh karena itu, rendahnya kadar air bumbu-bumbu yang diuji diduga menjadi salah satu faktor penyebab kecilnya jumlah mikroba awal pada bumbu tersebut.

Penambahan garam pada bahan pangan menurut Buckle et al (1985)

akan berperan sebagai penghambat selektif pada mikroorganisme tertentu, karena garam dapat mempengaruhi besarnya aktivitas air dalam bahan pangan.

Menurut Gunsalus dan Stanier (1962), garam dengan konsentrasi 5-10% mampu untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dan bakteri obligat anaerob. Kapang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap garam, sehingga beberapa galur kapang dapat tumbuh dengan baik pada konsentrasi garam 10-15%. Kadar garam bumbu pada umumnya cukup rendah yaitu antara 1-2,6%. Diduga penambahan garam dalam bumbu tidak dimaksudkan untuk mengawetkan bumbu dari kerusakan akibat mikroba, tetapi hanya sebagai penambah rasa pada bumbu.

Nilai pH medium sangat mempengaruhi jenis mikroba yang tumbuh. Pada umumnya bakteri mempunyai pH optimum, yaitu pH dimana pertumbuhannya maksimum, sekitar 6,5-7,5. Bila pH medium berada di bawah 5,0 dan diatas 8,5, maka bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik (Fardiaz, 1992). Bumbu opor, rendang, gulai, rawon, kare, dan ayam goreng mempunyai pH yang cukup rendah yaitu pH 4,0-5,5, sehingga bakteri pada umumnya tidak dapat berkembang biak dengan baik di dalam bumbu tersebut. Diduga adanya komponen rempah-rempah seperti cabe merah, kunyit, daun jeruk purut, dan asam dapat menyebabkan rendahnya nilai pH pada bumbu.

Rempah-rempah dapat terkontaminasi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan kapang yang berasal dari tanah, pekerja, hama tanaman seperti burung, tikus dan serangga, serta kontaminasi air yang digunakan dalam proses pengolahan. Selain itu dalam rempah-rempah terdapat mikroflora alami seperti *Bacillus* sp. dan *Aspergillus* sp. (Siliker, 1980).



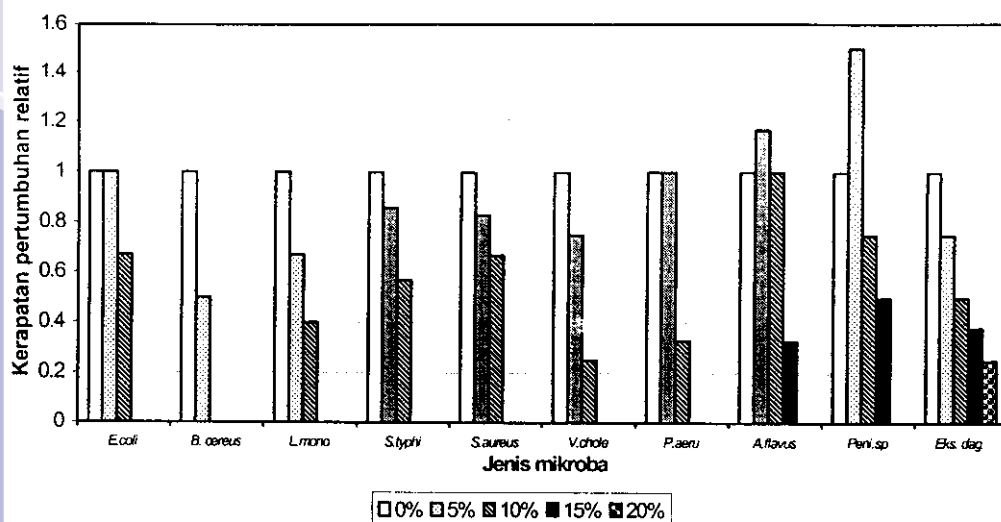
Pada umumnya, bumbu mempunyai jumlah mikroba awal yang sangat rendah yaitu berkisar antara 5-26 koloni per g. Rendahnya jumlah mikroba diduga disebabkan adanya pemasakan terlebih dahulu pada bumbu tersebut.

Pemasakan pada suhu 85-95°C selama 15 menit dapat menyebabkan perubahan flavor, warna dan tekstur, meningkatnya nilai cerna komponen pangan, destruksi mikroorganisme dan toksin, serta inaktivasi enzim-enzim yang tidak dikehendaki.

B. SELEKSI AWAL SIFAT ANTIMIKROBA BUMBU

1. Bumbu Ayam Goreng

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba yang paling peka terhadap bumbu ayam goreng adalah *B. cereus* yaitu mulai konsentrasi 5 % telah dapat dihambat pertumbuhannya sampai setengah dari jumlah awal dan pada konsentrasi 10% sudah bersifat bakterisidal. Sementara *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *V. cholerae*, dan *P. aeruginosa* mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan pada konsentrasi 10% dibandingkan kontrol dengan angka kerapatan pertumbuhan relatif 0,67, 0,4, 0,57, 0,25, dan 0,33, sedangkan pada konsentrasi 15% pertumbuhan semua bakteri tidak terdeteksi lagi. Ekstrak daging sebagai model sistem makanan mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan dengan semakin meningkatnya konsentrasi bumbu dan pada konsentrasi 20% mencapai angka kerapatan pertumbuhan relatif 0,25 seperti tercantum pada Lampiran 2



Gambar 1. Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap pertumbuhan mikroba

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada *A. flavus* dan *Penicillium sp.* terjadi peningkatan kerapatan pertumbuhan dengan penambahan bumbu ayam goreng sebesar 5%, tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu mulai konsentrasi 10% pertumbuhan kedua kapang ini menurun hingga di bawah kontrol. Diduga pada konsentrasi 5% kandungan komponen antimikroba dalam bumbu hanya sedikit sehingga mampu diatasi oleh kapang, dan zat gizi yang terdapat di dalam bumbu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan. Pada konsentrasi bumbu yang lebih besar jumlah zat antimikroba juga semakin bertambah banyak sehingga mampu untuk berpenetrasi ke dalam sel dan menghambat pertumbuhan kapang.

Bumbu ayam goreng mempunyai komposisi rempah-rempah paling sedikit diantara bumbu lainnya. Efek penghambatan bumbu ayam goreng diduga disebabkan penambahan kunyit yang cukup besar. Pengaruh

penghambatan kunyit disebabkan oleh adanya senyawa kurkumin dalam kunyit yang merupakan senyawa turunan golongan fenol (Suwanto, 1983). Selain itu, komponen antimikroba yang terdapat dalam lengkuas yaitu eugenol dan galanga serta dalam rempah-rempah lain dapat memperkuat aktivitas antimikroba bumbu ayam goreng (Rismunandar, 1988).

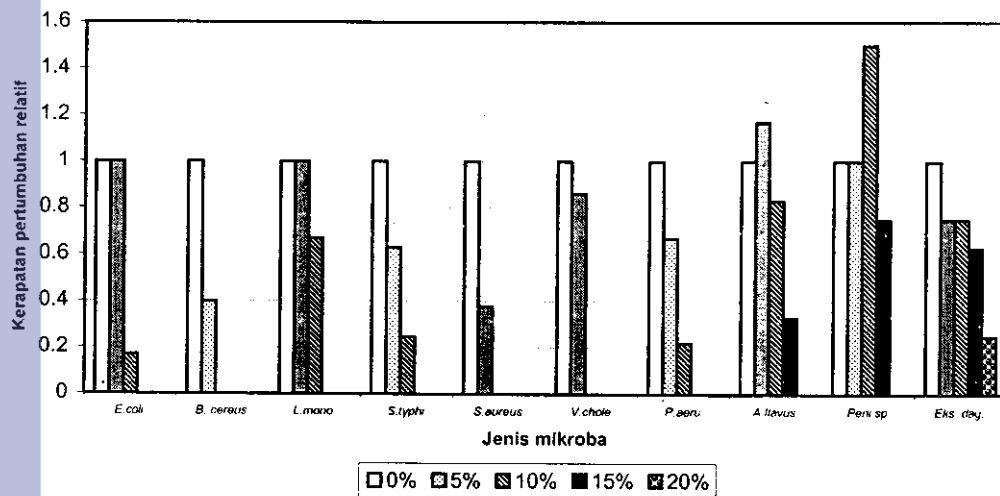
2. Bumbu Gulai

Pada konsentrasi 5%, *E. coli* dan *L. monocytogenes* tidak mengalami perubahan kerapatan pertumbuhan dengan angka kerapatan pertumbuhan relatif sama dengan kontrol yaitu 1 (Lampiran 3). Bumbu gulai dengan konsentrasi 10% selain mampu menurunkan pertumbuhan kedua bakteri tersebut juga dapat menurunkan kerapatan pertumbuhan *S. typhimurium* dan *P. aeruginosa* sampai mencapai kerapatan pertumbuhan relatif 0,25, sedangkan pada *V. cholerae* tidak terlihat adanya pertumbuhan. Seperti terlihat pada Gambar 2, *B. cereus* dan *S. aureus* merupakan bakteri yang paling peka terhadap bumbu gulai yaitu pada konsentrasi 5% telah mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan yang tajam hingga kurang dari seperempat dibandingkan kontrol, dengan angka kerapatan pertumbuhan relatif 0,4 dan 0,38, dan pada konsentrasi yang lebih besar pertumbuhan tidak terdeteksi lagi.

Kapang *A. flavus* pada konsentrasi 5% mengalami peningkatan kerapatan pertumbuhan melebihi kontrol, tetapi menurun terus sampai kurang dari sepertiga pada konsentrasi bumbu 20%, sedangkan mikroba dalam ekstrak daging mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan dengan semakin meningkatnya konsentrasi bumbu. Diduga pada konsentrasi bumbu

yang lebih besar, jumlah zat antimikroba dari rempah-rempah dalam bumbu semakin meningkat.

Kemampuan bakterisidal dari bumbu gulai juga didukung kondisi bumbu yang asam dengan nilai pH rendah dibandingkan bumbu lainnya yaitu 4,92. Keadaan asam ini diduga dapat meningkatkan aktivitas fenol (Hugo dan Russel, 1981) yang merupakan bagian terbesar dari zat antimikroba dalam bumbu untuk menghambat pertumbuhan mikroba, dan dengan kondisi asam ini bakteri tidak dapat berkembang biak.

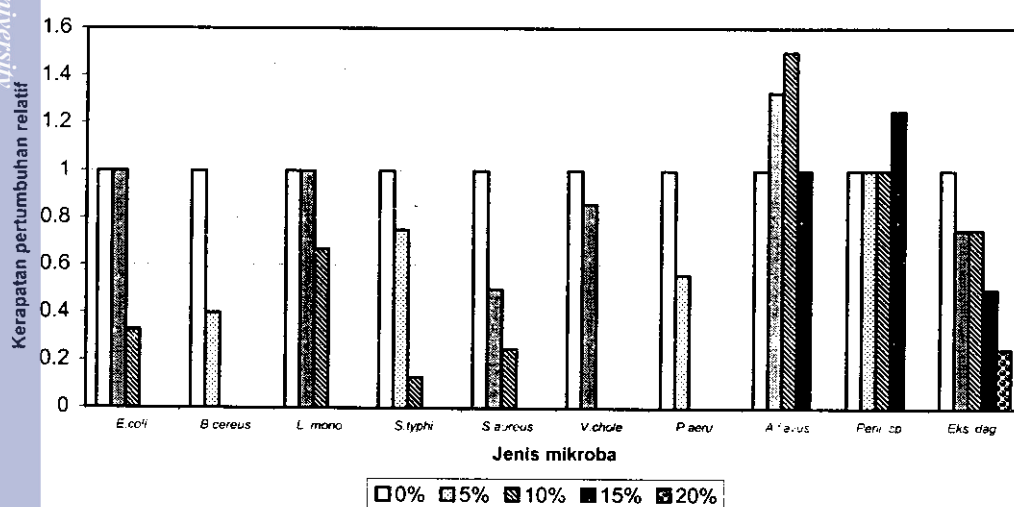


Gambar 2. Pengaruh bumbu gulai terhadap pertumbuhan mikroba

3. Bumbu Rendang

B. cereus merupakan mikroba yang paling rentan terhadap pengaruh bumbu rendang. Pada konsentrasi 5% *B. cereus* mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan sampai kurang dari setengah dibandingkan kontrol, dengan angka kerapatan pertumbuhan relatif 0,4 seperti terlihat pada Lampiran 4. Selain *B. cereus*, *V. cholerae* dan *P. aeruginosa* juga mengalami

penurunan kerapatan pertumbuhan pada konsentrasi 5%. Kemudian pada konsentrasi bumbu 10% ketiga bakteri tersebut tidak dapat tumbuh sama sekali. Sedangkan *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* dan *S. aureus* telah dapat dihambat pertumbuhannya pada konsentrasi bumbu rendang 15% (Gambar 3). Mikroba dalam ekstrak daging juga mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan dengan semakin meningkatnya konsentrasi bumbu rendang, dan pada konsentrasi 20% angka kerapatannya menjadi 0,25.



Gambar 3. Pengaruh bumbu rendang terhadap pertumbuhan mikroba

Bumbu rendang dengan konsentrasi 5% mampu meningkatkan pertumbuhan *A. flavus* hingga mencapai satu setengah kalinya dan dengan semakin tinggi konsentrasi bumbu pertumbuhan dapat ditekan pada konsentrasi 15% sampai dua per tiga dari jumlah mikroba awal. Sedangkan *Penicillium sp.* dengan konsentrasi bumbu yang semakin besar dapat merangsang pertumbuhan kapang tersebut. Kapang diduga mampu untuk memanfaatkan kandungan nutrisi dalam bumbu, karena pertumbuhannya melebihi kontrol.

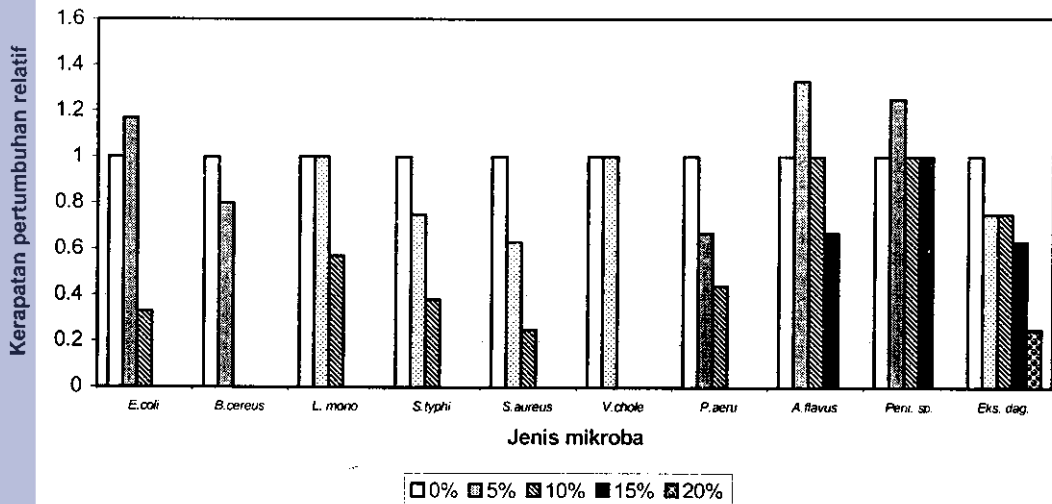
Aktivitas bumbu rendang disebabkan oleh komponen rempah-rempah penyusun bumbu. Cabe merah merupakan komponen rempah-rempah yang ditambahkan dalam jumlah besar pada bumbu rendang. Dewanti (1984) melaporkan bahwa komponen kapsaisin pada cabe merah diduga memberikan kontribusi yang besar terhadap aktivitas antimikroba cabe merah. Pruthi (1980) menyatakan bahwa senyawa antimikroba yang terdapat dalam cabe merah adalah gugus vanilamid pada kapsaisin. Aktivitas antimikroba tersebut diduga serupa dengan aktivitas fenol sebagai antimikroba. Selain kapsaisin, senyawa kurkumin yang terdapat pada kunyit, limonen dan sitral pada daun jeruk purut serta senyawa anti mikroba pada komponen rempah-rempah lainnya dapat bersifat saling memperkuat efek penghambatan bumbu rendang terhadap mikroba.

4. Bumbu Kare

Bumbu kare pada konsentrasi 10% mampu menghambat pertumbuhan *B. cereus* dan *V. cholerae*. *E. coli* pada konsentrasi bumbu 5% mengalami peningkatan kerapatan pertumbuhan melebihi kontrol, ditunjukkan oleh angka kerapatan pertumbuhan relatif sebesar 1,17 seperti tercantum pada Lampiran 5. Tetapi dengan konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 15%, bumbu kare bersifat bakterisidal terhadap *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, dan *P. aeruginosa*. Mikroba dalam ekstrak daging juga mengalami penurunan kerapatan pertumbuhan dengan semakin meningkatnya konsentrasi bumbu.

Kemampuan zat antimikroba untuk menghambat pertumbuhan diduga didukung oleh kondisi bumbu yang cukup asam dengan nilai pH 5,04,

sedangkan bakteri pada umumnya hidup pada kondisi lingkungan dengan nilai pH netral yaitu nilai pH yang optimum untuk pertumbuhannya. Nilai pH medium merupakan salah satu dari faktor-faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan, aktivitas fisiologis, dan kematian dari mikroorganisme. Oleh karena itu pada kondisi bumbu kare yang cukup asam ini bakteri tidak dapat berkembang biak. Aktivitas bakterisidal bumbu kare semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi bumbu. Hal ini diduga disebabkan oleh semakin meningkatnya jumlah komponen antimikroba yang terdapat dalam bumbu kare.



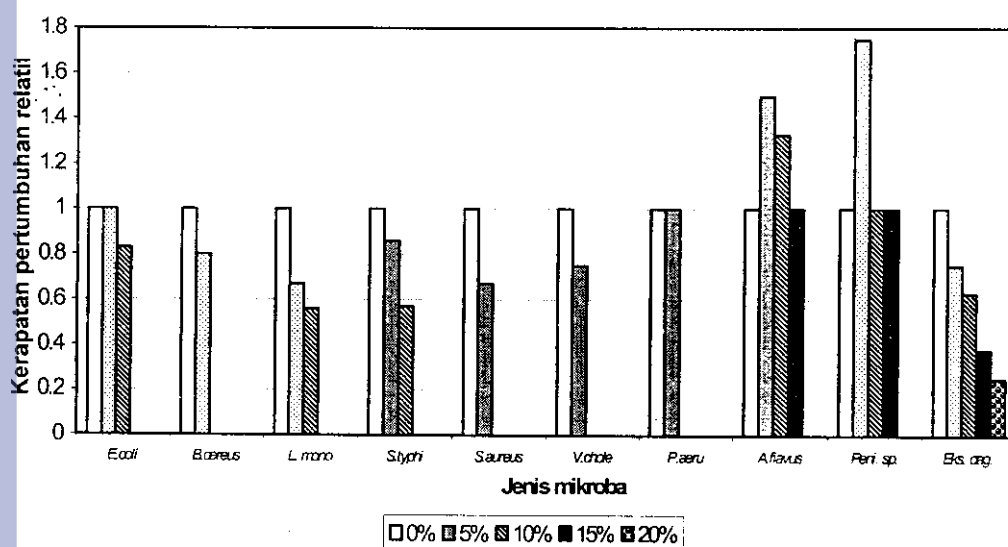
Gambar 4. Pengaruh bumbu kare terhadap pertumbuhan mikroba

Penicillium sp. dan *A. flavus* pada konsentrasi 5% mengalami peningkatan kerapatan pertumbuhan seperti terlihat pada Gambar 4. Adanya kondisi media yang cukup asam pada bumbu kare ternyata tidak mempengaruhi kemampuan kapang untuk tumbuh. Tetapi pada konsentrasi

yang lebih besar, jumlah zat antimikroba semakin banyak sehingga mampu untuk menghambat pertumbuhan kapang.

5. Bumbu Rawon

Bila dibandingkan dengan 5 jenis bumbu lainnya, bumbu rawon mempunyai pengaruh yang paling kuat dalam menghambat pertumbuhan mikroba (Gambar 5). Pada konsentrasi 10% bumbu rawon mampu bersifat bakterisidal terhadap *B. cereus*, *S. aureus*, *V. cholerae* dan *P. aeruginosa*.



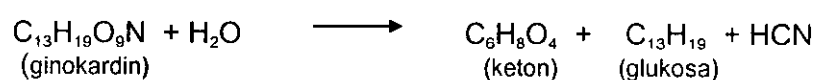
Gambar 5. Pengaruh bumbu rawon terhadap pertumbuhan mikroba

L. monocytogenes dan *S. typhimurium* tidak tumbuh pada konsentrasi bumbu rawon 15%. *E. coli* terlihat masih bertahan pada konsentrasi bumbu 5% dengan angka kerapatan pertumbuhan relatif 1, tetapi dengan meningkatnya konsentrasi kerapatan pertumbuhan semakin

menurun dan pada konsentrasi 20% pertumbuhannya sudah terhambat sama sekali.

A. flavus sampai konsentrasi 10% mampu berkembang biak hingga kerapatan pertumbuhannya meningkat di atas kontrol, begitu pula *Penicillium sp.* masih dapat tumbuh pada konsentrasi 5%. Tetapi penambahan bumbu hingga konsentrasi 15% mampu menurunkan kerapatan pertumbuhannya. Mikroba dalam ekstrak daging mengalami penurunan yang tajam dengan peningkatan konsentrasi bumbu, yaitu kerapatan pertumbuhannya menurun hingga angka kerapatan pertumbuhan relatif mencapai 0,25 seperti yang tercantum pada Lampiran 6.

Aktivitas bakterisidal dari bumbu rawon diduga diperkuat dengan adanya keluak atau picung yang mempunyai aktivitas antimikroba cukup tinggi. Baik daun, biji maupun bagian-bagian lainnya dari tanaman picung mengandung senyawa beracun. Hal ini disebabkan oleh senyawa glikosida yang ada di dalamnya yaitu ($C_{13}H_{19}O_9N$). Karena pengaruh enzim glikosidase maka senyawa tersebut mengalami hidrolisis dengan membebaskan HCN seperti reaksi berikut :

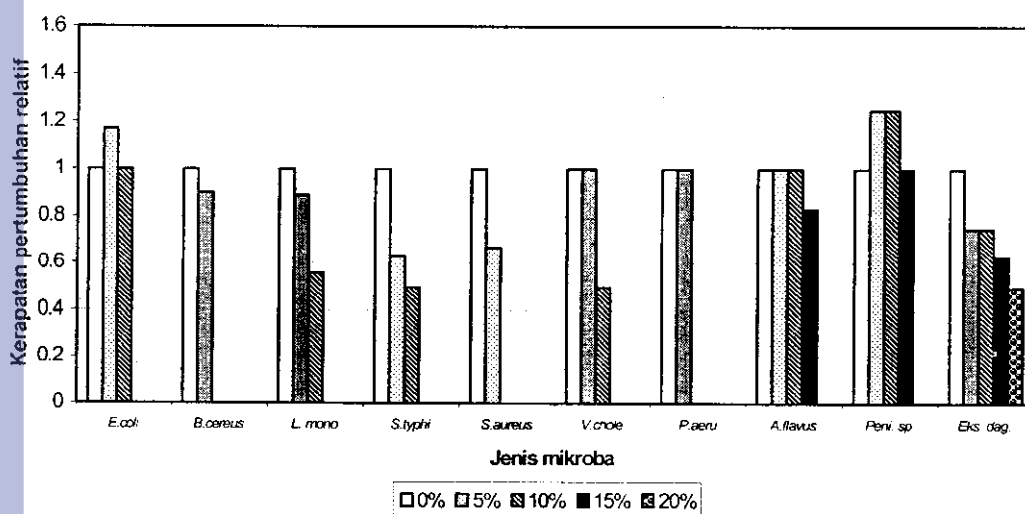


Campuran rempah-rempah yang terdapat dalam bumbu rawon umumnya mengandung senyawa antimikroba yang tergolong senyawa fenolik, terpen atau alkohol dan diduga dikeluarkan ke dalam medium pertumbuhan sehingga merusak membran sel bakteri, dengan cara melarutkan lemak yang terdapat pada dinding sel. Hal tersebut dapat

menyebabkan kebocoran sel bakteri yang ditandai dengan keluarnya makromolekul seperti protein dari asam nukleat dalam sel.

6. Bumbu Opor

B. cereus dan *S. aureus* merupakan bakteri yang paling sensitif terhadap bumbu opor seperti terlihat pada Gambar 6, yaitu pada konsentrasi 5% bumbu mampu menurunkan kerapatan pertumbuhan di bawah kontrol, ditunjukkan oleh angka kerapatan pertumbuhan relatif sebesar 0,9 dan 0,67 (Lampiran 7), sedangkan *P. aeruginosa* tidak mengalami perubahan kerapatan. Bumbu opor dengan konsentrasi 10% mampu menghambat pertumbuhan ketiga bakteri tersebut dan menurunkan pertumbuhan *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* dan *V. cholerae* sampai setengahnya dari kontrol, dan pada konsentrasi 15% pertumbuhan sudah tidak terdeteksi lagi.



Gambar 6. Pengaruh bumbu opor terhadap pertumbuhan mikroba

E. coli merupakan bakteri yang paling tahan terhadap bumbu opor dibandingkan bakteri-bakteri lainnya. Dengan konsentrasi bumbu opor 5%

E. coli mampu berkembang biak hingga angka kerapatan pertumbuhan relatifnya melebihi kontrol yaitu 1,17, kemudian terjadi penurunan pada konsentrasi 10% dan pada konsentrasi 15% pertumbuhan telah dapat dihambat. Bumbu opor dengan konsentrasi 15% hanya mampu menurunkan sedikit kerapatan pertumbuhan *A. flavus* di bawah kontrol dan pada *Penicillium sp.* tidak memperlihatkan pengaruh yang berarti, sedangkan bumbu opor mampu untuk menurunkan kerapatan pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging dengan semakin meningkatnya konsentrasi.

Pertiwi (1992) melaporkan bahwa bumbu opor segar mampu bersifat bakterisidal terhadap *E. coli* dan *S. typhimurium* pada konsentrasi 5%, dan terhadap *V. cholerae* dengan konsentrasi 1%. Efek penghambatan bumbu opor yang lebih kecil pada penelitian ini diduga karena penambahan minyak nabati pada bumbu. Menurut Shelef (1983), lemak sangat efektif dalam melindungi bakteri dari senyawa antimikroba dan dapat mengurangi penetrasi senyawa antimikroba ke dalam sel bakteri.

Pada umumnya bakteri gram positif seperti *B. cereus* dan *S. aureus* lebih sensitif terhadap aktivitas antimikroba bumbu dibandingkan bakteri gram negatif seperti *E. coli* dan *S. typhimurium*. Daya tahan yang lebih rendah dari golongan bakteri gram positif dibandingkan bakteri gram negatif terhadap komponen antimikroba dalam bumbu diduga disebabkan karena perbedaan struktur dinding sel bakteri. Dinding sel bakteri gram positif umumnya lebih sederhana dibandingkan dengan dinding sel bakteri gram negatif. Bakteri gram positif mempunyai kandungan lipid rendah yaitu sekitar 1-4% dengan kebutuhan nutrisi yang kompleks (Fardiaz, 1992).

Menurut Moat (1979), peptidoglikan yang merupakan 20-30% dari dinding sel bakteri gram positif mudah sekali dipisahkan oleh enzim pengurai. Sel yang tertinggal setelah penguraian oleh enzim disebut protoplas dan sifatnya sangat tidak stabil terhadap perubahan kondisi lingkungan. Struktur dinding sel bakteri gram positif tersebut tidak cukup melindungi sel sehingga memungkinkan masuknya zat-zat yang dapat merusak bakteri tersebut seperti zat antimikroba.

L. monocytogenes yang juga merupakan salah satu bakteri gram positif lebih tahan daripada *B. cereus* dan *S. aureus*. Bumbu dapat bersifat bakterisidal terhadap *L. monocytogenes* pada konsentrasi yang lebih besar dari 10%. Hal ini diduga disebabkan perbedaan jumlah mikroba awal, umur dan ketahanan kultur yang dapat berpengaruh terhadap ketahanan mikroba (Frazier dan Westhoff, 1988).

Dinding sel bakteri gram negatif lebih kompleks susunannya daripada sel bakteri gram positif, dan komponen utama dinding selnya adalah lipoprotein dan lipopolisakarida sebanyak 11-22% (Conn dan Stumpf, 1976; Fardiaz, 1992). Lipopolisakarida ini mengandung antigen O dan endotoksin yang dapat melindungi sel dari perubahan lingkungan. Adanya lapisan ini juga menyebabkan dinding sel tidak seluruhnya dapat dipisahkan dari sel bakteri oleh penguraian enzim. Bagian dalam sel yang tertinggal setelah penguraian enzim dinamakan sferoplas, dan stabilitasnya ditunjang oleh kandungan lipida yang tinggi. Lipopolisakarida yang dapat melindungi sel dari fagositosis tersebut terdiri dari 3 bagian yaitu oligosakarida, polisakarida "core" dan lipida (Moat, 1979).

E. coli merupakan bakteri yang paling tahan terhadap aktivitas antimikroba semua bumbu dibandingkan bakteri gram negatif lainnya. Pada konsentrasi bumbu 5% *E. coli* mempunyai angka kerapatan pertumbuhan relatif

yang sama dengan kontrol, bahkan pada bumbu opor dapat meningkatkan pertumbuhan melebihi kontrol. Suwanto (1983) menyatakan bahwa bubuk rimpang kunyit mulai menghambat pertumbuhan *Salmonella galinarum* pada konsentrasi 4 g/l, sedangkan terhadap *Escherichia coli* penghambatan pertumbuhan mulai terlihat pada konsentrasi 7 g/l. Lienni (1991) melaporkan bahwa persentase penghambatan *S. thompson* lebih besar dari *E. coli* pada konsentrasi yang sama. Hal ini diduga disebabkan *E. coli* lebih tahan hidup dan berkembang biak dalam kondisi yang tidak baik. *E. coli* merupakan bakteri gram negatif yang tahan hidup dalam media yang kekurangan zat gizi (Pelczar dan Reid, 1979). Menurut Salle (1978), *E. coli* bahkan dapat tumbuh dan berkembang biak dalam air yang telah disterilisasi dengan otoklaf pada suhu inkubasi 37°C, dan *Salmonella* tidak mampu berkompetisi dengan *E. coli* serta bakteri asam laktat.

Jika dibandingkan dengan *E. coli* dan *S. typhimurium*, *V. cholerae* terlihat lebih rentan terhadap antimikroba pada konsentrasi yang sama. Beberapa penelitian melaporkan bahwa bumbu opor, rendang, rawon, dan gulai bersifat bakterisidal terhadap *E. coli* dan *S. typhimurium* pada konsentrasi 5%, dan terhadap *V. cholerae* pada konsentrasi bumbu 1%.

V. cholerae mempunyai ketahanan yang rendah terhadap desinfektan. Bakteri ini dapat dihancurkan dengan 0,5% fenol selama beberapa menit, selnya dapat mengalami lisis oleh tymol, di dalam feses bakteri ini akan mati setelah 1 hari, dan sel bakteri ini akan mati jika dipanaskan pada suhu 55°C selama 15 menit (Fardiaz, 1983). Berdasarkan sifat-sifat tersebut maka *V. cholerae* lebih mudah dihambat oleh bumbu daripada *S. typhimurium* dan *E. coli*.

Terhadap semua mikroba yang diuji, bakteri lebih sensitif terhadap antimikroba bumbu daripada kapang. Menurut Fardiaz (1992), dinding sel eukariotik pada kapang dan jamur pada umumnya lebih tebal daripada dinding sel prokariotik pada bakteri. Hal ini diduga merupakan salah satu faktor penyebab penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri lebih besar dibandingkan kapang dan jamur. Selain itu, kapang mempunyai kisaran nilai pH paling luas yaitu antara pH 3,0-8,5 dengan pH optimum untuk pertumbuhan 5-7 (Fardiaz 1992). Oleh karena itu, pada konsentrasi bumbu 5% diduga kapang mampu mengatasi kondisi yang asam pada bumbu dan memanfaatkan nutrisi dari media untuk pertumbuhannya.

Menurut Lily dan Barnett (1951) dikutip dalam Fields (1979), kapang memerlukan mineral yang esensial untuk pertumbuhan antara lain K, Mg, Fe, Ca, Cu, Zn, dan lain-lain. Diduga bumbu mengandung beberapa mineral tersebut dan senyawa logam yang dapat merangsang pertumbuhan kapang, karena menurut Siliker (1980), minyak atsiri rempah-rempah tidak dapat merangsang metabolisme mikroorganisme.

Zat antimikroba yang terdapat pada rempah-rempah sebagian besar merupakan senyawa fenol dan turunannya, seperti gugus vanilamid pada kapsaisin cabe merah (Dewanti, 1984) dan senyawa kurkumin pada kunyit (Suwanto, 1983; Lukman, 1984). Penghambatan pertumbuhan sel mikroba oleh komponen fenol atau alkohol dari rempah-rempah disebabkan kemampuan fenol untuk mendenaturasi protein dan merusak membran sel dengan cara melarutkan lemak yang terdapat pada dinding sel, karena senyawa ini mampu melakukan migrasi dari fase cair ke fase lemak. Beberapa senyawa turunan fenol juga mampu menurunkan tegangan permukaan sel (Pelczar dan Reid, 1979).

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Kombinasi antara senyawa antimikroba dan pH bumbu yang asam dapat memperkuat aktivitas antimikroba bumbu. Menurut Hugo dan Russel (1981), aktivitas senyawa fenol dapat meningkat dengan adanya beberapa faktor seperti substitusi alkil dan halogen, semakin panjangnya rantai alifatik, dan kondisi media yang asam atau mempunyai nilai pH rendah. Senyawa fenolik menunjukkan keaktifan maksimum pada pH asam. Bumbu yang diujikan pada umumnya mempunyai pH cukup rendah, seperti yang tercantum pada Tabel 2. Diduga pH yang rendah pada bumbu menyebabkan zat antimikroba dalam bumbu menjadi lebih aktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

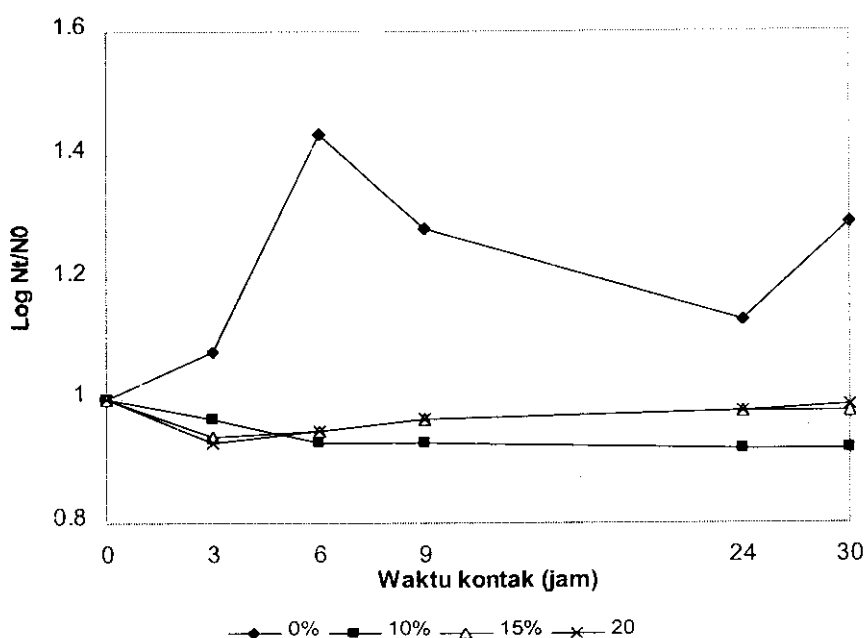
C. AKTIVITAS ANTIMIKROBA DENGAN METODE KONTAK

Penelitian mengenai aktivitas antimikroba selanjutnya dilakukan terhadap bumbu ayam goreng, bumbu opor dan bumbu rendang. Bumbu lainnya tidak diuji karena dianggap jenis rempah penyusunnya telah terwakili oleh ketiga bumbu tersebut.

Mikroba yang diuji adalah *B. cereus* dan ekstrak daging. *B. cereus* merupakan bakteri pembentuk spora yang tahan panas dan dapat menyebabkan keracunan dan kebusukan pada makanan. Makanan yang sering ditumbuhi *B. cereus* adalah makanan-makanan yang mengandung daging, nasi, susu, kentang, rempah-rempah dan sereal (Fardiaz, 1996). Mikroba lainnya yang sering terdapat pada makanan pada umumnya berasal dari kontaminasi melalui peralatan masak dan manusia, sehingga dengan pemanasan dan sanitasi yang cukup dapat menghilangkan atau membunuh mikroba. Ekstrak daging digunakan karena merupakan suatu model sistem makanan untuk menguji kemampuan antimikroba bumbu.

1. Aktivitas Antimikroba Bumbu terhadap *B. cereus*

Gambar 7 memperlihatkan pola pertumbuhan *B. cereus* dengan penambahan bumbu opor yaitu pada setiap konsentrasi yang diuji mampu menekan pertumbuhan bakteri ini setelah dikontakkan selama 30 jam. Hal ini ditunjukkan dengan nilai log N_t/N_0 yang lebih kecil dari nilai log N_t/N_0 kontrol (0% bumbu opor).



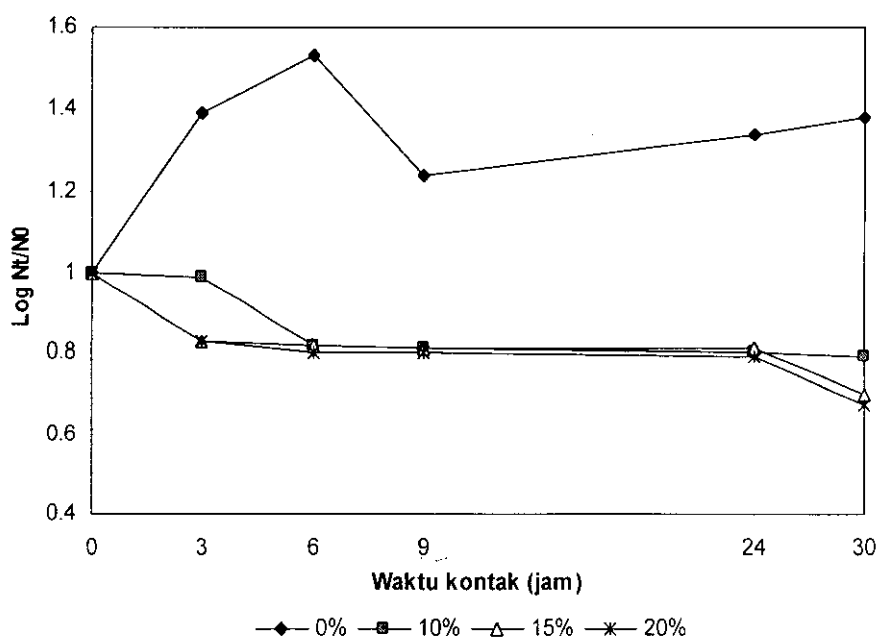
Gambar 7. Pengaruh bumbu opor terhadap viabilitas *B. cereus*

Bumbu opor dengan konsentrasi 10% dapat bersifat bakteristatik setelah dikontakkan selama 3 jam. Pada periode inkubasi yang lebih lama yaitu sampai waktu kontak 30 jam penghambatan yang terjadi semakin nyata, bahkan telah bersifat bakterisidal dengan menurunnya nilai log N_t/N_0 menjadi

0,92 dengan jumlah mikroba $1,6 \times 10^5$ koloni per g seperti tercantum pada Lampiran 8.

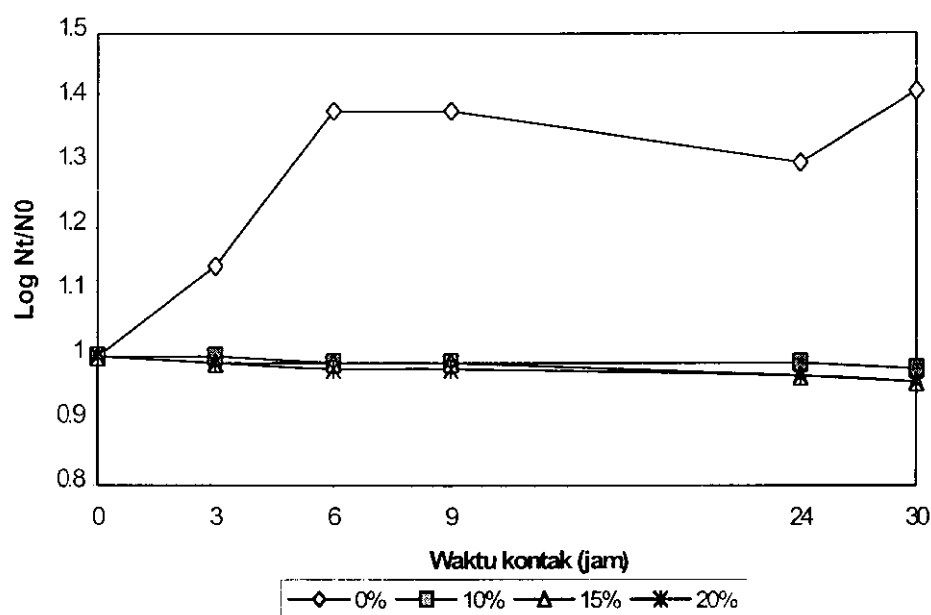
Setelah diinkubasi selama 3 jam, bumbu opor dengan konsentrasi 15 dan 20% telah bersifat bakterisidal terhadap *B. cereus* dengan terjadinya penurunan nilai log Nt/N0. Setelah waktu kontak 3 jam, jumlah sel bakteri semakin banyak dengan semakin lamanya waktu kontak. Diduga dengan waktu kontak yang lebih lama menyebabkan bakteri mampu beradaptasi dengan lingkungannya dan memanfaatkan nutrisi yang ada.

Efek penghambatan bumbu rendang terhadap pertumbuhan *B. cereus* mulai terlihat setelah dikontakkan selama 3 jam. Besarnya penghambatan akan semakin nyata dengan semakin besarnya konsentrasi bumbu rendang yang ditambahkan, karena komponen zat antimikrobanya semakin banyak seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh bumbu rendang terhadap viabilitas *B. cereus*

B. cereus tidak mengalami pertumbuhan yang berarti dengan penambahan bumbu rendang sebesar 10%, hal ini ditunjukkan oleh nilai log N_t/N_0 yang relatif konstan hingga waktu kontak 3 jam. Tetapi setelah waktu kontak 6 jam, bumbu rendang mampu bersifat bakterisidal dengan adanya penurunan nilai log N_t/N_0 sampai kurang dari 1,0 dengan jumlah mikroba $1,8 \times 10^4$ koloni per g (Lampiran 9). Semakin lama waktu inkubasi, pertumbuhan bakteri semakin menurun walaupun tidak terlalu besar dan setelah waktu kontak 30 jam jumlah bakteri mencapai $1,3 \times 10^4$ koloni per g.



Gambar 9. Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap viabilitas *B. cereus*

Untuk setiap periode waktu kontak, dengan bertambah besarnya konsentrasi bumbu rendang, nilai log N_t/N_0 akan semakin kecil. Bumbu rendang dengan konsentrasi 15 dan 20% sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan *B. cereus*. Pada konsentrasi ini bumbu rendang mulai bersifat

merusak sel *B. cereus* dengan waktu kontak yang singkat yaitu 3 jam, ditunjukkan dengan penurunan nilai log N_t/N_0 di bawah 1,0 dengan jumlah mikroba masing-masing $1,8 \times 10^4$ dan $1,7 \times 10^4$ koloni per g. Perpanjangan waktu kontak hingga 24 jam tidak menyebabkan peningkatan kemampuan bumbu rendang dalam merusak sel bakteri ini. Hal ini disebabkan karena *B. cereus* berusaha untuk bertahan dengan memanfaatkan nutrisi yang ada dalam bumbu untuk pertumbuhannya. Bakteri tidak dapat tumbuh terus, dan terjadi penurunan nilai log N_t/N_0 sampai waktu kontak 30 jam dengan jumlah mikroba $3,8 \times 10^3$ dan $2,6 \times 10^3$ koloni per g.

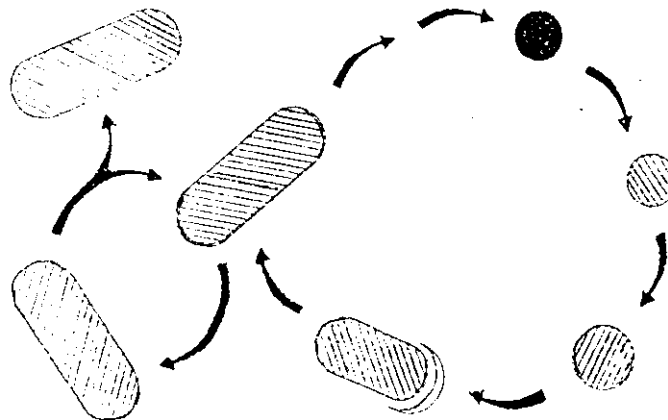
Pola pertumbuhan *B. cereus* akibat penambahan bumbu ayam goreng dengan berbagai konsentrasi pada berbagai macam waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 9. Penghambatan pertumbuhan *B. cereus* sudah terlihat pada konsentrasi bumbu ayam goreng sebesar 10% dan dengan semakin meningkatnya konsentrasi bumbu yang ditambahkan, penghambatan yang terjadi semakin nyata.

Pertumbuhan bakteri ini mempunyai pola yang sama pada setiap penambahan bumbu ayam goreng dengan konsentrasi yang berbeda. Bumbu ayam goreng dengan konsentrasi 10, 15 dan 20% bersifat bakteristatik terhadap *B. cereus*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai log N_t/N_0 bumbu yang relatif konstan pada setiap waktu kontak. Setelah waktu kontak selama 30 jam, nilai log N_t/N_0 tidak jauh berbeda dengan nilai log N_t/N_0 awal inkubasi untuk setiap konsentrasi, yaitu sedikit di bawah 1,0. Jumlah sel mikroba setelah waktu kontak 30 jam dengan bumbu ayam goreng 10% sebesar $1,1 \times 10^5$ koloni per g, sedangkan bumbu ayam goreng dengan konsentrasi 15 dan 20%



mempunyai jumlah sel mikroba masing-masing sebesar $8,7 \times 10^4$ dan $7,5 \times 10^4$ koloni per g (Lampiran 10).

Dari penelitian Al-Khayat dan Blank (1985), dilaporkan bahwa spora *B. subtilis* yang disimpan dalam suspensi cengkeh ternyata sebagian dapat mengalami germinasi. Tetapi ternyata spora yang mengalami germinasi dalam suspensi cengkeh kehilangan kemampuannya untuk tumbuh menjadi sel vegetatif pada waktu dipupuk dalam *Nutrient Agar*. Proses perkembangan spora bakteri menjadi sel vegetatif dapat dilihat pada Gambar 10. Kerentanan bakteri pembentuk spora *B. cereus* terhadap pengaruh bumbu opor, ayam goreng dan rendang diduga karena spora yang mengalami germinasi dalam bumbu telah kehilangan daya tumbuhnya, sehingga pada waktu dipupuk tidak dapat berkembang biak yaitu disebabkan oleh pengaruh komponen-komponen fenol yang terdapat dalam bumbu.



Gambar 10. Proses perkembangan spora menjadi sel vegetatif (Cook dan Pierson, 1983)

Menurut Katayama dan Nagai (1960) dalam Pruthi (1980), rempah-rempah yang mengandung senyawa geraniol, isoborneol, sitronelal, carrone,

kamfen, asetaldehida, 1,8-sineol, α -pinen, β -pinen, α -felandren, d-limonen, linalool dan eugenol mempunyai daya hambat terhadap bakteri *E. coli*, *Salmonella enteritidis*, *B. subtilis* dan *P. aeuginosa*. Sebagian besar senyawa-senyawa tersebut terdapat dalam bumbu opor, ayam goreng, dan rendang yang berasal dari rempah-rempah penyusunnya. Linalool terdapat dalam jahe dan ketumbar, 1,8-sineol terdapat pada jahe dan lengkuas serta eugenol yang terdapat pada lengkuas. Diduga komponen-komponen tersebut yang menyebabkan adanya penghambatan pertumbuhan *B. cereus* dalam ketiga bumbu tersebut.

Conn dan Stumpf (1976) menyatakan bahwa dinding sel bakteri gram positif akan bermuatan negatif sebagai akibat dari ionisasi gugus fosfat dari asam teikoat pada struktur dinding selnya, sedangkan fenol merupakan suatu alkohol yang bersifat asam lemah sehingga disebut juga asam karbolat. Sebagai asam lemah, senyawa-senyawa fenolik dapat terionisasi melepaskan ion H^+ dan meninggalkan gugus sisanya yang bermuatan negatif. Gugusan yang bermuatan negatif ini akan ditolak oleh dinding sel bakteri gram positif yang secara alami juga bermuatan negatif. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa bumbu opor, ayam goreng dan rendang mempunyai pH yang cukup rendah. Kondisi yang asam menyebabkan fenol dapat bekerja menghambat pertumbuhan *B. cereus*. Senyawa fenol pada pH rendah akan bermuatan positif, sehingga fenol tidak akan terdisosiasi. Perbedaan muatan ini menyebabkan terjadinya tarik menarik antara fenol dengan dinding sel sehingga fenol secara keseluruhan, dalam bentuk molekulnya, akan lebih mudah melekat atau melewati dinding sel bakteri gram positif. Tidak terdapatnya asam teikoat pada dinding sel bakteri gram negatif menyebabkan

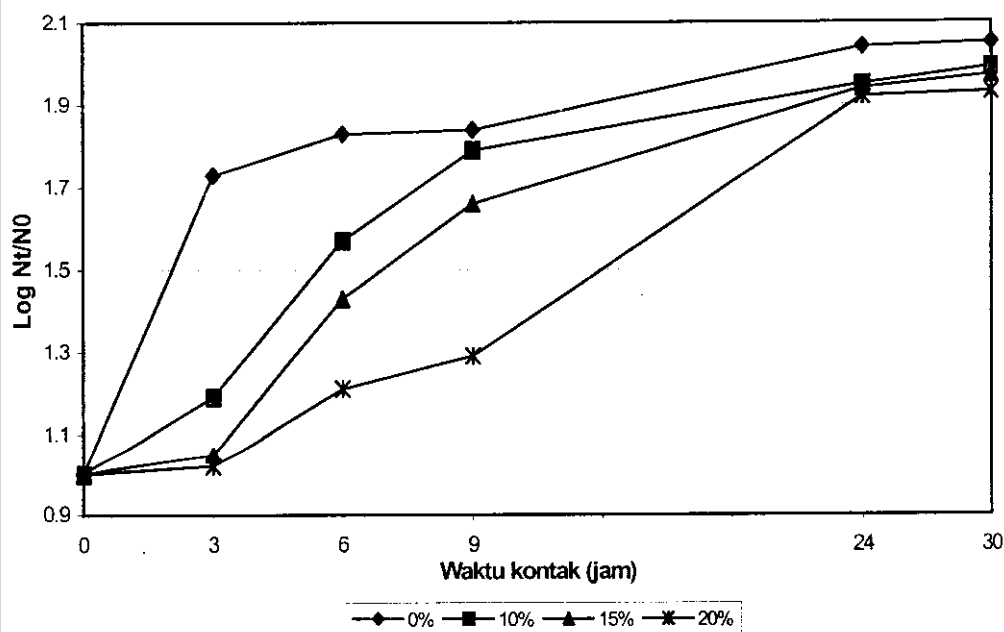
@Hak cipta milik IPB University

IPB University

bakteri golongan ini lebih tahan terhadap rempah-rempah dibandingkan bakteri gram positif (Shelef, 1983).

2. Aktivitas Antimikroba Bumbu terhadap Mikroba dalam Ekstrak Daging

Gambar 11 memperlihatkan pola pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging dengan penambahan bumbu opor. Setiap konsentrasi bumbu opor yang diuji mampu menekan pertumbuhan mikroba setelah dikontakkan sampai 30 jam. Hal ini ditunjukkan oleh nilai $\log N_t/N_0$ yang lebih kecil dari nilai $\log N_t/N_0$ kontrol yang mencapai 2,05 dengan jumlah sel mikroba $1,6 \times 10^{10}$ koloni per g (Lampiran 11).

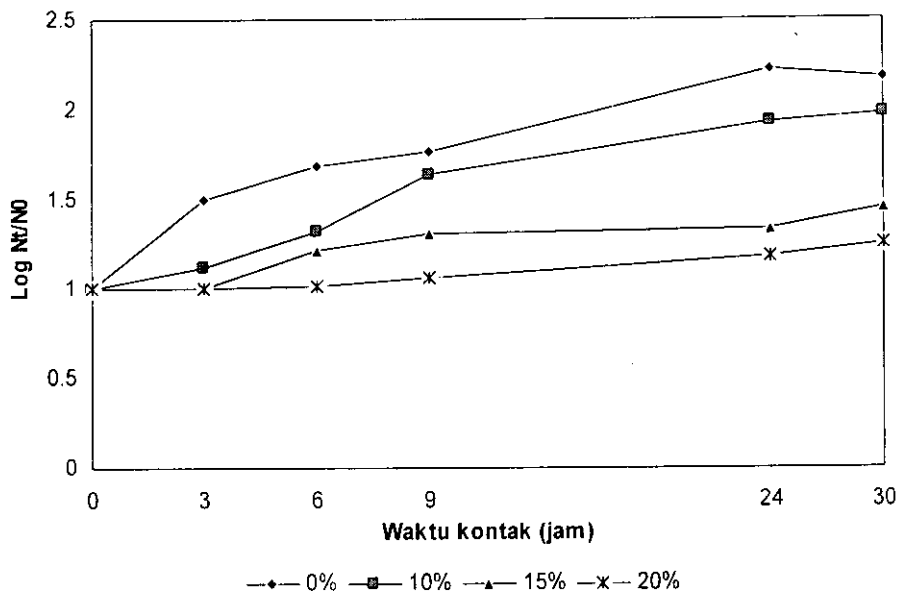


Gambar 11. Pengaruh bumbu opor terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Bumbu opor dengan konsentrasi 10, 15 dan 20% memperlihatkan efek yang nyata terhadap pertumbuhan mikroba setelah dikontakkan selama

3 jam. Tetapi dengan periode waktu kontak yang lebih lama pertumbuhan mikroba menjadi semakin meningkat. Keadaan ini diduga disebabkan karena keaktifan zat antimikroba dalam bumbu semakin berkurang dan mikroba mampu untuk menggunakan nutrisi dalam medium untuk pembelahan selnya.

Efek penghambatan pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging mulai terlihat setelah diinkubasi selama 3 jam. Besarnya penghambatan akan semakin nyata dengan semakin besarnya konsentrasi bumbu rendang, karena diduga komponen zat antimikrobanya semakin banyak, seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh bumbu rendang terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Penambahan bumbu rendang sampai konsentrasi 10% mampu menghambat pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging. Hal ini ditunjukkan dengan nilai log N_t/N_0 akibat penambahan bumbu rendang setelah 30 jam

waktu kontak yaitu 1,98 yang lebih kecil dari nilai log N_t/N_0 kontrol sebesar 2,17 (Lampiran 12). Pertumbuhan bakteri dalam ekstrak daging mempunyai pola yang hampir sama pada setiap penambahan bumbu rendang dengan konsentrasi berbeda.

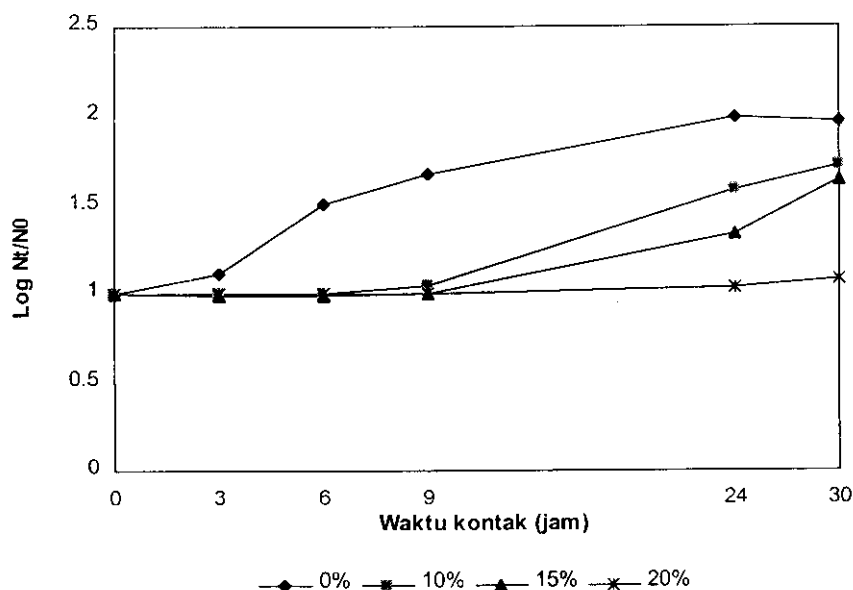
Bumbu rendang dengan konsentrasi 15 dan 20% efektif dalam menekan laju pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging. Hal ini ditunjukkan dengan nilai log N_t/N_0 yang relatif konstan. Mikroba dalam ekstrak daging tidak mengalami pertumbuhan sampai waktu kontak 3 jam karena jumlah sel bakteri tidak jauh berbeda dengan jumlah sel awal inkubasi yaitu $4,6 \times 10^4$ koloni per g untuk bumbu rendang 15% dan $3,4 \times 10^4$ koloni per g pada bumbu rendang 20%.

Secara umum, dengan waktu kontak yang lebih lama yaitu sampai 30 jam, nilai log N_t/N_0 bumbu rendang untuk semua konsentrasi mengalami peningkatan, namun masih tetap dibawah kontrol. Keadaan ini diduga disebabkan karena zat antimikroba yang ada mulai tidak aktif dan waktu kontak yang lebih lama menyebabkan mikroba dalam ekstrak daging mampu beradaptasi dengan lingkungannya dan dapat memanfaatkan nutrisi yang ada dalam media pertumbuhannya baik yang berasal dari bumbu maupun PCA.

Gambar 13 memperlihatkan pola pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging dengan penambahan bumbu ayam goreng. Pada umumnya pola pertumbuhan mikroba hampir menyerupai pola pertumbuhan mikroba dalam ekstrak daging dengan penambahan bumbu rendang. Bumbu ayam goreng dengan konsentrasi 10% mampu menghambat pertumbuhan dan memperpanjang fase adaptasi mikroba sampai waktu kontak 6 jam. Tetapi waktu kontak yang lebih lama menyebabkan peningkatan jumlah mikroba,

yang ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai $\log N_t/N_0$ sampai 1,72 pada waktu kontak 30 jam seperti terlihat pada Lampiran 13.

Bumbu ayam goreng dengan konsentrasi 15 dan 20% juga mampu memperpanjang fase adaptasi sampai 9 jam. Perpanjangan waktu kontak hingga 30 jam ternyata meningkatkan jumlah sel mikroba. Hal ini terjadi karena bakteri sudah mampu memanfaatkan nutrisi yang ada untuk pertumbuhan dan pH optimum media pertumbuhan sudah mulai tercapai akibat adanya produksi asam hasil fermentasi gula sederhana, sementara itu zat mikroba yang ada mulai tidak aktif lagi dalam menekan pertumbuhan mikroba lebih lanjut.



Gambar 13. Pengaruh bumbu ayam goreng terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Kemampuan penghambatan bumbu opor, ayam goreng dan rendang terhadap *B. cereus* lebih besar dibandingkan terhadap mikroba dalam ekstrak

daging. *B. cereus* merupakan kultur murni tunggal, sehingga zat antimikroba lebih mudah berpenetrasi ke dalam sel bakteri tersebut. Dalam ekstrak daging terdapat beberapa mikroba yang berbeda jenisnya, termasuk bakteri gram negatif dan gram positif.

Menurut Fardiaz (1996), mikroba yang sering terdapat dalam daging dan produknya yaitu *Salmonella*, *S. aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *E. coli* patogenik, *L. monocytogenes* dan *B. cereus*. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa setiap jenis zat antimikroba mempunyai penghambatan yang khas untuk suatu mikroba tertentu. Dari beberapa penelitian dapat diketahui bahwa *E. coli* dan *S. typhimurium* cukup tahan terhadap beberapa bumbu dengan konsentrasi 5%, tetapi *B. cereus* dan *S. aureus* merupakan bakteri yang paling sensitif terhadap bumbu dengan konsentrasi 5%. Oleh karena itu dengan banyaknya mikroba yang terdapat dalam ekstrak daging maka diperlukan konsentrasi zat antimikroba lebih tinggi dari rempah-rempah. Adanya zat antimikroba pada rempah-rempah dapat saling memperkuat bila dicampurkan menjadi bentuk bumbu sehingga bumbu dapat lebih efektif dalam menghambat mikroba di dalam ekstrak daging.

Ekstrak daging merupakan suatu model sistem makanan yang mengandung berbagai zat gizi dan non gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, serat dan lain-lain. Menurut Shelef (1983), bahan pangan yang mengandung protein dalam jumlah besar, lemak, karbohidrat, dan senyawa aditif lainnya dapat menurunkan aktivitas antimikroba sehingga membutuhkan konsentrasi zat antimikroba yang lebih tinggi untuk mengontrol pertumbuhan mikroorganisme. Penurunan aktivitas antimikroba dapat terjadi jika komponen

antimikroba tersebut bereaksi atau berikatan dengan komponen makanan atau terjadi pemecahan dan pengurangan struktur kimia antimikroba (Brannen, 1983).

Adanya komponen lipid pada ekstrak daging berpengaruh cukup besar terhadap aktivitas antimikroba. Ting dan Deibel (1992) melaporkan bahwa lemak yang terdapat dalam ekstrak daging mampu membentuk lapisan pada permukaan mikroba dan dapat mencegah penetrasi zat antimikroba dari bumbu ke dalam sel mikroba.

Selain itu adanya penambahan minyak nabati ke dalam ketiga bumbu tersebut secara tidak langsung dapat mengurangi efektivitas antimikroba. Penambahan minyak menyebabkan daya stimulasi bumbu terhadap ekstrak daging semakin meningkat pengaruhnya. Klindworth et al. (1979) menyatakan bahwa minyak dapat mengurangi efektivitas antimikroba dari BHA (Butylated Hidroxy Anisole) terhadap *C. perfringens*. Hal ini disebabkan karena sebagian dari BHA terperangkap masuk ke dalam fase minyak sehingga tidak dapat berpenetrasi ke dalam sel bakteri.

Kemampuan mikroba untuk meningkatkan pertumbuhan pada waktu kontak yang lebih lama diduga disebabkan karena adanya faktor pemanasan atau sterilisasi bumbu yang dilakukan pada suhu 121°C selama 15 menit. Zaika dan Kissinger (1981) menyatakan bahwa perlakuan sterilisasi maupun ekstraksi dengan pelarut terhadap oregano dapat menghilangkan aktivitas antimikroba, bahkan residu dari kedua perlakuan ini dapat merangsang produksi asam oleh bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus fermentum*. Perlakuan sterilisasi pada 121°C selama 15 menit dapat menghilangkan aktivitas antimikroba, sehingga dapat merangsang pertumbuhan *E. coli*,

S. typhimurium, dan *V. cholerae* (Pertiwi 1992; Julyastuti 1992; Harjono, 1992; Tjondrodiharjo, 1992). Dengan adanya sterilisasi atau pemanasan bumbu diduga kandungan komponen aktif berupa minyak atsiri yang bersifat volatil yang terkandung dalam rempah-rempah mengalami penurunan, melalui penguapan atau terdegradasi menjadi komponen yang tidak aktif. Sedangkan komponen nutrisi yang masih ada adalah golongan senyawa gula, serat dan senyawa logam yang diduga berperan dalam metabolisme sel sehingga mampu dimanfaatkan oleh bakteri untuk meningkatkan pertumbuhan.

Berdasarkan hasil analisis terhadap bahan pengawet diketahui bahwa tidak terdapat penambahan natrium benzoat dalam bumbu untuk mencegah pertumbuhan selama penyimpanan dan penggunaannya dalam masakan. Tetapi pada umumnya penambahan bumbu dengan konsentrasi 5 - 20 % mampu menghambat pertumbuhan mikroba yang diujikan. Diduga selain natrium benzoat ditambahkan zat aditif lain yang dapat meningkatkan kondisi asam pada bumbu yaitu zat pengasam atau acidulan. Sifat asam dari senyawa ini dapat mencegah pertumbuhan mikroba dan bertindak sebagai bahan pengawet dengan tujuan untuk menurunkan pH bahan pangan (Winarno, 1992). Dengan penurunan pH ini maka suhu pemanasan yang dibutuhkan akan lebih rendah dan kemungkinan tumbuhnya mikroba yang berbahaya lebih kecil. Beberapa macam asam dan senyawanya yang bersifat asam yang mungkin digunakan dalam bumbu selain natrium benzoat adalah asam sorbat, asam propionat, asam asetat, epoksida, asam sitrat dan asam fumarat yang termasuk dalam zat pengawet organik.

Asam sorbat dalam bentuk Na- atau K-sorbat umumnya digunakan untuk mencegah pertumbuhan kapang dan bakteri, dengan konsentrasi maksimum 0,02-0,30%. Asam sorbat aktif pada pH 6,5 dan keaktifannya akan menurun dengan semakin meningkatnya pH. Asam propionat biasa digunakan dalam bentuk Na- dan Ca-nya, efektif terhadap kapang dan kamir pada pH 5,0 dengan konsentrasi maksimum 0,3%. Asam asetat merupakan bahan pengawet yang biasa digunakan dalam roti untuk mencegah pertumbuhan kapang. Asam asetat efektif pada pH 6,5 dan 4,0 dengan konsentrasi maksimum 0,1-0,4% (Brannen, 1983).

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

@Hak cipta milik IPB University

Bumbu opor, ayam goreng, rendang, rawon, gulai dan kare mempunyai aktivitas antimikroba yang cukup besar terhadap pertumbuhan bakteri patogen dan perusak. *B. cereus* merupakan bakteri yang paling rentan terhadap aktivitas antimikroba dari keenam jenis bumbu tersebut. Karena dengan konsentrasi 5% mampu dihambat dalam jumlah besar. Bakteri-bakteri gram negatif yang diteliti umumnya lebih tahan daripada gram positif. Bumbu dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif pada konsentrasi 10 dan 15%.

Bumbu opor, ayam goreng dan rendang dapat menghambat pertumbuhan *B. cereus* pada setiap periode waktu kontak. Ketiga bumbu tersebut dengan konsentrasi 10% dapat bersifat bakterisidal sampai waktu kontak 30 jam. Sedangkan pada bumbu opor dengan konsentrasi 15 dan 20% setelah waktu kontak 3 jam *B. cereus* dapat meningkat pertumbuhannya sehingga nilai Log N_t/N_0 -nya lebih besar dari nilai Log N_t/N_0 awal inkubasi.

Mikroba dalam ekstrak daging lebih tahan terhadap pengaruh bumbu dibandingkan *B. cereus*. Bumbu opor, ayam goreng dan rendang dapat menghambat pertumbuhan mikroba tetapi, tidak bersifat bakterisidal, mulai konsentrasi 10%. Semakin besar konsentrasi, penghambatan semakin nyata. Perpanjangan waktu kontak menyebabkan jumlah sel mikroba menjadi semakin banyak dibandingkan awal inkubasi.

Penambahan bumbu opor, ayam goreng dan rendang memberikan pengaruh yang sama terhadap pola pertumbuhan *B. cereus*. Pada setiap waktu

kontak, dengan semakin banyaknya bumbu yang ditambahkan, nilai Log Nt/ N0 semakin kecil. Mikroba dalam ekstrak daging juga mempunyai pola pertumbuhan yang tidak jauh berbeda dengan penambahan ke-3 jenis bumbu tersebut. Diduga dengan semakin banyak bumbu yang ditambahkan, zat antimikroba yang ada semakin banyak dan kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan semakin besar.

Pengaruh bumbu opor, ayam goreng dan rendang terhadap kultur mikroba murni seperti *B. cereus* lebih besar dibandingkan dengan campuran mikroba dalam ekstrak daging. Diduga adanya komponen lemak, protein dan karbohidrat dalam ekstrak daging dapat mengurangi aktivitas antimikroba bumbu karena adanya pengikatan komponen antimikroba oleh zat-zat gizi tersebut.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai optimasi komposisi antimikroba dari rempah-rempah. Dengan demikian bumbu dengan campuran rempah-rempah tersebut dapat memberikan penghambatan yang maksimum terhadap bakteri patogen dan perusak makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Khayat, M.A. dan G. Blank. 1985. Phenolic spices components sporostatics to *Bacillus subtilis*. J. Food Sci. 50(4) : 971-974
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedarnawati dan S. Budiyo. 1989. Analisa Pangan. PAU Pangan dan Gizi-IPB. Bogor.
- Azzouz, M. A. dan B.B Lloyd. 1982. Comparative antimycotic effects of selective herbs, spices, plant components and commercial antifungal agents. J. Food Protec. 45 (14) : 1298-1301
- Bailey, L.H. 1963. The Standard Cyclopedia of Horticulture. The MacMillan Co., New York.
- Brannen, A. L. 1983. Antimicrobial in Foods. Marcel Dekker. New York.
- Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet dan M. Wooton. 1985. Ilmu Pangan. UI-Press.
- Bullerman, L. B. 1974. Inhibition of aflatoxin production by cinnamon. J. Food. Sci. 39(5) : 1163-1165
- Conn, E.E. dan P. K. Stumpf. 1976. Outlines of Biochemistry. John Wiley and Sons., Inc., Toronto.
- Cook, F. K. dan M. D. Pierson. 1983. Inhibition of bacterial spores by antimicrobials. Food Technol. 37(11) : 115-126.
- Dewanti, R. 1984. Pengaruh Bubuk Cabe Merah (*Capsicum annum* L) Terhadap Pertumbuhan Beberapa Bakteri Penyebab Kerusakan Pangan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Fardiaz, S. 1983. Keamanan Pangan Jilid I. Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Fardiaz, S. 1989. Mikrobiologi Pangan Penuntun Praktikum Laboratorium. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan. PT Gramedia, Jakarta.
- Fardiaz, S. 1996. Prinsip HACCP dalam Industri Pangan. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Farrell, K. T. 1985. Spices, Condiments, and Seasonings. The AVI Publ., Co., Inc. Westport, Connecticut.

- Fields, M. L. 1979. Fundamentals of Food Microbiology. The AVI Publ., Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Frazier, W. C. dan D. C. Westhoff. 1988. Food Microbiology, 4th ed. Tata McGraw Hill Co., Inc., New York.
- Guenther, E. 1990. Minyak Atsiri Jilid IVA. Terjemahan. UI-Press, Jakarta.
- Gunsalus, I. C. dan R. Y. Stanier. 1962. The Bacteria. A Treatise on Structure and Function. Academic Press, New York.
- Harjono, K. 1992. Daya Antimikroba Bumbu Rendang Terhadap Aktivitas Beberapa Bakteri Enteropatogenik. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Hitokoto, H., S. Morozumi, T. Wauke, S. Sakai, dan H. Kurata. 1990. Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi. Appl. and Environ. Microbiol. 39 (4) :818-822.
- Hugo, W. B. dan A. D. Russel. 1981. Pharmaceutical Microbiology. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Indriyati, K. 1987. Mempelajari Aktivitas Antimikroba Biji Picung (*Pangium edule* Reinw) Terhadap Beberapa Bakteri Pembusuk Pada Ikan Secara In Vitro. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Johnson, M. G. dan R.H. Vaughn. 1969. Death of *S. typhimurium* and *E. coli* in the presence of freshly reconstituted dehydrated garlic and onion. Di dalam Tjondrodihardjo, A. H. 1992. Aktivitas Antimikroba Bumbu Gulai terhadap Pertumbuhan Beberapa Bakteri Patogen. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Julyastuti. 1992. Daya Antimikroba Bumbu Rawon Terhadap Aktivitas Beberapa Bakteri Enteropatogenik. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Klindworth, K. J., P. M. Davidson, C. J. Brekke, dan A. L. Brannen. 1979. Inhibition of *Clostridium perfringens* by butylated hidroxy anisole. J. Food. Sci. 44(2) : 564-567.
- Kim, J. M., M. R. Marshall, J. A. Cornell, J. F. Preston III, dan C. I. Wei. 1995. Antibacterial activity of carvacrol, citral and geraniol against *Salmonella typhimurium* in culture medium and on fish cubes. J. of Food Sci. 60(6) : 1364-1368.
- Lienni, K. 1991. Pengaruh Sari Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) Terhadap Aktivitas Pertumbuhan Beberapa Bakteri Penyebab Infeksi Makanan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Lukman, A. A. S. 1984. Pengaruh Bubuk Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica* Val) dan Bubuk Residu Ekstraknya Terhadap Pertumbuhan Beberapa Bakteri Basili Gram Positif. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Moat, A. G. 1976. Microbial Phisiology. John Wiley and Sons Inc., New York.

Natawirya, A. H. 1987. Pengaruh Ekstrak Laos (*Alpinia galanga* L) Terhadap Pertumbuhan Mikroba yang Berperan dalam Ragi Tape. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Peiczar, M. J. dan R. D. Reid. 1979. Microbiology. McGraw Hill Book Co., New York.

Pertiwi. 1992. Daya Antimikroba Bumbu Opor Terhadap Aktivitas Beberapa Bakteri Enteropatogenik. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Pruthi, J. S. 1980. Spices and Condiment Chemistry, Microbiology, and Technology. Academic Press, New York.

Purseglove, J. W., E. G. Brow, C. L. Green, dan S. R. J. Robins. 1981. Spices, Vol. II. Longman Inc., New York.

Rismunandar. 1988. Rempah-Rempah : Komoditi Ekspor Indonesia. Sinar Baru, Bandung.

Salle, A. J. 1978. Fundamental Principles of Bacteriology. McGraw-Hill Co., Inc., New York.

Shelef, L. A. 1983. Antimicrobial effect of spices. J. of Food Safety. 6:29-44.

Siliker, J. H. 1980. Microbial Ecology of Foods. Vol. II. Academic Press, New York.

Sutedjo, M. M. 1990. Pengembangan Kultur Tanaman Berkhasiat Obat. Rineka Cipta, Jakarta.

Suwanto, A. 1983. Mempelajari Aktivitas Antimikroba Bubuk Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica* Val). Makalah Khusus. Fateta. IPB, Bogor.

Syarief, R. dan Hariyadi H. 1993. Teknologi Peyimpanan Pangan. Penerbit Arcan. Bandung.

Thomas, P. R. 1984. Mempelajari pengaruh Bubuk Rempah-Rempah Terhadap Pertumbuhan Kapang *Aspergillus flavus* Link. Skripsi. Fateta. IPB, Bogor.

Tjondrohardjo, A. H. 1992. Aktivitas Antimikroba Bumbu Gulai terhadap Pertumbuhan Beberapa Bakteri Patogen. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Ting, W. T. E. dan K. E. Deibel. 1992. Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to spices at two temperatures. J. of Food Safety. 12:129-137.

Undriyani, K. 1987. Pengaruh Bubuk Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) Terhadap Aktivitas Pertumbuhan Beberapa Mikroorganisme Penyebab Kerusakan Pangan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Webb, A. H. dan Tanner F. W. 1945. Effect of spices an flavoring materials on growth of yeast. Di dalam Natawirya, A. H. 1987. Pengaruh Ekstrak Laos (*Alpinia galanga* L) Terhadap Pertumbuhan Mikroba yang Berperan dalam Ragi Tape. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.

Winarno, F. G. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. PT Gramedia, Jakarta.

Yasa Boga. 1997. Masakan Indonesia. PT. Gramedia, Jakarta.

Yousef, R. T. dan G. G. Tawil. 1980. Antimicrobial activity of volatile oils. Pharmazie. 35 : 698-701.

Zaika, L. L. dan J. C. Kissinger. 1981. Inhibitory and stimulatory effect of oregano on *L. plantarum* dan *Pediococcus cerevisiae*. J. Food Sci. 46:1205-1210.



LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1. Komposisi rempah-rempah bumbu yang tertera pada label

Komposisi bumbu	Rempah-rempah					
	Daun bawang	Daun bawang	Lada	Kunyit	Jahe	Pada
Bawang putih	+	+	+	+	+	+
Lengkuas	+	-	+	+	+	-
Serai	+	-	-	+	+	+
Bawang merah	+	+	+	+	+	+
Ketumbar	+	+	+	+	+	+
Gabe merah	-	+	-	-	+	+
Jahe	-	+	+	-	-	+
Jintan	-	+	+	+	-	-
Kunyit	+	+	+	-	+	-
Lada	+	+	+	+	-	+
Picung/kluwak	-	-	-	-	+	-

Keterangan :

- + = ada
- = tidak ada

Lampiran 2. Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	3	3	2	0	0
	Rata-rata	3	3	2	0	0
	KPR	1	1	0,67	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	2	0	0	0
	Ulangan 2	5	3	0	0	0
	Rata-rata	5	2,5	0	0	0
	KPR	1	0,5	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	5	3	2	0	0
	Ulangan 2	4	3	2	0	0
	Rata-rata	4,5	3	2	0	0
	KPR	1	0,67	0,4	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	4	3	2	0	0
	Rata-rata	3,5	3	2	0	0
	KPR	1	0,86	0,57	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	3	2	2	0	0
	Rata-rata	3	2,5	2	0	0
	KPR	1	0,83	0,67	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	4	3	1	0	0
	Ulangan 2	4	3	1	0	0
	Rata-rata	4	3	1	0	0
	KPR	1	0,75	0,25	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	3	3	1	0	0
	Ulangan 2	3	3	1	0	0
	Rata-rata	3	3	1	0	0
	KPR	1	1	0,33	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	4	3	1	-
	Ulangan 2	3	3	3	1	-
	Rata-rata	3	3,5	3	1	-
	KPR	1	1,17	1	0,33	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	3	2	1	-
	Ulangan 2	2	3	1	1	-
	Rata-rata	2	3	1,5	1	-
	KPR	1	1,5	0,75	0,5	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	2	1	1
	Ulangan 2	4	3	2	2	1
	Rata-rata	4	3	2	1,5	1
	KPR	1	0,75	0,5	0,38	0,25

Lampiran 3. Pengaruh konsentrasi bumbu gulai terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	3	0	0	0
	Ulangan 2	3	3	1	0	0
	Rata-rata	3	3	0,5	0	0
	KPR	1	1	0,17	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	2	0	0	0
	Ulangan 2	5	2	0	0	0
	Rata-rata	5	2	0	0	0
	KPR	1	0,4	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	3	3	2	0	0
	Rata-rata	3	3	2	0	0
	KPR	1	1	0,67	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	4	2	1	0	0
	Ulangan 2	4	3	1	0	0
	Rata-rata	4	2,5	1	0	0
	KPR	1	0,63	0,25	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	4	2	0	0	0
	Ulangan 2	4	1	0	0	0
	Rata-rata	4	1,5	0	0	0
	KPR	1	0,38	0	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	3	3	0	0	0
	Ulangan 2	4	3	0	0	0
	Rata-rata	3,5	3	0	0	0
	KPR	1	0,86	0	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	4	3	1	0	0
	Ulangan 2	5	3	1	0	0
	Rata-rata	4,5	3	1	0	0
	KPR	1	0,67	0,22	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	4	3	1	-
	Ulangan 2	3	3	2	1	-
	Rata-rata	3	3,5	2,5	1	-
	KPR	1	1,17	0,83	0,33	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	2	3	2	-
	Ulangan 2	2	2	3	1	-
	Rata-rata	2	2	3	1,5	-
	KPR	1	1	1,5	0,75	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	3	3	1
	Ulangan 2	4	3	3	2	1
	Rata-rata	4	3	3	2,5	1
	KPR	1	0,75	0,75	0,63	0,25

Lampiran 4. Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	3	1	0	0
	Ulangan 2	3	3	1	0	0
	Rata-rata	3	3	1	0	0
	KPR	1	1	0,33	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	2	0	0	0
	Ulangan 2	5	2	0	0	0
	Rata-rata	5	2	0	0	0
	KPR	1	0,4	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	3	3	2	0	0
	Rata-rata	3	3	2	0	0
	KPR	1	1	0,67	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	4	3	1	0	0
	Ulangan 2	4	3	0	0	0
	Rata-rata	4	3	0,5	0	0
	KPR	1	0,75	0,13	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	4	2	1	0	0
	Ulangan 2	4	2	1	0	0
	Rata-rata	4	2	1	0	0
	KPR	1	0,5	0,25	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	3	3	0	0	0
	Ulangan 2	4	3	0	0	0
	Rata-rata	3,5	3	0	0	0
	KPR	1	0,86	0	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	4	3	0	0	0
	Ulangan 2	5	2	0	0	0
	Rata-rata	4,5	2,5	0	0	0
	KPR	1	0,56	0	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	4	5	3	-
	Ulangan 2	3	4	4	3	-
	Rata-rata	3	4	4,5	3	-
	KPR	1	1,33	1,5	1	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	2	2	2	-
	Ulangan 2	2	2	2	3	-
	Rata-rata	2	2	2	2,5	-
	KPR	1	1	1	1,25	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	3	2	1
	Ulangan 2	4	3	3	2	1
	Rata-rata	4	3	3	2	1
	KPR	1	0,75	0,75	0,5	0,25

Lampiran 5. Pengaruh konsentrasi bumbu kare terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	4	1	0	0
	Ulangan 2	3	3	1	0	0
	Rata-rata	3	3,5	1	0	0
	KPR	1	1,17	0,33	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	4	0	0	0
	Ulangan 2	5	4	0	0	0
	Rata-rata	5	4	0	0	0
	KPR	1	0,8	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	3	4	2	0	0
	Ulangan 2	4	3	2	0	0
	Rata-rata	3,5	3,5	2	0	0
	KPR	1	1	0,57	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	4	3	1	0	0
	Ulangan 2	4	3	2	0	0
	Rata-rata	4	3	1,5	0	0
	KPR	1	0,75	0,38	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	4	2	1	0	0
	Ulangan 2	4	3	1	0	0
	Rata-rata	4	2,5	1	0	0
	KPR	1	0,63	0,25	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	3	4	0	0	0
	Ulangan 2	4	3	0	0	0
	Rata-rata	3,5	3,5	0	0	0
	KPR	1	1	0	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	4	3	2	0	0
	Ulangan 2	5	3	2	0	0
	Rata-rata	4,5	3	2	0	0
	KPR	1	0,67	0,44	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	4	3	2	-
	Ulangan 2	3	4	3	2	-
	Rata-rata	3	4	3	2	-
	KPR	1	1,33	1	0,67	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	2	2	2	-
	Ulangan 2	2	3	2	2	-
	Rata-rata	2	2,5	2	2	-
	KPR	1	1,25	1	1	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	3	3	1
	Ulangan 2	4	3	3	2	1
	Rata-rata	4	3	3	2,5	1
	KPR	1	0,75	0,75	0,63	0,25

Lampiran 6. Pengaruh konsentrasi bumbu rawon terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	3	3	0	0
	Ulangan 2	3	3	2	0	0
	Rata-rata	3	3	2,5	0	0
	KPR	1	1	0,83	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	4	0	0	0
	Ulangan 2	5	4	0	0	0
	Rata-rata	5	4	0	0	0
	KPR	1	0,8	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	4	3	3	0	0
	Ulangan 2	5	3	2	0	0
	Rata-rata	4,5	3	2,5	0	0
	KPR	1	0,67	0,56	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	3	3	2	0	0
	Ulangan 2	4	3	2	0	0
	Rata-rata	3,5	3	2	0	0
	KPR	1	0,86	0,57	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	3	2	0	0	0
	Ulangan 2	3	2	0	0	0
	Rata-rata	3	2	0	0	0
	KPR	1	0,67	0	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	4	3	0	0	0
	Ulangan 2	4	3	0	0	0
	Rata-rata	4	3	0	0	0
	KPR	1	0,75	0	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	3	3	0	0	0
	Ulangan 2	3	3	0	0	0
	Rata-rata	3	3	0	0	0
	KPR	1	1	0	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	5	4	3	-
	Ulangan 2	3	4	4	3	-
	Rata-rata	3	4,5	4	3	-
	KPR	1	1,5	1,33	1	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	4	2	2	-
	Ulangan 2	2	3	2	2	-
	Rata-rata	2	3,5	2	2	-
	KPR	1	1,75	1	1	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	3	2	1
	Ulangan 2	4	3	2	1	1
	Rata-rata	4	3	2,5	1,5	1
	KPR	1	0,75	0,63	0,38	0,25

Lampiran 7. Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap kerapatan pertumbuhan relatif berbagai jenis mikroba

Jenis mikroba	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)				
		0	5	10	15	20
<i>E. coli</i>	Ulangan 1	3	3	3	0	0
	Ulangan 2	3	4	3	0	0
	Rata-rata	3	3,5	3	0	0
	KPR	1	1,17	1	0	0
<i>B. cereus</i>	Ulangan 1	5	5	0	0	0
	Ulangan 2	5	4	0	0	0
	Rata-rata	5	4,5	0	0	0
	KPR	1	0,9	0	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	Ulangan 1	4	4	2	0	0
	Ulangan 2	5	4	3	0	0
	Rata-rata	4,5	4	2,5	0	0
	KPR	1	0,89	0,56	0	0
<i>S. typhimurium</i>	Ulangan 1	4	3	2	0	0
	Ulangan 2	4	2	2	0	0
	Rata-rata	4	2,5	2	0	0
	KPR	1	0,63	0,5	0	0
<i>S. aureus</i>	Ulangan 1	3	2	0	0	0
	Ulangan 2	3	2	0	0	0
	Rata-rata	3	2	0	0	0
	KPR	1	0,67	0	0	0
<i>V. cholerae</i>	Ulangan 1	4	4	2	0	0
	Ulangan 2	4	4	2	0	0
	Rata-rata	4	4	2	0	0
	KPR	1	1	0,5	0	0
<i>P. aeruginosa</i>	Ulangan 1	3	3	0	0	0
	Ulangan 2	3	3	0	0	0
	Rata-rata	3	3	0	0	0
	KPR	1	1	0	0	0
<i>A. flavus</i>	Ulangan 1	3	3	3	3	-
	Ulangan 2	3	3	3	2	-
	Rata-rata	3	3	3	2,5	-
	KPR	1	1	1	0,83	-
<i>Penicillium sp.</i>	Ulangan 1	2	3	3	2	-
	Ulangan 2	2	2	2	2	-
	Rata-rata	2	2,5	2,5	2	-
	KPR	1	1,25	1,25	1	-
Ekstrak daging	Ulangan 1	4	3	3	3	2
	Ulangan 2	4	3	3	2	2
	Rata-rata	4	3	3	2,5	2
	KPR	1	0,75	0,75	0,63	0,5

Keterangan :

- 0 = tidak ada pertumbuhan mikroba sama sekali pada agar cawan
- 1 = terdapat sedikit sekali pertumbuhan
- 2 = terdapat pertumbuhan yang agak banyak
- 3 = pertumbuhan banyak/lebar
- 4 = pertumbuhan sangat banyak/lebar
- 5 = pertumbuhan hampir menutupi seluruh permukaan cawan
- 6 = pertumbuhan mikroba hampir menutupi seluruh permukaan cawan
- = tidak dilakukan penelitian lebih lanjut
- KPR = Kerapatan Pertumbuhan Relatif



Lampiran 8. Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap viabilitas *B. cereus*

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$4,7 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$	$4,2 \times 10^5$
	Ulangan 2	$6,2 \times 10^5$	$4,6 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$
	Rata-rata	$5,5 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$	$4,0 \times 10^5$
	Log	5,74	5,67	5,63	5,60
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$1,7 \times 10^6$	$2,9 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,5 \times 10^6$	$3,1 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,6 \times 10^6$	$3,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$
	Log	6,20	5,48	5,30	5,23
	Log Nt/N0	1,08	0,97	0,94	0,93
6	Ulangan 1	$1,6 \times 10^8$	$1,8 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,7 \times 10^8$	$1,9 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,7 \times 10^8$	$1,9 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$
	Log	8,23	5,28	5,32	5,34
	Log Nt/N0	1,43	0,93	0,95	0,95
9	Ulangan 1	$1,9 \times 10^7$	$1,8 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$
	Ulangan 2	$2,3 \times 10^7$	$1,8 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$
	Rata-rata	$2,1 \times 10^7$	$1,8 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$
	Log	7,32	5,26	5,45	5,43
	Log Nt/N0	1,28	0,93	0,97	0,97
24	Ulangan 1	$3,0 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$
	Ulangan 2	$3,2 \times 10^6$	$1,6 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$
	Rata-rata	$3,1 \times 10^6$	$1,6 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$
	Log	6,49	5,20	5,51	5,51
	Log Nt/N0	1,13	0,92	0,98	0,98
30	Ulangan 1	$2,7 \times 10^7$	$1,6 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$	$3,6 \times 10^5$
	Ulangan 2	$2,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$2,6 \times 10^7$	$1,6 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$
	Log	7,42	5,20	5,52	5,53
	Log Nt/N0	1,29	0,92	0,98	0,99

Lampiran 9. Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap viabilitas *B. cereus*

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Ulangan 2	$2,0 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$2,0 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Log	5,30	5,18	5,15	5,11
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$2,3 \times 10^7$	$1,3 \times 10^5$	$1,6 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$
	Ulangan 2	$2,2 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$
	Rata-rata	$2,3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$1,8 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
	Log	7,36	5,15	4,26	4,23
	Log Nt/N0	1,39	0,99	0,83	0,83
6	Ulangan 1	$1,2 \times 10^8$	$1,8 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
	Ulangan 2	$1,3 \times 10^8$	$1,8 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
	Rata-rata	$1,3 \times 10^8$	$1,8 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
	Log	8,11	4,26	4,23	4,11
	Log Nt/N0	1,53	0,82	0,82	0,80
9	Ulangan 1	$4,6 \times 10^6$	$1,5 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
	Ulangan 2	$3,2 \times 10^6$	$1,7 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
	Rata-rata	$3,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
	Log	6,59	4,20	4,15	4,08
	Log Nt/N0	1,24	0,81	0,81	0,80
24	Ulangan 1	$1,3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
	Ulangan 2	$1,2 \times 10^7$	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
	Rata-rata	$1,3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
	Log	7,11	4,15	4,15	4,04
	Log Nt/N0	1,34	0,80	0,81	0,79
30	Ulangan 1	$2,1 \times 10^7$	$1,2 \times 10^4$	$4,1 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$
	Ulangan 2	$2,0 \times 10^7$	$1,3 \times 10^4$	$3,5 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$
	Rata-rata	$2,1 \times 10^7$	$1,3 \times 10^4$	$3,8 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$
	Log	7,32	4,11	3,58	3,42
	Log Nt/N0	1,38	0,79	0,70	0,67

Lampiran 10 Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap viabilitas *B. cereus*

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$1,7 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
	Ulangan 2	$2,1 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,9 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	5,28	5,15	5,15	5,08
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$1,2 \times 10^6$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$9,8 \times 10^4$
	Ulangan 2	$1,0 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,1 \times 10^6$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
	Log	6,04	5,15	5,08	5,04
	Log Nt/N0	1,14	1,00	0,99	0,99
6	Ulangan 1	$2,2 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,5 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$9,5 \times 10^4$
	Rata-rata	$1,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$9,8 \times 10^4$
	Log	7,28	5,08	5,08	4,99
	Log Nt/N0	1,38	0,99	0,99	0,98
9	Ulangan 1	$1,4 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
	Ulangan 2	$2,6 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$8,6 \times 10^4$
	Rata-rata	$2,0 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$9,3 \times 10^4$
	Log	7,30	5,08	5,08	4,97
	Log Nt/N0	1,38	0,99	0,99	0,98
24	Ulangan 1	$6,0 \times 10^6$	$1,2 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$
	Ulangan 2	$6,8 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	$9,9 \times 10^4$	$9,3 \times 10^4$
	Rata-rata	$6,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	$9,0 \times 10^4$
	Log	6,81	5,11	5,00	4,95
	Log Nt/N0	1,30	0,99	0,97	0,97
30	Ulangan 1	$3,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$8,1 \times 10^4$	$7,4 \times 10^4$
	Ulangan 2	$2,8 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$9,3 \times 10^4$	$7,6 \times 10^4$
	Rata-rata	$2,9 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$	$7,5 \times 10^4$
	Log	7,46	5,04	4,94	4,88
	Log Nt/N0	1,41	0,98	0,96	0,96

Lampiran 11. Pengaruh konsentrasi bumbu opor terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$9,7 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$8,6 \times 10^4$	$8,8 \times 10^4$
	Ulangan 2	$9,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$
	Rata-rata	$9,5 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$	$9,9 \times 10^4$
	Log	4,98	5,04	4,94	5,00
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$4,5 \times 10^8$	$1,1 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Ulangan 2	$4,1 \times 10^8$	$9,0 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
	Rata-rata	$4,3 \times 10^8$	$1,0 \times 10^6$	$1,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	8,63	6,00	5,20	5,08
	Log Nt/N0	1,73	1,19	1,05	1,02
6	Ulangan 1	$1,6 \times 10^9$	$7,4 \times 10^7$	$1,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$
	Ulangan 2	$1,0 \times 10^9$	$8,6 \times 10^7$	$1,3 \times 10^7$	$9,9 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,3 \times 10^9$	$8,0 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$
	Log	9,11	7,90	7,08	6,04
	Log Nt/N0	1,83	1,57	1,43	1,21
9	Ulangan 1	$1,5 \times 10^9$	$9,2 \times 10^8$	$1,5 \times 10^8$	$2,1 \times 10^6$
	Ulangan 2	$1,4 \times 10^9$	$1,2 \times 10^9$	$1,4 \times 10^8$	$3,2 \times 10^6$
	Rata-rata	$1,5 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$1,5 \times 10^8$	$2,7 \times 10^6$
	Log	9,18	9,04	8,18	6,43
	Log Nt/N0	1,84	1,79	1,66	1,29
24	Ulangan 1	$1,3 \times 10^{10}$	$6,4 \times 10^9$	$3,9 \times 10^9$	$3,6 \times 10^9$
	Ulangan 2	$1,5 \times 10^{10}$	$7,0 \times 10^9$	$3,7 \times 10^9$	$4,8 \times 10^9$
	Rata-rata	$1,4 \times 10^{10}$	$6,7 \times 10^9$	$3,8 \times 10^9$	$4,2 \times 10^9$
	Log	10,15	9,83	9,58	9,62
	Log Nt/N0	2,04	1,95	1,94	1,92
30	Ulangan 1	$1,6 \times 10^{10}$	$9,0 \times 10^9$	$4,7 \times 10^9$	$4,4 \times 10^9$
	Ulangan 2	$1,6 \times 10^{10}$	$1,2 \times 10^{10}$	$6,0 \times 10^9$	$4,6 \times 10^9$
	Rata-rata	$1,6 \times 10^{10}$	$1,1 \times 10^{10}$	$5,4 \times 10^9$	$4,5 \times 10^9$
	Log	10,20	10,04	9,73	9,65
	Log Nt/N0	2,05	1,99	1,97	1,93

Lampiran 12. Pengaruh konsentrasi bumbu rendang terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$4,1 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$3,3 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$
	Ulangan 2	$3,4 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$
	Rata-rata	$3,8 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$
	Log	4,58	4,56	4,64	4,51
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$6,4 \times 10^6$	$1,4 \times 10^5$	$4,9 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$
	Ulangan 2	$9,2 \times 10^6$	$1,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$
	Rata-rata	$7,8 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	$4,6 \times 10^4$	$3,4 \times 10^4$
	Log	6,89	5,11	4,66	4,53
	Log Nt/N0	1,50	1,12	1,00	1,00
6	Ulangan 1	$4,8 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6$	$1,7 \times 10^5$	$2,9 \times 10^4$
	Ulangan 2	$5,2 \times 10^7$	$9,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$4,7 \times 10^4$
	Rata-rata	$5,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$3,8 \times 10^4$
	Log	7,70	6,04	5,18	4,58
	Log Nt/N0	1,68	1,32	1,12	1,02
9	Ulangan 1	$1,1 \times 10^8$	$3,0 \times 10^7$	$1,3 \times 10^6$	$6,0 \times 10^4$
	Ulangan 2	$1,2 \times 10^8$	$3,1 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$	$6,4 \times 10^4$
	Rata-rata	$1,2 \times 10^8$	$3,1 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6$	$6,2 \times 10^4$
	Log	8,08	7,49	6,08	4,79
	Log Nt/N0	1,76	1,64	1,31	1,06
24	Ulangan 1	$1,5 \times 10^{10}$	$6,2 \times 10^8$	$1,5 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,4 \times 10^{10}$	$6,8 \times 10^8$	$1,5 \times 10^6$	$2,1 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,5 \times 10^{10}$	$6,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^6$	$2,0 \times 10^5$
	Log	10,18	8,81	6,18	5,30
	Log Nt/N0	2,22	1,93	1,33	1,18
30	Ulangan 1	$8,7 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$4,8 \times 10^6$	$5,9 \times 10^5$
	Ulangan 2	$9,0 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$5,4 \times 10^6$	$3,0 \times 10^5$
	Rata-rata	$8,9 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$5,1 \times 10^6$	$4,5 \times 10^5$
	Log	9,95	9,04	6,71	5,65
	Log Nt/N0	2,17	1,98	1,45	1,25

Lampiran 13. Pengaruh konsentrasi bumbu ayam goreng terhadap viabilitas mikroba dalam ekstrak daging

Waktu kontak (jam)	Keterangan	Konsentrasi bumbu (%)			
		0	10	15	20
0	Ulangan 1	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,4 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	5,15	5,18	5,18	5,08
	Log Nt/N0	1	1	1	1
3	Ulangan 1	$5,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Ulangan 2	$6,3 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
	Rata-rata	$5,7 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	5,76	5,18	5,11	5,08
	Log Nt/N0	1,12	1,00	0,99	1,00
6	Ulangan 1	$5,5 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Ulangan 2	$5,8 \times 10^7$	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$5,7 \times 10^7$	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	7,76	5,18	5,15	5,08
	Log Nt/N0	1,51	1,00	0,99	1,00
9	Ulangan 1	$4,6 \times 10^8$	$2,3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Ulangan 2	$3,5 \times 10^8$	$3,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Rata-rata	$4,1 \times 10^8$	$2,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Log	8,61	5,46	5,18	5,08
	Log Nt/N0	1,67	1,05	1,00	1,00
24	Ulangan 1	$1,8 \times 10^{10}$	$1,5 \times 10^8$	$8,9 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,7 \times 10^{10}$	$1,8 \times 10^8$	$8,1 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,8 \times 10^{10}$	$1,7 \times 10^8$	$8,5 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$
	Log	10,26	8,23	6,93	5,26
	Log Nt/N0	1,99	1,59	1,34	1,04
30	Ulangan 1	$1,1 \times 10^{10}$	$8,4 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8$	$2,9 \times 10^5$
	Ulangan 2	$1,2 \times 10^{10}$	$7,1 \times 10^8$	$3,6 \times 10^8$	$3,5 \times 10^5$
	Rata-rata	$1,2 \times 10^{10}$	$7,8 \times 10^8$	$3,2 \times 10^8$	$3,2 \times 10^5$
	Log	10,08	8,89	8,51	5,51
	Log Nt/N0	1,96	1,72	1,64	1,08