

**PENGGUNAAN TEKNOLOGI GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI PADA
PROSES PENGAWETAN IKAN**

*THE USAGE OF HIGH POWER MICROWAVE TECHNOLOGY IN FISH
PRESERVATION PROCESS*

ABDUL AZIS LIHAWA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2021

**PENGGUNAAN TEKNOLOGI GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI PADA
PROSES PENGAWETAN IKAN**

*THE USAGE OF HIGH POWER MICROWAVE TECHNOLOGY IN FISH
PRESERVATION PROCESS*

ABDUL AZIS LIHAWA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2021

**PENGGUNAAN TEKNOLOGI GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI PADA
PROSES PENGAWETAN IKAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister Teknik

Program Studi Magister Teknik Elektro

Universitas Hasanuddin

Disusun dan diajukan oleh

ABDUL AZIS LIHAWA

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

TESIS
PENGGUNAAN TEKNOLOGI GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI PADA
PROSES PENGAWETAN IKAN

Disusun dan diajukan oleh

ABDUL AZIS LIHAWA

Nomor Pokok D032171030

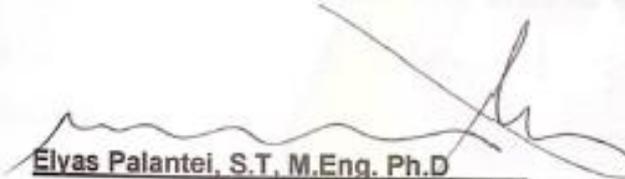
Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 14 Juli 2021

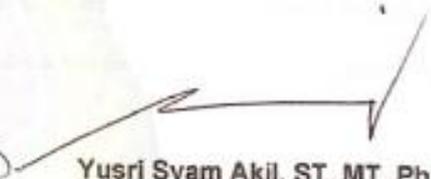
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat


Elvas Palantei, S.T., M.Eng. Ph.D

Ketua


Yusri Syam Akil, ST, MT, Ph.D

Anggota

Ketua Program Studi S2 Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin



Prof. DR. Eng. Syafaruddin, S.T., M. Eng.
NIP. 19740530 199903 1 003

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T
NIP. 19601231 198609 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Azis Lihawa

NIM : D032171030

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

PENGGUNAAN TEKNOLOGI GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI PADA PROSES PENGAWETAN IKAN

Adalah karya tulis saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 8 Mei 2021

Yang Menyatakan



METRAJ
TEMPEL
2E1AJX346494367

Abdul Azis Lihawa

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga pengajuan proposal penelitian dengan judul “Penggunaan Teknologi Gelombang Mikro Berdaya Tinggi pada Proses Pengawetan Ikan“ dapat terselesaikan.

Pada penyusunan kali ini kami menyajikan beberapa hal yang menyangkut judul yang telah kami angkat dan telah melalui proses pencarian dari berbagai sumber baik jurnal penelitian, buku maupun dari situs-situs di internet. Untuk itu melalui kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Elyas Palantei, S.T, M.Eng. Ph.D dan Bapak Yusri Syam Akil, ST, MT, Ph.D dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan ini.

Walaupun dalam penyusunannya, kami telah berusaha secara maksimal, namun jika masih ada kekurangan baik dari segi pengetikan maupun dari segi isi mohon kritik dan saran, demi penyusunan selanjutnya agar lebih baik lagi. Akhir kata saya selaku penyusun mengucapkan terima kasih.

Makassar, 8 Mei 2020

Abdul Azis Lihawa

ABSTRAK

ABDUL AZIS LIHAWA. *Penggunaan Teknologi Gelombang Mikro Berdaya Tinggi Pada Proses Pengawetan Ikan (dibimbing oleh Elyas Palantei dan Yusri Syam Akil)*

Penelitian ini bertujuan untuk menawarkan solusi dengan biaya lebih rendah untuk menunda proses pembusukan ikan. Solusi yang ditawarkan menggunakan proses pemanasan elektromagnetik dalam kotak pemanas yang terbuat dari logam yang menggunakan magnetron, waveguide dan antena piramidal. Kendala ketidakseragaman pemanasan ditangani dengan penggunaan bilah pengarah. Simulasi komputer menunjukkan bahwa pengaturan sudut bilah pengarah (0° , 15° , 30° , 45° , 60° and 75°) memberikan pola distribusi panas yang berbeda dalam kotak pemanas. Dengan begitu, pengayunan bilah pengarah akan memberikan fluktuasi pola distribusi yang menghasilkan tingkat keseragaman panas yang lebih merata. Validasi eksperimental memperlihatkan bahwa sampel ikan dilokasi terdingin dapat dipanasi hingga 70°C sehingga mampu membasmi mikroba penyebab pembusukan, tanpa membuat sampel ikan pada lokasi terpanas menjadi hangus.

Kata Kunci : Pemanasan Gelombang Mikro, Bilah Pengarah, Keseragaman Pemanasan

ABSTRACT

ABDUL AZIS LIHAWA. *The Usage of High Power Microwave Technology in Fish Preservation Process* (supervised by **Elyas Palantei and Yusri Syam Akil**)

This study aimed to offer lower cost solution to postpone fish rotting process. The solution used electromagnetic heating process in a big metal chamber powered by a magnetron which was connected to a waveguide and a pyramidal horn antenna. Non-uniform heating problem was addressed using electromagnetic wave stirring mechanism. Computer simulation showed that various angle of wave stirring mechanism (0° , 15° , 30° , 45° , 60° and 75°) provide different pattern of hot and cold spot in the chamber, thus swinging the stirring mechanism created more uniform heating process. Experimental validation showed that fish samples in the coldest spot can be heated to 70°C , high enough to kill the microbes that made the fish rotten, without overheating the samples located in the hottest spot.

Keywords: Microwave heating, stirring mechanism, heating uniformity.

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. RUMUSAN MASALAH	2
C. TUJUAN PENELITIAN	2
D. MANFAAT PENELITIAN.....	3
E. BATASAN MASALAH.....	3
F. SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN	6
A. LANDASAN TEORI	6
1. Proses Pembusukan Pada Ikan	6
2. Proses Pemanasan dengan Gelombang Mikro	9
3. Proses Kerja Magnetron Selaku Pembangkit Gelombang Mikro	13
4. Proses Kerja Antena Gelombang Mikro	19
B. STATE OF THE ART.....	21
C. KERANGKA PEMIKIRAN	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
A. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	27
1. Waktu	27
2. Lokasi	27
B. OBYEK DAN VARIABEL PENELITIAN.....	27
1. Obyek Penelitian.....	27
2. Variabel Penelitian	27
C. JENIS DAN SUMBER DATA	28
D. BAHAN DAN ALAT PENELITIAN	30
E. PROSEDUR PENGAMBILAN DATA	30
F. PELAKSANAAN PENELITIAN	32
G. JADWAL PENELITIAN	34

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
A. GAMBARAN UMUM.....	35
1. Simulasi Komputer.....	35
2. Validasi Eksperimental.....	36
B. DATA MASUKAN	37
1. Data Parameter Material	37
2. Data Dimensi Material.....	38
3. Data Time Signal	38
4. Data Sampel	39
C. TAHAP SIMULASI KOMPUTER.....	39
1. Hasil Simulasi Komputer.....	39
2. Pembahasan Hasil Simulasi Komputer	40
D. TAHAP VALIDASI EKSPERIMENTAL.....	43
1. Hasil Validasi Eksperimental.....	43
2. Pembahasan Hasil Validasi Eksperimental	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
A. KESIMPULAN	48
B. SARAN.....	49
1. Metode Pengontrolan Bilah Pengarah.....	49
2. Mode Operaional Optimum	Error! Bookmark not defined.
3. Implementasi Keselamatan Kerja.....	50
4. Dampak Ekonomi.....	50
5. Kondisi Ikan	51

DAFTAR GAMBAR

1. Vibrio Sp	8
2. Salmonella Sp	8
3. Shigella Sp	8
4. Molekul Air	10
5. Orientasi Molekul Air Tanpa Medan EM	10
6. Orientasi Molekul Air Dengan Medan EM	10
7. Orientasi Molekul Air Dengan Paparan Frekuensi Sangat Rendah.....	11
8. Orientasi Molekul Air Dengan Paparan Frekuensi Sangat Tinggi	11
9. Orientasi Molekul Air Dengan Paparan Frekuensi Gelombang Mikro	11
10. Perbandingan Proses Pemanasan	12
11. Pola Pemanasan Yang Tidak Merata Dan Upaya Mitigasinya	12
12. Komponen Magnetron	13
14. Pemancaran Elektron Dari Katoda Akibat Medan Magnet	14
13. Katoda.....	14
15. Kurva Temperatur Katoda	14
16. Anoda.....	15
17. Rangkaian LC Ekuivalen Dari Anoda Dengan 10 Celah	15
18. Antena Output	16
19. Lintasan Elektron.....	16
20. Tegangan Hull Cut Off Pada Magnetron.....	17
21. Medan Percepatan Dan Medan Perlambatan.....	17
22. Awan Elektron Berbentuk Jari-Jari.....	18
23. Berbagai Jenis Waveguide	19
24. Konfigurasi bilah pengarah dengan berbagai sudut pantul	20
25. Kerangka Pemikiran	26
26. Aspek Penelitian Dan Faktor Pengaruh	28

27. Jadwal Penelitian	34
28. Blok Diagram dari Sistem.....	35
29. Model Fisik Peralatan yang Digunakan	36
30. Konfigurasi Magnetron, Waveguide dan Antena	36
31. Bagian Dalam Model Fisik.....	36
32. Perbandingan pola distribusi tingkat radiasi elektromagnetik dalam kotak pemanas akibat perbedaan perlakuan bilah pengarah.....	39
33. Grafik pola kenaikan temperatur sampel	44
34. Perbandingan kondisi sampel dengan berbagai perlakuan pemanasan	45

DAFTAR TABEL

1. State of The Art.....	21
2. Perbandingan Metode Pengendalian Mikroba.....	28
3. Format Data Percobaan Pemanasan	29
4. Daftar Bahan Dan Peralatan	30
5. Parameter Material Alumunium dan Udara	37
6. Data Dimensi Material.....	38
7. Data Time Signal	38
8. Parameter Sampel Ikan	39
9. Variasi tingkat energi radiasi elektromagnetik akibat penggunaan bilah pengarah	40
10. Sebaran lokasi pengambilan sampel.....	42
11. Durasi kenaikan temperatur sampel yang diletakkan pada beberapa lokasi berbeda....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Ikan merupakan bahan makanan yang sangat mudah rusak karena banyak mengandung air dan protein. Pembusukan ikan disebabkan oleh aktifitas enzim, perubahan biokimia dan pertumbuhan mikroorganisme. Jika ikan dibiarkan begitu saja tanpa mengalami proses apapun pasca penangkapan, maka daging ikan tersebut akan membusuk hanya dalam waktu 8-12 jam saja pada cuaca tropis seperti di Indonesia [1].

Pada saat ini proses pengawetan ikan pasca penangkapan biasanya dilakukan dengan cara pembekuan atau pendinginan. Proses pembekuan atau pendinginan dilakukan untuk menghambat proses perkembangbiakan mikroorganisme yang mengakibatkan proses pembusukan pada ikan. Proses pembekuan dilakukan dengan menggunakan freezer hingga suhu minus 30 °C [2], sementara proses pendinginan dilakukan dengan menggunakan es batu hingga suhu 0 °C - 10 °C. Proses pembekuan dengan menggunakan freezer hanya dapat dilakukan pada kapal dengan kapasitas minimal 30 Gross Ton [3] dan menggunakan banyak konsumsi energi [4] dan ruang kedap suhu yang baik [5] yang memenuhi persyaratan teknis yang berlaku [6]

Walaupun durasi perjalanan kapal penangkap ikan berukuran kecil di Indonesia dapat mencapai beberapa hari [7], kapal yang dipakai nelayan tradisional di Indonesia biasanya hanya menggunakan proses pendinginan dengan menggunakan es atau malah menggunakan formalin atau pengawet kimia berbahaya lainnya. [8]

Selain dari rendahnya kepedulian terhadap kesehatan dan keselamatan konsumen, ada beberapa hal yang mengakibatkan keengganan beberapa nelayan di Indonesia untuk menggunakan es batu untuk menjaga kesegaran ikan hasil tangkapan, penyebabnya antara lain ialah:

1. kelangkaan es batu.
2. biaya penggunaan es batu yang relatif lebih mahal dibanding formalin.
3. penempatan es batu di kapal yang memerlukan ruang sehingga mengurangi kapasitas penyimpanan ikan.

Berangkat dari kesadaran untuk mencari alternatif metode pengawetan ikan diatas kapal dengan biaya rendah inilah yang menjadi dasar kami dalam membuat penelitian ini. Nelayan kita bukannya tidak tahu akan bahaya formalin, tapi biaya yang perlu dikeluarkan untuk mendinginkan ikan dengan es saja sudah tinggi, apalagi jika dibandingkan dengan biaya untuk membekukan ikan yang membutuhkan freezer, sementara daya beli masyarakat Indonesia masih terbatas. Diperlukan metode baru untuk menyelesaikan permasalahan ini dengan pendekatan biaya yang lebih agar penggunaan formalin dapat dihentikan.

Penggunaan teknologi gelombang mikro berdaya tinggi yang telah jamak diimplementasikan dalam bidang pengolahan makanan dapat menjadi alternatif solusi dari masalah ini [9]. Pada kesempatan ini kami akan membahas penggunaan teknologi gelombang mikro berdaya tinggi pada proses pengawetan ikan pasca penangkapan di atas kapal.

B. RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang diuraikan yaitu:

1. Bagaimana mengembangkan rancangan penggunaan teknologi gelombang mikro yang dapat mengatasi kendala ketidakseragaman pemanasan sehingga secara efektif dapat menjaga kesegaran ikan pasca penangkapan diatas kapal?
2. Bagaimana mengukur kinerja rancangan pengembangan penggunaan gelombang mikro tersebut?

C. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan rancangan penggunaan teknologi gelombang mikro yang dapat mengatasi kendala ketidakseragaman pemanasan sehingga secara efektif dapat menjaga kesegaran ikan pasca penangkapan diatas kapal

2. Mengukur kinerja rancangan penggunaan gelombang mikro tersebut.

D. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan alternatif solusi pengawetan ikan pasca penangkapan.
2. Menjaga kesehatan para konsumen ikan dari mengkonsumsi formalin yang berbahaya
3. Menjadi masukan bagi industri perikanan untuk menurunkan biaya operasional mereka
4. Teknologi yang dikembangkan menjadi masukan bagi badan pengetahuan dibidang teknologi gelombang mikro berdaya tinggi.
5. Menjadi referensi ilmiah dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan teknologi gelombang mikro berdaya tinggi di wilayah lain.

E. BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah untuk menelusuri aspek durasi pemanasan, aspek keseragaman pemanasan, aspek kondisi ikan hasil pemanasan dan aspek perbandingan konsumsi energi dengan metode baku pembekuan, dari penggunaan magnetron sebagai pembangkit gelombang mikro berdaya tinggi sebagai metode alternatif pengendalian mikroba penyebab pembusukan pada ikan.

Batasan aspek durasi pemanasan dari penelitian ini adalah untuk mengukur seberapa besar durasi pemanasan yang diperlukan untuk memanaskan daging ikan hingga mencapai suhu 70 °C (suhu yang diperlukan untuk membasmi mikroba penyebab pembusukan). Penelitian ini tidak mengukur jumlah mikroba sebelum dan sesudah proses pemanasan, tetapi menggunakan parameter pencapaian suhu 70 °C sebagai batas suhu pembasmian mikroba penyebab pembusukan pada ikan.

Batasan aspek keseragaman pemanasan dari penelitian ini adalah perbandingan antara suhu tertinggi dan suhu terendah dari beberapa sampel yang diletakkan di beberapa lokasi yang mempunyai tingkat energi radiasi elektromagnetik yang berbeda.

Batasan untuk aspek kondisi ikan hasil pemanasan adalah perbandingan warna dan transparansi sampel ikan yang dipanaskan dengan suhu yang berbeda-beda. Perbandingan parameter lain seperti aroma, tekstur, kekenyalan dan rasa tidak dilakukan karena selain dianggap sudah terwakili oleh perbandingan warna, perbandingan parameter tersebut secara teknis sulit untuk dilakukan.

Sedangkan batasan untuk aspek perbandingan konsumsi energi adalah perbandingan total energi yang dibutuhkan oleh metode yang diusulkan terhadap metode baku yang dilanjutkan dengan perbandingan metode pemenuhan kebutuhan energi tersebut.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah :

Bab I Pendahuluan

Bab I berisi penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Bab II berisi penjelasan tentang landasan teori, *state of the art*, dan kerangka pemikiran. Landasan teori akan menjelaskan 4 hal yaitu:

1. Proses pembusukan pada ikan.
2. Proses pemanasan dengan gelombang mikro.
3. Proses kerja magnetron selaku pembangkit gelombang mikro.
4. Proses kerja antena dan bilah pengarah gelombang mikro yang sesuai dengan kebutuhan pengawetan ikan diatas kapal.

Dalam Bab ini juga diuraikan *state of the art* yang berisi tentang kontribusi penelitian ini terhadap penelitian terkait dan kerangka pemikiran yang dipakai untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III berisi penjelasan tentang waktu dan lokasi penelitian, obyek dan variabel penelitian, jenis dan sumber data, alat penelitian, pelaksanaan penelitian dan jadwal penelitian. Variabel bebas yang akan dipakai berupa tingkat energi radiasi elektromagnetik dan durasi pemanasan sampel ikan. Sedangkan variabel terikat yang digunakan adalah karakteristik kenaikan suhu sampel dan penilaian kondisi hasil pemanasan.

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab IV berisi penjelasan tentang hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Hasil merupakan penjelasan tentang data kuantitatif yang dikumpulkan sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan. Pembahasan berisi penjelasan tentang pengolahan data dan interpretasinya, baik dalam bentuk deskriptif ataupun penarikan inferensinya. Implikasi Penelitian merupakan suatu penjelasan tentang tindak lanjut Penelitian yang terkait dengan aspek usulan, maupun aspek Penelitian lanjutan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab V berisi penjelasan tentang kesimpulan dari hasil pembahasan dan saran untuk pengembangan penelitian di masa yang akan datang.

BAB 2

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. LANDASAN TEORI

1. Proses Pembusukan Pada Ikan

1.1 Penanganan ikan

Ikan adalah salah satu jenis makanan yang sudah lama dikenal peradaban. Ikan termasuk jenis makanan yang paling cepat menurun kesegarannya pada suhu kamar. Penurunan kesegaran ini berbeda antara berbagai species ikan, namun secara umum biasanya ikan akan membusuk hanya dalam waktu 8-12 jam jika dibiarkan tanpa penanganan sama sekali [8] [1]. Pembusukan ikan ini mengakibatkan kerugian besar secara nilai ekonomi, nilai gizi dan mutu ikan.

Penanganan ikan yang baik adalah semua kegiatan yang dilakukan terhadap ikan sejak ditangkap, diatas kapal, di darat dan pada saat distribusi hingga sampai ke tangan konsumen atau siap untuk diolah. Adapun tujuannya adalah untuk mempertahankan kesegaran ikan selama mungkin agar tidak rusak dan tetap bernilai gizi tinggi. Penanganan ikan di atas kapal merupakan langkah yang paling efektif mempertahankan kesegaran mutu ikan hasil tangkapan. [2].

Penanganan ikan diatas kapal dapat dilakukan dengan proses pembekuan /pendinginan atau dengan menggunakan cairan kimia, baik cairan yang aman maupun tidak aman bagi kesehatan. Semua proses tersebut pada dasarnya hanya memperlambat proses pembusukan, bukan untuk menghentikan, apalagi membalikkan kondisi dari kurang segar menjadi lebih segar. Proses penanganan ikan dengan menggunakan cairan kimia yang membahayakan kesehatan biasanya digunakan karena faktor biaya.

Penelitian ini akan mengeksplorasi kemungkinan penggunaan proses pemanasan untuk mengontrol jumlah mikroba penyebab proses pembusukan pada ikan sebagai alternatif dari proses pembekuan yang telah berjalan selama ini.

1.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pembusukan

Terdapat 2 hal yang menjadi penyebab penurunan kualitas ikan. Pertama, aktivitas bakteri yang terdapat pada insang, kulit dan isi perut. Kedua, aktivitas enzim yang terdapat dalam perut ikan [10]. Pada saat ikan mati, bakteri mulai berkembang biak dengan memakan otot ikan dimana enzim juga mulai merusak jaringan otot tersebut. Bau tidak sedap pada ikan busuk biasanya timbul sebagai akibat dari hasil samping aktivitas bakteri dan enzim.

Terdapat 4 hal yang mempengaruhi tingkat pembusukan dan penurunan kualitas ikan [11] yaitu:

1. Suhu
2. Waktu Penanganan
3. Metode Penangkapan
4. Sanitasi dan Higienis

1.3 Mikroba Penyebab Pembusukan

Adapun jenis mikroba yang menyebabkan pembusukan pada ikan [10], [12] :

1.3.1 *Vibrio Species*

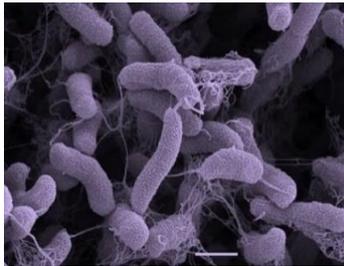
Vibrio adalah bakteri yang dapat berkembang biak secara alamiah di laut. *Vibrio* berkembang biak dengan sangat pesat pada suhu hangat. *Vibrio* menyebabkan penyakit diare, kram perut, mual dan muntah. Bakteri ini sensitif terhadap suhu dan dapat dibasmi dengan pemanasan dengan suhu di atas 60 °C [12]. Bakteri jenis ini berkembang biak setiap 40 menit pada suhu tropis. [13].

1.3.2 *Salmonella Species*

Salmonella adalah bakteri utama penyebab penyakit yang berhubungan dengan makanan. Terdapat sekitar 2500 jenis *salmonella* yang sudah dikenali saat ini. Mereka menyebabkan penyakit diare, kram perut dan demam. *Salmonella* bersifat sensitif terhadap suhu sehingga mudah dibasmi dengan pemanasan pada suhu 72 °C [12] . Bakteri ini berkembang biak setiap 21 – 34 menit pada suhu tropis [14]

1.3.3 Shigella Species

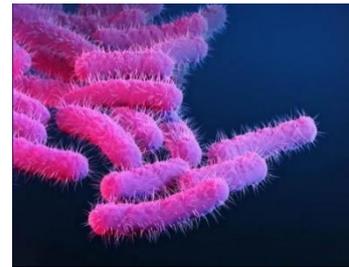
Shigella biasanya berasal dari peralatan yang terkontaminasi yang bersentuhan dengan ikan pada proses pengelolaan. Shigella menyebabkan demam, sakit perut dan diare. Shigella bersifat sensitif terhadap suhu sehingga mudah dibasmi dengan pemanasan pada suhu 63 °C [12]. Bakteri ini berkembang biak setiap 20 – 40 menit pada suhu tropis. [15]



Gambar 3. Vibrio Sp



Gambar 2. Salmonella Sp



Gambar 1. Shigella Sp

1.4 Dampak Dan Penanganan Proses Pembusukan Ikan

Sebuah riset yang mengamati penyakit yang ditimbulkan melalui makanan dan mengambil sampel data dari 1973 hingga 2006 di Amerika Serikat menunjukkan bahwa 2/3 dari penyakit tersebut ditimbulkan oleh bakteri dan 1/3 sisanya diakibatkan oleh virus. Dari total penyakit yang diakibatkan oleh bakteri, 54% diakibatkan oleh bakteri Vibrio, sedangkan bakteri salmonella dan shigella masing masing mengakibatkan 10% penyakit. Penyakit ini diakibatkan oleh konsumsi ikan dan hasil laut lainnya yang tidak disertai dengan proses memasak yang benar. Sehingga bakteri dan virus tersebut menginfeksi manusia dan menyebabkan penyakit. [16]

Bakteri dan virus penyebab penyakit ini bisa ditangani dengan mudah melalui proses memasak makanan dengan benar. Dengan begitu resiko penyakit dan kematian akibat bakteri tersebut dapat ditangani. Namun bakteri penyebab penyakit ini juga merupakan bakteri penyebab pembusukan pada ikan, dimana kita mengetahui bahwa proses pembusukan pada ikan merupakan proses yang berjalan satu arah. Ikan yang sudah terlanjur membusuk, tidak dapat dikembalikan menjadi ikan segar walaupun bakteri penyebab pembusukannya telah dibasmi.

Penelitian yang dilakukan di Aceh terhadap ikan tongkol di tahun 2017 menunjukkan jumlah bakteri sebanyak $1,2 \times 10^4$ CFU/gram (CFU: Colony Forming Unit) pada sampel yang diambil di pagi hari dan $3,9 \times 10^4$ CFU/gram pada sampel yang diambil di sore hari [17]. Nilai ini memang masih dibawah nilai batas kesegaran ikan yaitu 5×10^5 CFU/gram [18], sehingga ikan-ikan tersebut aman untuk dikonsumsi.

Hal yang menarik dari penelitian tersebut adalah walaupun ikan yang dijual di sore hari tersebut telah diberi es untuk mempertahankan kesegarannya sejak pagi hari, jumlah bakteri yang ada didalamnya tetap meningkat sebesar 225% hanya dalam waktu 8 - 9 jam saja. Hal ini membuktikan bahwa pendinginan ikan dengan menggunakan es hanya memperlambat proses perkembangbiakan bakteri.

Saat ini metode baku untuk mengontrol jumlah bakteri penyebab pembusukan adalah dengan proses pembekuan hingga minus 70°C . Proses pendinginan ekstrim ini tidak untuk mematikan bakteri penyebab pembusukan, tetapi hanya membuat bakteri berhibernasi sehingga tidak dapat berkembangbiak. Proses hibernasi bakteri ini membuat ikan hasil tangkapan dapat didistribusikan secara aman hingga berada di tangan konsumen. Namun perlu diingat bahwa ikan hasil pembekuan ini tetap harus dimasak sebelum dikonsumsi. Karena bakteri yang tadinya berhibernasi akan mulai berkembang biak dalam tubuh manusia sehingga menimbulkan penyakit jika dikonsumsi tanpa dimasak dengan baik terlebih dahulu. [19]

2. Proses Pemanasan dengan Gelombang Mikro

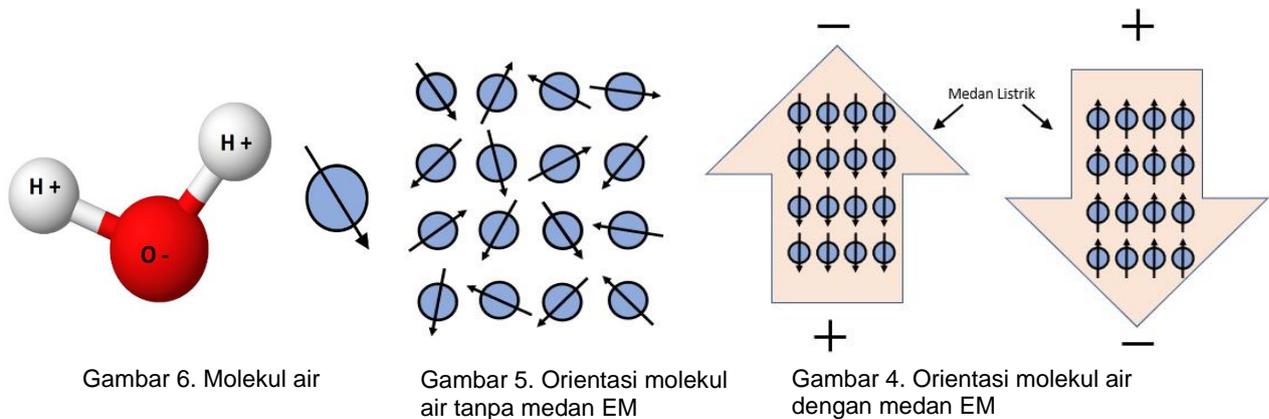
2.1 Prinsip Pemanasan Gelombang Mikro

Penelitian yang dilakukan pada 2006 mengenai kandungan gizi ikan jika dimasak hingga matang dengan daya penuh oven microwave menunjukkan bahwa kandungan kadar air pada daging ikan hanya menurun sebanyak 2,21%. [20]

Dalam penyerapan gelombang mikro, molekul dipolar seperti air akan berotasi sesuai dengan medan elektromagnet yang berflutuasi. Molekul air bersifat dipolar dengan ujung oksigennya bermuatan negatif sementara ujung hidrogennya bermuatan positif, seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 4. Jika tidak dipapar dengan medan listrik, orientasi polar dari molekul molekul air akan mengarah secara acak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sementara jika dipapar dengan medan listrik, orientasi polar dari molekul molekul tersebut akan terarah secara teratur seperti pada Gambar 6.

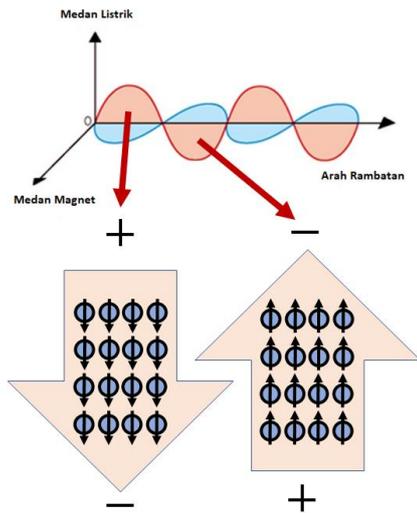
Medan listrik yang berfluktuasi pada gelombang elektromagnetik akan membuat “kutub-kutub” tersebut menyelaraskan diri dengan berotasi pada porosnya. Tentu saja proses rotasi ini memerlukan waktu walaupun dalam rentang yang sangat singkat karena massa molekul yang relatif kecil. [21]



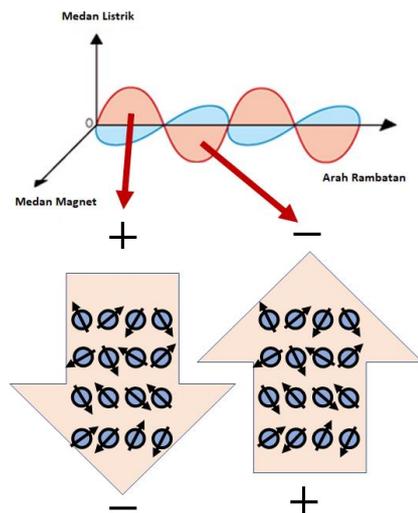
Jika frekuensi gelombang EM yang diberikan relatif jauh lebih rendah dibanding waktu yang diperlukan untuk melakukan rotasi molekul air ini (misal pada kelompok gelombang radio), maka rotasi molekul tersebut akan mampu dilakukan dengan baik. Benturan antar molekul tidak terjadi, sehingga tidak menyebabkan proses pemanasan pada air. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Jika frekuensi gelombang EM yang diberikan relatif jauh lebih tinggi dibanding waktu yang diperlukan untuk melakukan rotasi molekul air ini (misal pada kelompok gelombang sinar X), maka rotasi molekul tersebut tidak akan mampu dilakukan dengan baik. Benturan antar molekul tidak terjadi, sehingga tidak menyebabkan proses pemanasan pada air. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

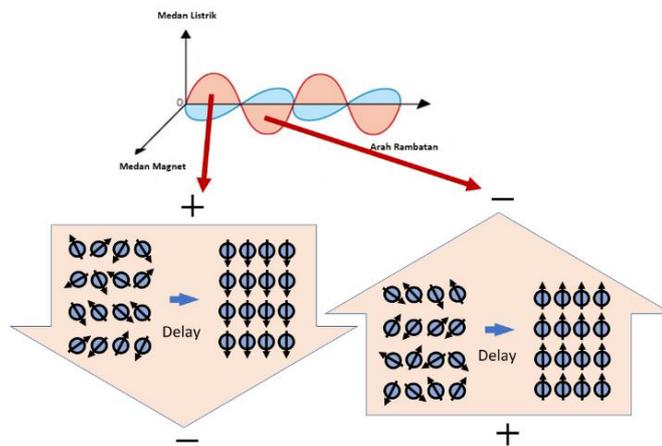
Jika frekuensi gelombang EM yang diberikan relatif sedikit lebih tinggi terhadap waktu yang diperlukan untuk melakukan rotasi molekul air ini (misal pada kelompok gelombang mikro), maka rotasi molekul tersebut akan mengalami penundaan untuk meresponnya dengan baik. Terjadi benturan antar molekul akibat delay ini. Hal inilah yang menyebabkan proses pemanasan pada air dan molekul dipolar lainnya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Orientasi molekul air dengan paparan frekuensi sangat rendah



Gambar 7. Orientasi molekul air dengan paparan frekuensi sangat tinggi

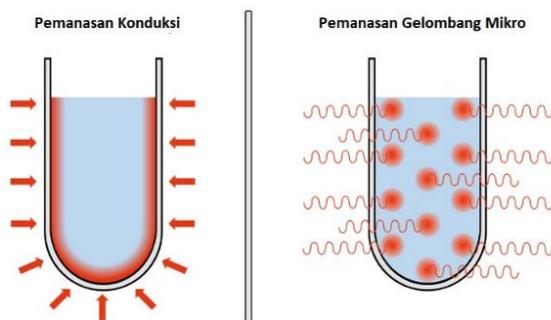


Gambar 9. Orientasi molekul air dengan paparan frekuensi gelombang mikro

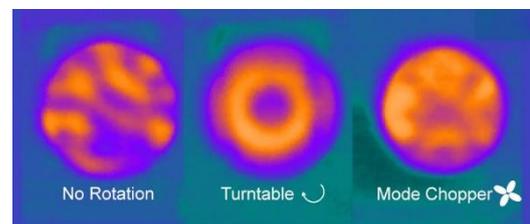
2.2 Karakteristik Pemanasan Gelombang Mikro

Pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh metode pemanasan lainnya [21], yaitu:

1. Pemanasan internal
2. Pemanasan segera
3. Efisiensi tinggi
4. Respon pengontrolan temperatur cepat
5. Pemanasan tidak merata
6. Energi bersih
7. Operasional mudah



Gambar 10. Perbandingan proses pemanasan.

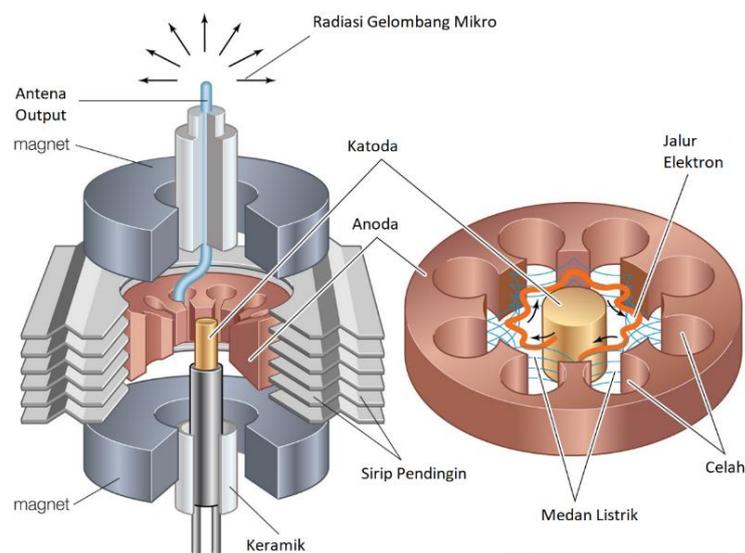


Gambar 11. Pola pemanasan yang tidak merata dan upaya mitigasinya

3. Proses Kerja Magnetron Selaku Pembangkit Gelombang Mikro

3.1 Jenis Magnetron

Gelombang mikro dapat dibangkitkan oleh beragam alat seperti magnetron, klystron, travelling wave tube dan gyrotron. Oven microwave yang banyak digunakan masyarakat menggunakan magnetron sebagai pembangkit gelombang mikronya. Selain itu, magnetron juga dipergunakan pada radar kapal laut dan pesawat terbang. Karena penggunaan luas ini, maka suku cadang magnetron dapat diperoleh di pasar dengan mudah. Hal-inilah yang menyebabkan magnetron merupakan alat yang paling sering digunakan untuk membangkitkan gelombang mikro karena paling efisien, dapat diandalkan dan tersedia dengan biaya yang lebih murah [22].



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

Gambar 12. Komponen magnetron

Magnetron dapat dibagi kedalam 2 jenis [23], yaitu:

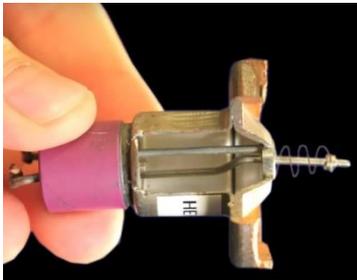
1. Pulsed magnetron yang mempunyai puncak daya output yang sangat tinggi (kW – MW) untuk durasi yang sangat pendek. Dimana anodanya dinyalakan dan dimatikan ratusan hingga ribuan kali tiap detiksehingga memungkinkan daya puncak yang tinggi dengan menjaga rata-rata daya yang rendah. Pulsed magnetron ini banyak digunakan pada aplikasi radar

2. Continues wave (CW) magnetron mempunyai rentang daya output rendah (W – kW) dimana penggunaan utamanya adalah pada oven microwave. Kebanyakan menggunakan frekuensi 2450 atau 915 MHz walaupun ada juga yang menggunakan frekuensi lain.

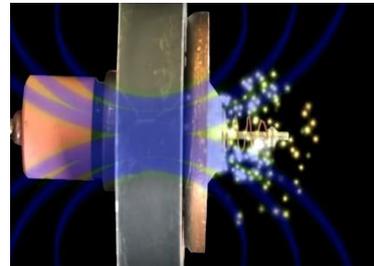
3.2 Komponen Magnetron

3.2.1 Katoda

Katoda adalah sumber elektron dan mempunyai tegangan negatif terhadap anoda. Biasanya terbuat dari tungsten dalam bentuk helix dengan lapisan carbide pada diameter luarnya.



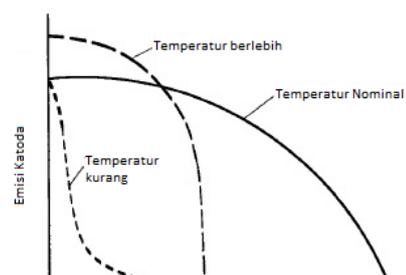
Gambar 14. Katoda



Gambar 13. Pemancaran elektron dari katoda akibat medan magnet

Katoda harus dipanaskan agar dapat memancarkan elektron. Hal ini dilakukan dengan 2 cara:

1. Dengan pemanasan langsung pada katoda dengan mengalirkan listrik
2. Dengan proses kembalinya elektron ke katoda akibat osilasi magnetron. Proses ini dikenal dengan nama back bombardment. Proses back bombardment ini meningkat sejalan dengan meningkatnya daya output magnetron. Untuk menjaga temperatur katoda tetap konstan, arus listrik pada filamen perlu diturunkan pada saat back



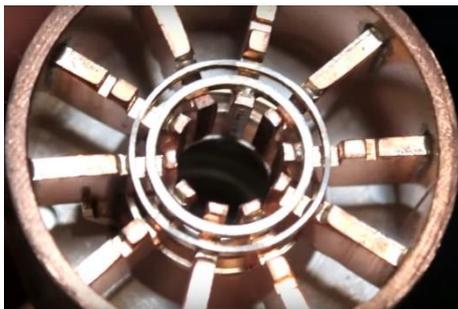
Gambar 15. Kurva temperatur katoda

bombardment meningkat. Penurunan ini digambarkan dalam bentuk kurva bernama kurva temperatur dioda pada Gambar 15 [23].

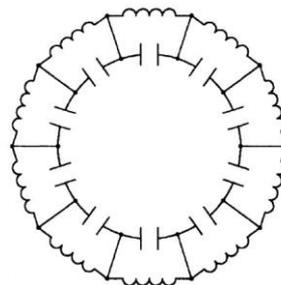
Kurva ini harus dipatuhi karena jika temperatur katoda terlalu rendah, maka pemancaran elektron tidak terjadi dan jika terlalu tinggi menyebabkan overheating pada katoda. Kedua kondisi ini akan menyebabkan kerusakan permanen pada katoda.

Katoda mempunyai lapisan tungsten carbide pada bagian luarnya. Tujuan pelapisan ini adalah untuk menurunkan temperatur yang dibutuhkan untuk memnaccarkan elektron dan meningkatkan masa pakai. Pelindung pada ujung katoda mencegah lepasnya elektron dari area vane tip yang merupakan daerah interaksi. Katoda terdapat dalam area interksi ini dan merupakan bagian dari sistem resonansi.

3.2.2 Anoda



Gambar 16. Anoda



Gambar 17. Rangkaian LC ekuivalen dari anoda dengan 10 celah

Anoda biasanya terbuat dari tembaga untuk meminimalkan rugi-rugi gelombang mikro dan berbentuk sekumpulan celah resonansi yang diletakkan di sekeliling katoda. Anoda mempunyai rangkaian LC paralel sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 16. Induktor mewakili sebuah celah yang terdapat antara dua vane. Kapasitor mewakili area antara dua vane tip. Rangkaian LC ini mempunyai frekuensi resonansi tertentu yang dinamakan PI mode. PI mode ini merupakan mode operasi yang paling efisien diantara mode osilasi lainnya. Jika magnetron berosilasi pada mode lainnya, maka magnetron disebut sedang moding. Frekuensi yang digunakan pada kondisi moding dekat dengan frekuensi mode PI. [23]

Anoda juga harus dapat menyerap energi panas dalam jumlah besar yang disebabkan oleh elektron yang menepi vane tip. Sebagian besar magnetron berdaya tinggi menggunakan pendinginan air atau kombinasi air dan udara.

3.2.3 Antena Output

Antena output adalah alat untuk meneruskan energi gelombang mikro dari celah ke waveguide. Biasanya berbentuk menyerupai batang yang tersambung pada salah satu celah. Batang ini harus cukup kuat sehingga mampu meneruskan energi dari celah ke waveguide dan tidak berubah bentuk atau posisi selama proses berlangsung.

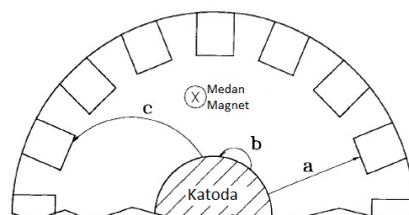


Gambar 18. Antena output

3.3 Cara Kerja Magnetron

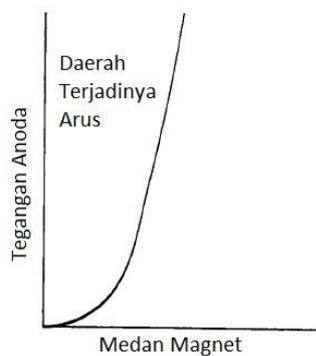
Tanpa medan magnet, magnetron akan bertindak seperti dioda. Elektron yang dipancarkan dari katoda akan merambat dengan lintasan lurus menuju anoda. Hal ini menimbulkan medan listrik.

Dengan hadirnya medan magnet yang tegak lurus terhadap medan listrik maka muncul gaya tambahan terhadap elektron yang menyebabkan lintasannya berubah menjadi garis lengkung. Lintasan lengkung ini membuat elektronnya terkumpul sehingga meningkatkan daya output, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 19.

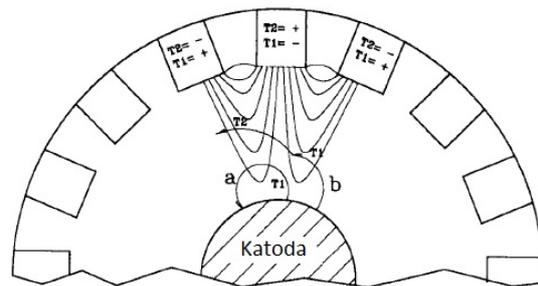


Gambar 19. Lintasan elektron

Agar arus dapat mengalir, anoda harus mendapatkan tegangan tertentu sehingga elektron dari katoda dapat mencapai anoda walau terdapat medan magnet dan medan listrik. Jika tegangan yang diberikan ke anoda terlalu kecil, tidak ada arus yang mengalir. Tegangan ini disebut tegangan Hull cutoff dan besarnya tergantung pada medan magnet potensial listrik, radius anoda dan radius katoda, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 20. [23]



Gambar 20. Tegangan Hull Cut Off Pada Magnetron



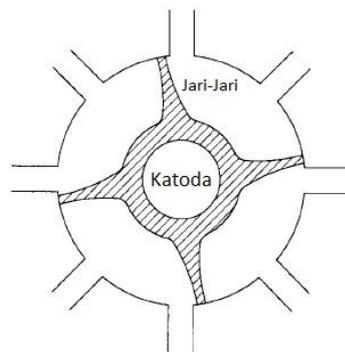
Gambar 21. Medan Percepatan Dan Medan Perlambatan

Dengan adanya medan elektromagnet dengan PI mode, mengakibatkan timbulnya tegangan positif dan negatif secara bergantian pada vane. Jika elektron yang meninggalkan katoda menuju medan percepatan, gerakan elektron akan dipercepat dan menarik energi dari medan elektromagnet. Elektron dengan energi lebih tinggi ini akan sangat dipengaruhi oleh medan magnet dan akan dikembalikan ke katoda. Ini menyebabkan pemanasan katoda dan dinamakan back-bombardment.

Pada saat tegangan anoda dinaikkan, back-bombardment dan tegangan filamen harus diturunkan untuk menjaga temperatur katoda tetap konstan. Elektron yang memasuki medan elektromagnet dari medan perlambatan memberikan sebagian energi DC mereka ke medan elektromagnet. Jika kecepatan sudut elektron diatur agar selalu berada dalam medan perlambatan, maka hampir semua energi elektron telah diberikan ke medan elektromagnet pada saat mencapai anoda. Sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 21.

Karena terdapat area dimana elektron berada pada medan perlambatan dimana area ini bergerak memutar dengan frekuensi sudut yang proporsional terhadap frekuensi resonansi celah, muncullah awan elektron yang bentuknya menyerupai jari-jari pada velg roda. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 22. Jumlah jari-jari yang terjadi adalah setengah dari jumlah celah.

Pada saat jari-jari bergerak dalam medan perlambatan, elektron yang menuju vane dengan tegangan negatif diperlambat sementara elektron yang dekat ke vane dengan tegangan positif dipercepat. Ini menyebabkan elektron dalam jari-jari menjadi semakin terkumpul. Berkumpulnya elektron pada tiap jari-jari membuat jari-jari tersebut menjaga jarak yang sama. Elektron yang akhirnya mencapai anoda hampir telah menghabiskan seluruh energinya.



Gambar 22. Awan elektron berbentuk jari-jari

4. Proses Kerja Antena Gelombang Mikro

4.1 Waveguide

Magnetron biasanya disambungkan dengan waveguide untuk menyalurkan gelombang mikro yang dihasilkannya ke antena. Berbagai jenis waveguide dapat dilihat pada Gambar 23. Gelombang mikro terpropagasi sepanjang waveguide dalam bentuk sinusoidal.



Gambar 23. Berbagai jenis waveguide

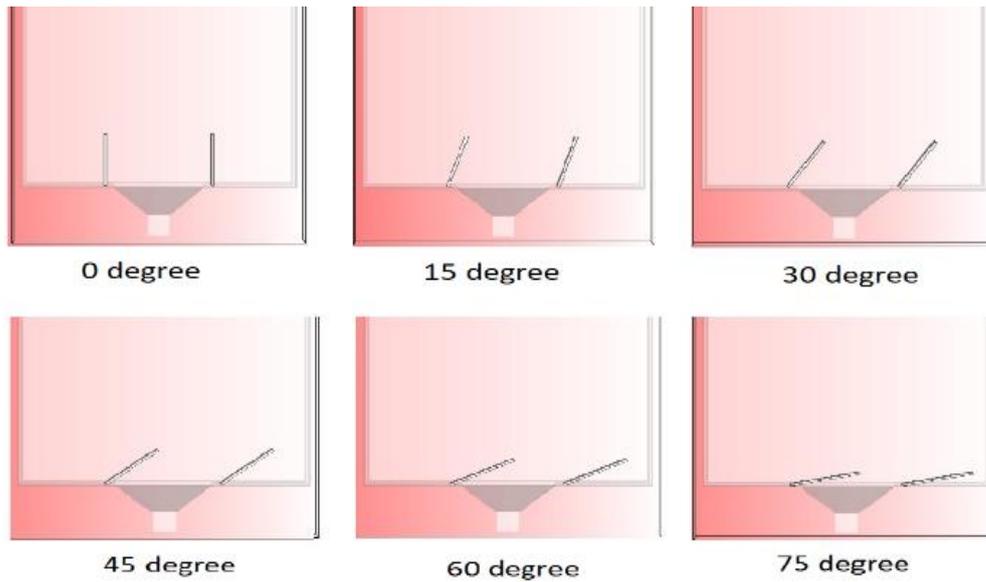
4.2 Horn Antena

Antena berbentuk horn merupakan jenis antena yang paling sering digunakan untuk keperluan gelombang mikro. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan seperti: kemudahan konstruksi pembuatannya, kemudahan eksitasi, kemudahan penyesuaian, besarnya penguatan dan kinerjanya secara keseluruhan. Pemilihan jenis horn antena dibuat berdasarkan penggunaannya. Jika gelombang mikro ingin dipancarkan untuk meliputi area yang luas baik secara vertikal atau horisontal, maka jenis yang sesuai adalah jenis E-plane atau H-plane. Sedangkan jika pemancarannya ditujukan untuk menjangkau jarak yang lebih jauh (perlu tingkat fokus yang tinggi), maka jenis yang sesuai adalah pyramidal atau conical.

4.3 Bilah Pengarah

Bilah pengarah adalah alat yang berfungsi untuk mengarahkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antena melalui proses pemantulan. Tujuan dari pengarah gelombang ini adalah untuk memvariasikan pola distribusi energi gelombang elektromagnetik dalam kotak pemanas.

Bilah pengarah ini adalah sepasang plat logam yang diletakkan tepat di depan horn antenna dengan sudut tertentu. Gelombang elektromagnetik yang keluar dari antenna akan dipantulkan oleh bilah pengarah ini sehingga pola pemantulan gelombang elektromagnetik dalam kotak pemanas mengalami perubahan sehingga menghasilkan pola distribusi energi gelombang elektromagnetik yang berbeda-beda. Bilah pengarah dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Konfigurasi bilah pengarah dengan berbagai sudut pantul

Penggunaan bilah pengarah ini diharapkan dapat meningkatkan tingkat keseragaman pemanasan obyek yang berada pada lokasi yang berbeda dengan cara memvariasikan pola distribusi energi radiasi elektromagnetik didalam kotak pemanas.

B. STATE OF THE ART

Tabel berikut memaparkan state of the art dari kajian dan penelitian terdahulu mengenai penanganan ikan, gelombang mikro, magnetron dan antena yang berkaitan dengan tujuan penelitian.

Tabel 1. State of the art

NO	JUDUL	PENULIS / THN / PENERBIT	TUJUAN	METODOLOGI	DAMPAK TERHADAP PENELITIAN
1	Effect of the development phase and growth rate of a Shigella Sonnei population on the reproduction of homologous bacteriophage	N. N. Voroshilova and T. B. Kazakova / 1983 / Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol	Mengenal karakteristik proses perkembangan bakteri Shigella Sonnei.	1. Mengidentifikasi fase perkembangan bakteri Shigella Sonnei 2. Mengukur kecepatan perkembangan pada setiap fase	Memberikan gambaran mengenai kecepatan perkembangbiakan bakteri Shigella Sonnei
2	Microwave Heating	A. C. Metaxas / 1991 / Power Engineering Journal	Meningkatkan efisiensi operasional pada industri yang menggunakan proses pemanasan	1. Memaparkan dasar-dasar pemanasan gelombang mikro. 2. Memaparkan proses industri yang menggunakan gelombang mikro sebagai pemanas.	Memberikan gambaran mengenai efisiensi energi melalui penggunaan gelombang mikro diberbagai industri.
3	The Electromagnetic Properties of Food Materials: A Review of the Basic Principles	S. Ryyiniinen / 1994 / Journal Of Food Engineering	Mengetahui permitivitas dan loss faktor, power density dan kedalaman penetrasi, impedansi gelombang dan pemantulan dari bahan makanan.	1. Mengukur karakteristik dielektrik air (komponen pelarut, ion, organik dan campuran) 2. Mengukur karakteristik dielektrik makanan (pengaruh komposisi, temperatur, frekuensi dan jenis makanan)	Memberikan gambaran mengenai karakteristik dielektrik makanan yang dipengaruhi oleh komposisi, temperatur, frekuensi dan jenis makanan.
4	Handbook of Microwave Technology	Wayne Love / 1995 / Academic Press Inc	Mengetahui komponen dan prinsip kerja magnetron untuk dipergunakan dalam berbagai proses industri.	1. Membahas komponen magnetron. 2. Membahas cara kerja magnetron secara detail.	Memberikan gambaran mengenai komponen dan prinsip kerja magnetron sebagai dasar untuk dipergunakan dalam pengawetan ikan.
5	Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies	FDA US / 2000 / FDA U.S. Department of Health and Human Services	Mengidentifikasi alternatif metode untuk menonaktifkan mikroba dalam proses pengolahan makanan	1. Menggunakan gelombang (gelombang mikro, ultraviolet, sinar X, cahaya dan ultra sonic) 2. Menggunakan medan (medan magnet dan listrik) 3. Menggunakan arus listrik 4. Menggunakan tekanan	Memberikan masukan mengenai dampak penggunaan gelombang mikro dalam mengurangi jumlah mikroba pada makanan
6	Handbook Of Microwave Technology For Food Applications	Datta, A. K., & Ramaswamy / 2001 / Marcel Dekker, Inc	Mengidentifikasi faktor-faktor dalam proses pemanasan makanan dengan menggunakan gelombang mikro	Menjabarkan interaksi antar faktor : (1) elektromagnetik (2) sifat dielektrik (3) transfer panas (4) transfer kelembaban (5) aliran fluida (6) kimia makanan (7) mikrobiologi makanan dan (8) sifat benda padat dalam pemanasan gelombang mikro	Memberikan masukan mengenai interaksi antar faktor dalam proses pemanasan makanan dengan menggunakan gelombang mikro.
7	Ikan Segar Bagian 1 : Spesifikasi	Badan Standardisasi Nasional / 2006 / Badan Standardisasi Nasional	Memberikan standarisasi mengenai kondisi ikan segar	1. Menjabarkan syarat bahan baku dan bahan penolong 2. Menjabarkan metode penanganan ikan segar 3. Menjabarkan teknik sanitasi dan higiene 4. Menjabarkan persyaratan mutu dan keamanan pangan	Memberikan gambaran mengenai batasan cemaran mikroba pada ikan segar
8	Pengaruh Pengolahan Dengan Microwave Terhadap Kandungan Asam Lemak Omega-3 Filet Ikan Kembung	L. Rianingsih, S. A. Budhiyanti, N. Ekantari / 2006 / Jurnal Perikanan	Mengidentifikasi pengaruh metode memasak dengan gelombang mikro terhadap kandungan asam lemak omega-3 pada ikan kembung	1. Mempersiapkan percobaan untuk kondisi 1/3 matang, 2/3 matang dan matang dengan variasi daya oven medium dan high 2. Menghitung kadar air 3. Menghitung kadar lemak dan derajat ketidakhujannya 4. Menghitung kadar omega-3 (EPA dan DHA)	Memberikan gambaran mengenai penurunan kadar air, lemak dan omega-3 pada ikan akibat proses pemasakan dengan gelombang mikro
9	Microwaves and Metals	Gupta, M., Leong, W. W., & Eugene / 2007 / Wiley Online Library	Menjabarkan interaksi antara gelombang mikro dan logam	1. Menjabarkan teori gelombang mikro 2. Menjabarkan interaksi gelombang mikro dan molukel material	Memberikan masukan mengenai interaksi gelombang mikro pada molukel material

NO	JUDUL	PENULIS / THN / PENERBIT	TUJUAN	METODOLOGI	DAMPAK TERHADAP PENELITIAN
10	Penggunaan Glyroxyll Untuk Menghambat Penurunan Mutu Ikan Mas (<i>Cyprinus Carpio</i>) Segar	Ariyani, F. d. / 2007 / Jurnal Perikanan	Mengidentifikasi dampak penggunaan glyroxyll dalam pengawetan ikan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merendam ikan ke dalam larutan glyroxyll 2. Melakukan analisis organoleptik 3. Mengukur jumlah mikroba total 	Memberikan masukan mengenai daya kesegaran ikan jika dibiarkan dalam kondisi terbuka
11	Group I Clostridium Botulinum Strains Show Significant Variation in Growth at Low and High Temperatures	K. Hinderink, M. L. M and H. Korkeala / 2008 / Journal of Food Protection	Mengenali karakteristik proses perkembangan bakteri Clostridium Botulinum	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengumpulkan beberapa varian bakteri Clostridium Botulinum 2. Memvariasikan temperatur paparan pada setiap jenis varian bakteri Clostridium Botulinum 3. Mengamati perkembangbiakan setiap jenis varian bakteri Clostridium Botulinum pada setiap kondisi temperatur 	Memberikan gambaran mengenai kecepatan perkembangbiakan bakteri Clostridium Botulinum
12	Validation of a predictive model describing growth of Salmonella in enteral feeds	B. MD, G. P and A. SP / 2009 / Brazilian Journal of Microbiology	Mengenali karakteristik proses perkembangan bakteri Salmonella	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi fase perkembangan bakteri Salmonella 2. Mengukur kecepatan perkembangbiakan pada setiap fase 	Memberikan gambaran mengenai kecepatan perkembangbiakan bakteri Salmonella
13	Epidemiology of Seafood-Associated Infections in the United States	M. Iwamoto, T. Ayers, B. E. Mahon and D. L. Swerdlow / 2010 / Clinical Microbiology Reviews	Menganalisa kasus infeksi penyakit akibat makanan laut di Amerika Serikat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi jenis bakteri, virus dan parasit penyebab penyakit 2. Mengumpulkan data kasus infeksi penyakit akibat makanan laut 3. Mengidentifikasi penyebab dari setiap kasus infeksi penyakit 	Memberikan gambaran mengenai sebaran penyebab infeksi penyakit akibat makanan laut di Amerika Serikat
14	Growth and Laboratory Maintenance of Vibrio Cholerae	R. M. Martinez, C. J. Megli and a. R. K. Taylor / 2010 / John Wiley & Sons, Inc	Mengenali karakteristik pola hidup bakteri Vibrio Cholerae	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi kondisi perkembangan dan media bakteri Vibrio Cholerae 2. Mengidentifikasi perkembangbiakan Vibrio Cholerae pada kondisi beku 3. Mengidentifikasi perkembangbiakan Vibrio Cholerae pada media cair 	Memberikan gambaran mengenai kecepatan perkembangbiakan bakteri Vibrio Cholerae
15	3D Electromagnetic Field Simulation in Microwave Ovens: a Tool to Control Thermal Runaway	Santos, T., Costa, L. C., Valente, M., Monteiro, J., & Sousa, J. / 2011 / Physics Dept University of Aveiro	Mengidentifikasi prespektif bagaimana medan elektromagnetik dipancarkan dan diserap oleh material dielektrik dalam ruang tertutup	<p>Menggunakan simulasi komputer untuk melihat sebaran intensitas medan elektromagnet dalam ruang tertutup dengan merubah faktor-faktor berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Frekuensi 2. Konstanta dielektrik 3. Loss faktor dielektrik 	Memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan frekuensi, konstanta dielektrik dan loss faktor dielektrik terhadap intensitas medan elektromagnet dalam ruang tertutup
16	Dielectric Properties of Fish Flesh at Microwave Frequency	Liu, S., Fukuoka, M., & Sakai, N. / 2011 / Food Science Technology	Mengidentifikasi pengaruh frekuensi, suhu, kelembaban, kandungan lemak, kandungan protein dan sifat dielektrik dalam proses pengawetan 3 jenis sampel daging ikan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengukur pengaruh temperatur pada sifat dielektrik 2. Mengukur pengaruh sifat dielektrik terhadap kedalaman penetrasi 3. Mengukur pengaruh pemanasan terhadap kerusakan protein dan hilangnya kelembaban 	Memberikan gambaran mengenai pengaruh pemanasan gelombang mikro pada proses pengawetan ikan
17	Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance	FDA USA / 2011 / FDA USA	Memberikan arahan mengenai metode pengontrolan bahaya dari produk perikanan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperkenalkan bahaya dan sumber bahaya dari produk perikanan 2. Memperkenalkan metode pengontrolan bahaya dari produk perikanan 3. Memberikan alat bantu implementasi sistem pengontrolan bahaya dari produk perikanan 	Memberikan gambaran mengenai parameter perbedaan ikan segar dan ikan matang

NO	JUDUL	PENULIS / THN / PENERBIT	TUJUAN	METODOLOGI	DAMPAK TERHADAP PENELITIAN
18	Microwave Material Processing — A Review.	Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., & Basak, T / 2011 / Wiley Online Library	Mereview sejauh mana perkembangan teknologi dalam bidang pemrosesan material dengan menggunakan gelombang mikro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memodelkan pemanasan gelombang mikro dengan hukum Lambert dan Maxwell 2. Menentukan ketidakeragaman tingkat pemanasan 3. Mengidentifikasi berbagai aplikasi pemanasan gelombang mikro dibidang industri 	Memberikan gambaran mengenai sejauh mana perkembangan teknologi dalam bidang pemrosesan material dengan menggunakan gelombang mikro pada saat ini
19	Aneka Ragam Pengolahan Ikan. Pemberdayaan Sosial Pengolahan Potensi Lokal.	Rahmawati, F. / 2012 / Kementerian Pembangunan Daerah Tertinggal	Memperkenalkan berbagai metode pengolahan ikan agar dapat bertahan lama	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengasapan ikan 2. Pembuatan abon 3. Pembuatan bakso 4. Pembuatan nugget 	Memberikan gambaran mengenai metode pengolahan ikan dan daya tahan daging ikan tanpa pengolahan
20	Analisis Usaha Purse Seine Di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati	M. T. Utomo, S. S. Djasmani, H. Saksono & Suadi / 2013 / Jurnal Perikanan	Memperkenalkan analisa kelayakan bisnis usaha kapal penangkap ikan dengan menggunakan metode tangkap purse seine	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengkategorikan kapal purse seine menjadi 3 kategori : besar, sedang dan kecil 2. Mengumpulkan data mengenai biaya dan pemasukan dari masing masing kategori 3. Menganalisa dan membandingkan kelayakan ekonomi dari masing masing kategori 	Memberikan gambaran mengenai besarnya biaya pengadaan, operasional dan perawatan kapal ikan
21	Microwave Heating Applications in Food Processing.	C., O., Abioye, A. E., & Y., O. / 2014 / Jpurnal Of Electric and Electronics Engineering	Mereview prinsip dasar, struktur dan karakteristik pemanasan gelombang mikro serta efek biologis dan unsur safety	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi karakteristik pemanasan gelombang mikro 2. Mengidentifikasi potensi bahaya paparan gelombang mikro terhadap otak, mata, kelamin dan organ dalam 	Memberikan masukan mengenai karakteristik pemanasan gelombang mikro dan potensi bahaya dalam melakukan percobaan
22	Dasar-Dasar Teknik Penangkapan Ikan dan Penyimpanan Hasil Tangkap	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI / 2015 / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI	Memperkenalkan metode penangkapan dan penyimpanan ikan hasil tangkap agar dapat menghasilkan ikan yang berkualitas dan higienis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperkenalkan metode penangkapan dan penyimpanan ikan hasil tangkap 2. Memperkenalkan metode penangkapan ikan secara higienis 3. Memperkenalkan metode perencanaan kualitas hasil tangkapan 4. Memperkenalkan prinsip-prinsip jaminan mutu ikan hasil tangkap 	Memberikan gambaran mengenai metode penangkapan dan penyimpanan ikan hasil tangkap yang baik dan benar
23	Penanganan Ikan Hasil Tangkapan.	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan / 2015 / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan	Memperkenalkan metode penanganan ikan mulai dari penangkapan hingga penjualan di tempat pelelanaan ikan (TPI besar)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendefinisikan proses penurunan mutu ikan 2. Memperkenalkan metode pendinginan dan pembekuan 3. Memperkenalkan metode pengeringan dan penggaraman 	Memberikan gambaran mengenai berbagai metode penanganan ikan agar dapat bertahan lama
24	Antenna Theory Analysis And Design	Balanis, C. A. / 2016 / Wiley	Memperkenalkan prinsip teori antena agar dapat digunakan untuk menganalisa, merancang dan mengukur antena	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperkenalkan prinsip dasar teori antena 2. Memperkenalkan parameter dasar antena 3. Memperkenalkan berbagai jenis antena : linear wire, loop, array, dipole, aperture, horn, microstrip, reflector dan smart antena 4. Memperkenalkan metode pengukuran antena 	Memberikan gambaran mengenai prinsip dan cara kerja antena yang tepat untuk digunakan bagi proses pengawetan ikan
25	Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri	Kementerian Kesehatan RI / 2016 / Kementerian Kesehatan RI	Menginformasikan standar dan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjabarkan tujuan dan kewajiban 2. Menjabarkan batasan standar dan persyaratan kesehatan 3. Menjabarkan proses dan pelaksanaan pemantauan 4. Menjabarkan upaya pengendalian 5. Menjabarkan kewenangan dan pembinaan 	Memberikan gambaran mengenai ambang batas radiasi elektromagnetik di lingkungan kerja

NO	JUDUL	PENULIS / THN / PENERBIT	TUJUAN	METODOLOGI	DAMPAK TERHADAP PENELITIAN
26	Analisis Usaha Perikanan Tangkap Kapal Purse Seine Berpendingin Freezer Dibandingkan Dengan Es Di Pelabuhan Perikanan Pantai (Ppp) Bajomulyo, Juwana, Kabupaten Pati	A. B. Prasetyo, I. Setiyanto & T. D. Hapsari / 2016 / Prosiding Seminar Nasional Tahunan ke - V Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan	Membandingkan analisa kelayakan bisnis usaha kapal penangkap ikan berpendingin Freezer dan berpendingin es	1. Menjabarkan aspek teknis kapal berpendingin freezer dan es 2. Mengidentifikasi pendapatan kapal berpendingin freezer dan es 3. Menganalisis nilai NPV, B/C ratio dan IRR kapal berpendingin freezer dan es	Memberikan gambaran mengenai perbandingan aspek teknis dan ekonomis dari kapal berpendingin freezer dan es
27	Analisa Teknis dan Ekonomis Pengembangan Industri Komponen Peralatan Pendingin Ruang Muat (Cold Storage) Kapal Ikan di Indonesia.	Hawali, H. / 2017 / Institut Teknologi Sepuluh November	Memberikan analisa teknis dan ekonomis bagi pembuatan pabrik cold storage bagi kapal ikan	1. Mendiskusikan gambaran umum industri perkapalan, ruang muat kapal ikan dan sistem pendinginannya 2. Melakukan analisa teknis dan ekonomis terhadap industri komponen peralatan pendingin ruang muat kapal ikan	Memberikan gambaran mengenai kondisi dan operasional kapal penangkap ikan di Indonesia
28	Does Freezing Food Kill Bacteria?	Hawk Safety / 2017 / DayMark Safety Systems	Memberikan penyadaran kepada masyarakat mengenai bahaya mengkonsumsi makanan yang tidak dimasak dengan benar	1. Menguak mitos bahwa makanan beku aman untuk dimakan 2. Menjelaskan proses hibernasi bakteri pada suhu beku 3. Menyarankan proses memasak yang benar pada masyarakat	Memberikan gambaran mengenai kelangsungan hidup bakteri dalam proses pembekuan makanan
29	Jumlah Cemaran Mikroba dan Nilai Organoleptik Ikan Tongkol (Euthynnus affinis)	R. Apriani, R. Ferasyi and R. Razali / 2017 / JIMVET	Menghitung jumlah bakteri pada ikan tongkol yang dibeli pada pagi hari dan sore hari	1. Membeli sampel ikan tongkol pada pagi dan sore hari 2. Mengolah daging ikan tongkol dari setiap sampel sebagai media kultur 3. Menghitung jumlah bakteri pada setiap sampel	Memberikan gambaran mengenai jumlah bakteri pada pagi dan sore hari serta perkembangan jumlah bakteri akibat pendinginan dengan es batu
30	Petunjuk Teknis Pengelolaan Bantuan Pemerintah Pembangunan Cold Storage	Kementerian Kelautan Dan Perikanan / 2017 / Kementerian Kelautan Dan Perikanan	Menginformasikan petunjuk teknis pembangunan cold storage	1. Menjabarkan tujuan, sasaran dan ruang lingkup 2. Menjabarkan pelaksanaan pengelolaan 3. Menjabarkan kelembagaan 4. Menjabarkan pertanggung jawaban bantuan pemerintah 5. Menjabarkan pembinaan, monitoring, evaluasi dan pelaporan	Memberikan gambaran mengenai persyaratan teknis dan analisa ekonomis usaha cold storage
31	Microbiology of Fish and Seafood.	Safaeian, S. / 2018 / National Conference on Recent Advances in Engineering and Mopdern Sciences	Mencegah timbulnya penyakit akibat seafood yang kurang dikelola dengan baik	1. Memaparkan kondisi awal mikroba pada daging ikan dan dampak pemrosesannya 2. Memaparkan proses pembusukan pada daging ikan 3. Memaparkan jenis mikroba penyebab pembusukan pada ikan dan metode pengontrolannya	Memberikan gambaran mengenai proses pembusukan, mikroba penyebabnya dan metode pengontrolan mikroba tersebut
32	Studi Perencanaan Cold Storage Ikan Laut Di Tanjung Balai Karimun	R. I. Hutapea & U. Prayogi / 2018 / Seminar Nasional Kelautan XIII	Memberikan hasil perencanaan cold storage yang meliputi kapasitas, beban pendinginan, desain serta analisa ekonomisnya	1. Mengadakan studi literatur dan menguypulkan data 2. Menganalisa penentuan kapasitas Cold Storage 3. Membuat desain Cold Storage dan perhitungan beban pendingin 4. Membuat analisa ekonomis	Memberikan gambaran mengenai kapasitas, desain, perhitungan beban pendingin dan analisa ekonomis cold storage
33	Voltage standing wave ratio (VSWR)	Brenda / 2020 / Microwave101.com	Memaparkan proses terjadinya dan dampak dari voltage standing wave ratio (VSWR) terhadap rangkaian pemancar dan antena	1. Memaparkan kondisi dimana terdapat perbedaan impedansi antar pemancar dan antena 2. Memaparkan proses arus pantul penyebab voltage standing wave ratio (VSWR)	Memberikan masukan mengenai dampak voltage standing wave ratio (VSWR) terhadap rangkaian pemancar dan antena

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka Pemikiran dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Kerangka pemikiran