



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*Extremely Low Frequency*)
TERHADAP JUMLAH BAKTERI *ACETOBACTER XYLINUM* DAN pH
PADA PROSES PEMBUATAN STARTER *NATA DE COCO*

SKRIPSI

Oleh

Vinda Ervina
NIM 110210102035

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*Extremely Low Frequency*)
TERHADAP JUMLAH BAKTERI *ACETOBACTER XYLINUM* DAN pH
PADA PROSES PEMBUATAN STARTER *NATA DE COCO***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

**Vinda Ervina
NIM 110210102035**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda tercinta Rubiatun, Ayahanda tercinta Sutrisno, Adinda Elsa Aulia Avyuni, Kakek Alm. Karsidi, Kakek Santoso, Nenek Jaetun, dan keluarga tersayang. Terimakasih banyak atas do'a, dzikir, pengalaman, ilmu, dukungan dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini;
2. Sahabat tercinta yang telah menyisihkan ruang dan waktu untuk belajar bersama mewujudkan cita-cita bersama yaitu selalu menjadi yang lebih baik.
3. Keluarga besar OPSHID Banyuwangi, Kausaran Putri, dan YPS.
4. Guru TK Rhiyadlus Sholihin, MI Al-Mufidah, MTsN Wongsorejo, SMA N 1 Giri, Pondok pesantren Sirojut Tholibien, dan dosenku, yang telah memberikan ilmu serta bimbingan;
5. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.

Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

*(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-8)**

*Jika kamu meletakkan lampu didepanmu, maka bayanganmu akan dibelakangmu
Namun saat lampu itu berada dibelakangmu, maka bayanganmulah yang akan menikammu*

Gunakanlah Ilmumu sebagai acuanmu agar kehidupanmu terang benderang

jika kamu tetap melangkah dengan hawamu maka kegelapanlah

yang akan menghiasi hidupmu

Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang menciptakan,

Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah,

Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah,

Yang mengajar (manusia) dengan perantaran kalam

Dia mengajar kepada manusia apa yang tidak diketahuinya

(terjemahan Surat Al- 'Alaq ayat 1-5)

Jika berjuta kotoran dilautan akan menepis dipantai,

Akankah hati ini tak mampu menepiskan sifat kotor di dalam hati,

Menjadi anak yang sholehah, Ilmu yang bermanfaat, Tetaplah menjaga lisan,

Dan tetap berjalan pada toriqoh-Nya

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. *Al-Qur'an dan Terjamahannya*. Bandung: PT CV Penerbit Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vinda Ervina

NIM : 110210102035

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) Terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2015

Yang menyatakan,

Vinda Ervina
NIM 110210102035

SKRIPSI

**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*Extremely Low Frequency*)
TERHADAP JUMLAH BAKTERI *ACETOBACTER XYLINUM* DAN pH
PADA PROSES PEMBUATAN STARTER *NATA DE COCO***

Oleh

Vinda Ervina
NIM 110210102035

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ” Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) Terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Jumat, 28 Agustus 2015

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes.
NIP. 19620123 198802 2 001

Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.
NIP. 19600309 198702 2 002

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.
NIP. 19620401 198702 1 001

Dr. Agus Abdul Gani, M.Si.
NIP. 19570801 198403 1 004

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.
NIP. 19540501 198303 1 005

RINGKASAN

Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*; Vinda Ervina; 110210102035; 2015; 73 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) merupakan radiasi yang bersifat *non ionizing* dan *non thermal* semakin dirasa manfaatnya di berbagai bidang teknologi, khususnya teknologi pangan. Paparan medan magnet ELF sebesar 645,7 μT selama 30 menit dapat menghambat prevalensi *S. typhimurium* sebesar 36,37 % pada bumbu gado-gado. Sementara paparan medan magnet ELF 1 mT selama 20 menit dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Hasil uji pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti untuk mengatasi permasalahan terkait penggunaan pupuk ZA dalam pembuatan starter *nata de coco* yang tidak diperkenankan oleh BPOM, yaitu dengan paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT selama 45 menit dapat meningkatkan jumlah bakteri *A. xylinum* 1,3-2,7 kali dari jumlah kontrolnya.

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH, untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*.

Jenis penelitian ini adalah *true eksperiment*. Desain penelitian yang digunakan adalah *randomized subjects post test only control group design* pada starter *nata de coco* untuk mengetahui jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH. Tempat penelitian untuk pemaparan medan magnet ELF dilakukan di Laboratorium Fisika Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember, sedangkan perhitungan bakteri *A. xylinum* dan pH starter *nata de coco* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember. Perhitungan

jumlah bakteri *A. xylinum* menggunakan metode TPC dengan bantuan *hemocytometer* dan mikroskop, sedangkan pengukuran pH dengan menggunakan *pH-meter*.

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah bakteri yang dipapar medan magnet ELF intensitas 100 μT selama 30 menit pada kelompok +ZA mengalami peningkatan sebesar $2,7 \times 10^{16}$ sel/mL dan 45 menit pada kelompok -ZA $5,65 \times 10^{16}$ sel/mL dibandingkan kontrol. Hal ini dikarenakan energi medan magnet yang mengenai membrane sel dapat mempengaruhi potensial membran sehingga kanal Kalsium membuka, sehingga kebutuhan Kalsium dapat terpenuhi, dimana Kalsium adalah salah satu ion yang sangat berperan penting dalam perkembangbiakan sel bakteri. Paparan medan magnet ELF juga dapat meningkatkan kandungan Nitrogen, yang mengakibatkan perbedaan dosis efektif pada medium yang berbeda, pada kelompok +ZA memiliki sumber Nitrogen lebih dari -ZA sehingga lebih cepat terpenuhi sumber Nitrogen dibandingkan kelompok -ZA. Sedangkan untuk pengamatan pengaruh medan magnet ELF terhadap nilai pH starter *nata de coco* mengalami penurunan paling besar yaitu kelompok +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar 0,05 dan kelompok -ZA pada lama paparan 45 menit sebesar 0,11 dibanding kelompok kontrol. Penurunan pH terjadi seiring dengan bertambahnya bakteri *A. xylinum*, sebab bakteri *A. xylinum* dapat menghasilkan asam asetat dan menambah ion H^+ .

Kesimpulan penelitian ini adalah: (1) Paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*, dosis efektif peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* dibanding kelompok kontrol untuk medium +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar $2,7 \times 10^{16}$ sel/mL dan kelompok -ZA pada lama paparan 45 menit sebesar $5,65 \times 10^{16}$ sel/mL, (2) Paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*, dosis efektif penurunan pH dibanding kelompok kontrol untuk medium +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar 0,04 dan kelompok -ZA pada lama paparan 45 menit sebesar 0,11.

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kepada Allah SWT. Atas berkat rohmat Allah yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *A. xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember (Prof. Dr. Sunardi, M.Pd);
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA (Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes);
3. Ketua Program Studi Fisika (Dr. Yushardi, S.Si, M.Si);
4. Dosen Pembimbing Utama (Dr. Sudarti, M.Kes), dan Dosen Pembimbing Anggota (Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes) yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan doa dalam penulisan skripsi ini;
5. Dosen Penguji Utama (Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.), dan Dosen Penguji Anggota (Dr. Drs. Agus Abdul Gani) yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan doa dalam penulisan skripsi ini;
6. Teknisi dan asisten Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah membantu membantu dan membimbing selama penelitian;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Jember, September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gelombang Elektromagnetik	6
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik	6
2.1.2 Persamaan Maxwell tentang GEM	6
2.1.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	8
2.2 Medan Magnet ELF	12
2.2.1 Karakteristik Medan Magnet ELF	14
2.2.2 Sumber Medan Magnet ELF.....	14
2.3 Energi Radiasi Medan Magnet ELF	15
2.4 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan	20

2.5 Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	21
2.6 Medan Magnet ELF terhadap Aktivitas Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i> pada Proses Pembuatan Starter Nata De Coco .	24
2.7 Derajat Keasaman (pH)	28
2.8 Kerangka Konsep	29
2.9 Hipotesis Penelitian	33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2 Jenis dan Desain Penelitian	34
3.2.1 Jenis Penelitian	34
3.2.2 Desain Penelitian	34
3.3 Variabel Penelitian	37
3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian	37
3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian	38
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian	38
3.4.1 Populasi Penelitian.....	38
3.4.2 Sampel Penelitian	39
3.5 Alat dan Bahan	39
3.5.1 Alat-alat	39
3.5.1 Bahan-Bahan.....	40
3.6 Prosedur penelitian	40
3.6.1 Tahap Persiapan.....	40
3.6.2 Tahap Penentuan Sampel.....	41
3.6.3 Tahap Uji Pendahuluan.....	41
3.6.4 Tahap Perlakuan	42
3.6.5 Uji Jumlah Bakteri	45
3.6.6 Uji Derajat Keasaman.....	48
3.6.7 Bagan Prosedur Penelitian.....	50
3.7 Metode Analisis Data	51
3.7.1 Analisis Jumlah Bakteri	51
3.7.2 Analisis pH starter <i>nata de coco</i>	51

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil Penelitian	52
4.2 Analisis Data	57
4.2.1 Analisis Jumlah Bakteri <i>A. xylinum</i>	57
4.2.2 Analisis pH starter <i>Nata De Coco</i>	62
4.3 Pembahasan	66
4.3.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri <i>A. xylinum</i> pada Proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i>	66
4.3.2 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH pada Proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i>	71
BAB 5. PENUTUP	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
DAFTAR BACAAN	76
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

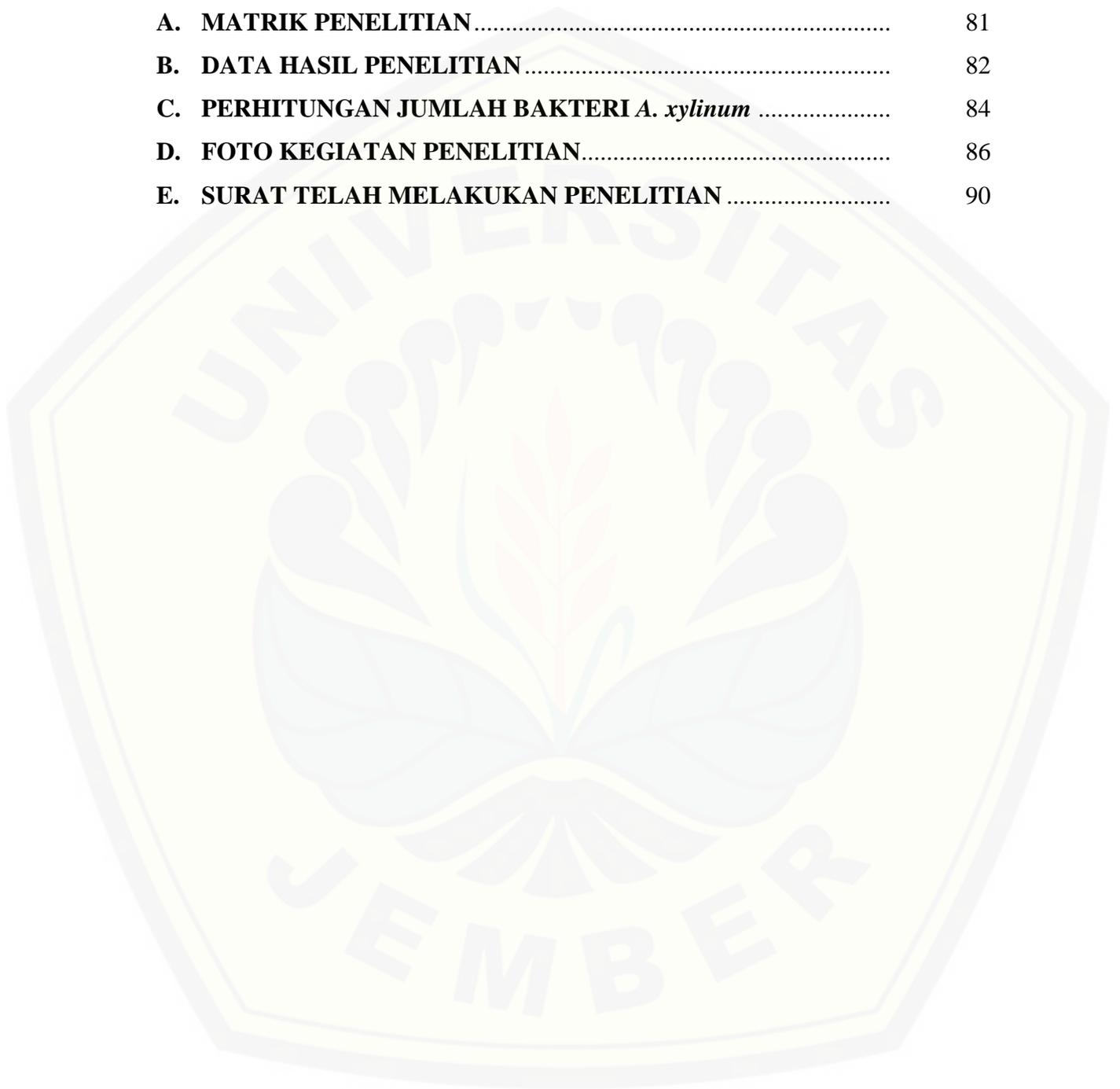
	Halaman
2.1 Hasil pengukuran medan magnet disekitar rumah tangga	15
2.2 Suseptibilitas magnetik χ_m untuk berbagai bahan.....	27
2.3 Hasil penelitian di bidang pangan.....	29
2.4 Hasil Uji pendahuluan perkembangbiakan bakteri <i>A. xylinum</i>	30
2.5 Hasil uji pendahuluan paparan medan magnet ELF terhadap jumlah Bakteri <i>A.xylinum</i>	31
3.1 Data jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> starter <i>nata de coco</i> pemeriksaan hari ke-2, ke-4, dan ke-5.....	46
3.2 Data hasil pH (derajat keasaman) pada pemeriksaan hari ke-2, ke-4, dan ke-5.....	48
4.1 Data pengamatan jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> pada periksa hari ke-0...	54
4.2 Data Jumlah Bakteri <i>A. xylinum</i> pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.....	54
4.3 Data pengamatan pada periksa hari ke-0 pH medium dan inokulum bakteri <i>A. xylinum</i>	56
4.4 Data pH starter <i>nata de coco</i> pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik E dan medan magnetik B	7
2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik dan Aplikasinya.....	9
2.3 Morfologi Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	22
2.4 Fase Pertumbuhan Bakteri	22
2.5 Alur Proses Pembibitan <i>Nata De Coco</i>	25
2.6 Bagan Kerangka Konsep.....	33
3.1 Desain Penelitian	35
3.2 Alat <i>Current Transformer</i>	43
3.3 Alat <i>EMF Tester</i>	44
3.4 Bagan Tahap Penelitian.....	51
4.1 Diagram jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> pada medium +ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol (hasil Log(Jumlah bakteri))	54
4.2 Diagram jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> pada medium -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol (hasil Log(Jumlah bakteri))	55
4.3 Diagram pH starter nata de coco pada medium +ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol	56
4.4 Diagram pH starter nata de coco pada pada medium -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibandingkan kelompok kontrol.....	57
4.5 Data perbandingan jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> pada periksa hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.....	61
4.6 Diagram pH <i>starter nata de coco</i> pada periksa hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol.....	65
4.7 Interaksi paparan medan magnet ELF terhadap bakteri <i>A. xylinum</i> ...	70

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. MATRIK PENELITIAN.....	81
B. DATA HASIL PENELITIAN.....	82
C. PERHITUNGAN JUMLAH BAKTERI <i>A. xylinum</i>	84
D. FOTO KEGIATAN PENELITIAN.....	86
E. SURAT TELAH MELAKUKAN PENELITIAN	90



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin modern, pemanfaatan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) di berbagai bidang teknologi semakin meningkat, diantaranya bidang teknologi kesehatan, industri, pertanian, dan pangan (Murachman, 2007). Hasil penelitian, medan magnet ELF dapat dimanfaatkan di bidang teknologi pangan di antaranya paparan medan magnet ELF sebesar 6,7 T selama 20 menit pada proses pengawetan buah apel (*Mallus sylvestris Mill*) dapat mengakibatkan penurunan mikroba 99,45% sedangkan paparan pada intensitas yang sama selama 25 menit mengakibatkan penurunan mikroba 99,96% (Sari *et al*, 2012). Paparan medan magnet ELF sebesar 645,7 μ T selama 30 menit dapat menghambat prevalensi (keadaan umum baik pertumbuhan maupun perkembangan) *Salmonella typhimurium* sebesar 36,37% pada bumbu gado-gado (Sudarti, 2014). Paparan medan magnet ELF sebesar 500 μ T selama 90 menit dapat mempertahankan kadar vitamin C buah tomat, sedangkan paparan medan magnet ELF sebesar 300 μ T dan 500 μ T selama 10 menit, 50 menit, dan 90 menit dapat mempertahankan pH buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014).

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Aulia Rohma (2013) menyimpulkan bahwa kuat medan magnet 0,1 mT dengan lama paparan 15'36" dapat meningkatkan aktivitas enzim α -amilase pada kacang merah dan kacang buncis hitam (*Phaseolus vulgaris L.*). Dhawi dan Al-Khayri (2009) juga membuktikan bahwa pemaparan kuat medan magnet sebesar 1500 mT selama 0, 1, 5, 10 dan 15 menit dapat meningkatkan kandungan N, K, Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn pada tanaman Kurma (*Phoenix dactylifera*). Sari (2011) dalam percobaannya juga menyatakan bahwa perendaman pada biji dan pemaparan medan magnet 0,2 mT dapat meningkatkan ukuran sel parenkim, xylem, serta lebar stomata pada tanaman tomat. Setyasih (2013) juga menyatakan bahwa

pemaparan medan magnet 0,3 mT dengan lama pemaparan 15'36" dapat menghasilkan ukuran stomata paling besar pada daun tomat.

Hasil penelitian pemanfaatan medan magnet ELF selama ini khususnya di bidang pangan sangat memberikan dampak positif. Medan magnet ELF merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik ELF. Grotel (dalam sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik ELF adalah bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong dari *non-ionizing radiation*. Energi medan elektromagnetik ELF sangat kecil, maka efek yang ditimbulkan sebagai efek *non termal*, efek *non termal* artinya gelombang elektromagnetik ELF tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi. Sumber paparan gelombang elektromagnetik ELF terdiri dari rambatan medan magnet dan medan listrik yang membentuk sudut sinusoidal, dimana medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi sedangkan medan listrik ELF bersifat terhalangi (WHO, 2007). Hal ini menyebabkan paparan yang dihasilkan gelombang elektromagnetik ELF yang dominan adalah paparan medan magnet ELF.

Paparan medan magnet ELF berdasarkan intensitas dan lama paparan sebenarnya bersifat *non linier* yaitu tingkat paparan dapat berpengaruh buruk atau baik, tergantung oleh benda/materi yang terpapar medan magnet ELF. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi medan magnet ELF pada intensitas tinggi mampu menghambat pertumbuhan sel, namun pada intensitas rendah mampu meningkatkan proliferasi sel. Hasil penelitian menyatakan bahwa paparan medan magnet ELF 1 mT selama 20 menit dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri *S. aureus* (Masoumeh *et al*, 2013).

Pemanfaatan medan magnet ELF dalam teknologi pangan selama ini bertujuan untuk membunuh bakteri merugikan dalam makanan. Bakteri dapat dibedakan menjadi dua yaitu bakteri yang menguntungkan dan merugikan. Bakteri yang menguntungkan dalam bidang pangan yaitu bakteri yang digunakan pada pembuatan *nata de coco*, keju, *yogurt*, dan lain-lain. Pertumbuhan bakteri yang menguntungkan tersebut sangat penting dalam proses pembuatan produk.

Mengingat krisis pangan yang dialami negara Indonesia, terkait dengan ketersediaan pangan yang semakin menipis dan kebutuhan bahan pangan yang semakin meningkat (Dewan Ketahanan Pangan, 2009). Oleh karena itu diperlukannya alternatif makanan bergizi untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia.

Salah satu alternatif makanan bergizi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia adalah *nata de coco*. Nata termasuk makanan yang sudah lama terkenal di Philipina dan saat ini banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. *Nata* termasuk produk hasil fermentasi seperti tape singkong. Sebagai bibit adalah bakteri *Acetobacter xylinum* yang ditumbuhkan di media air yang mengandung gula seperti air kelapa, bakteri ini akan menghasilkan asam cuka atau asam asetat dan lapisan putih (*nata*) yang terapung-apung di permukaan media cair tersebut. *Nata de coco* ini dapat bermanfaat bagi kesehatan terutama dalam melancarkan sistem pencernaan (Ebookpangan, 2006). Menurut suatu penelitian dari Balai Mikrobiologi dan Puslitbang Biologi LIPI menyatakan bahwa “didalam 100 gram *nata de coco* terkandung nutrisi-nutrisi antara lain : kalori 146 kal, Lemak 20 mg, Karbohidrat 36,1 mg, Ca 12 mg, Fosfor 2 mg, dan Fe 0,5 mg. *Nata* juga mengandung air yang cukup banyak yakni sekitar 80 % disamping itu juga nata dapat disimpan dalam waktu cukup lama (Efendi, 2009).

Nata de coco dapat diproduksi dengan mudah, namun kendala yang dialami yaitu dalam pembuatan starter *nata de coco* (volume induk bakteri *A. xylinum* yang telah siap untuk digunakan dalam pembuatan *nata de coco*). Berdasarkan hasil observasi pada bulan November 2014 ketersediaan starter *nata de coco* sangatlah terbatas yang membuat harga starter *nata de coco* mahal. Produksi starter *nata de coco* untuk daerah Jember hanya di SMK N 5 Jember. Pembuatan starter *nata de coco* memiliki beberapa faktor yaitu nutrisi, sumber karbon, sumber nitrogen, serta tingkat keasaman (pH), media temperatur, dan udara (oksigen). Kualitas starter *nata de coco* dapat dilihat dari jumlah bakteri *A. xylinum* setiap satuan volum, biasanya terdiri dari 1×10^9 sel/ml setelah inokulasi (pertumbuhan) 48 jam dan derajat keasaman (pH) yang optimal yaitu pH 3-4 yang baik digunakan dalam pembuatan *nata de coco*. Semakin besar volume starter

nata de coco, maka semakin banyak jumlah bakteri *A. xylinum* yang ada, namun penggunaan starter yang berlebihan membuat harga *nata de coco* tidak ekonomis karena harga starter *nata de coco* yang mahal (Nurfiningsih, 2009).

Selain permasalahan terbatasnya ketersediaan starter *nata de coco*, pada tanggal 9 April 2015 Polres Sleman menemukan sebuah industri rumahan yang menggunakan campuran bahan pupuk ZA dalam pembuatan *nata de coco*. Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM) dari Biro Hukum dan Humas BPOM RI mengatakan bahwa “Amonium sulfat atau disebut juga ZA (*Zwavelzure Amoniak*) dengan rumus kimia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan urea dengan rumus kimia $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ merupakan sumber nitrogen yang baik untuk pertumbuhan *A. xylinum*. Dalam rangka keamanan pangan, ZA yang digunakan adalah jenis *food grade* (tara pangan/khusus untuk pangan). Sebab, jika menggunakan yang *non-food grade* seperti pupuk ZA, dikhawatirkan ada potensi cemaran logam berat. Harga ZA yang memiliki taraf *food grade* memiliki harga yang cukup mahal, sehingga banyak produksi *nata de coco* yang menggunakan pupuk ZA sebagai sumber nitrogen. Dari peristiwa ini diharapkan ada alternatif lain yang dilakukan tanpa menggunakan ZA untuk memicu pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri *A. xylinum*” (Kompas, 2015).

Dari permasalahan tersebut dilakukan uji pendahuluan paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dengan menggunakan dua medium yaitu medium tanpa menggunakan pupuk ZA dan medium dengan menggunakan pupuk ZA. Paparan medan magnet pada uji pendahuluan ini dengan menggunakan intensitas medan magnet 100 μT dan 300 μT serta lama paparan 5 menit dan 45 menit. Hasil uji pendahuluan yang didapat yaitu paparan medan magnet dengan intensitas 100 μT dan lama paparan 45 menit lebih efektif dalam memicu perkembangbiakan bakteri *A. xylinum*.

Berdasarkan uraian di atas peneliti ingin melakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji manfaat paparan medan magnet ELF dengan menggunakan intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit terhadap perkembangbiakan bakteri *A. xylinum* untuk menunjang kualitas starter *nata de coco* dan sebagai alternatif untuk memicu perkembangbiakan bakteri

A.xylinum tanpa menggunakan pupuk ZA. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan adalah **“Pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap jumlah bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan oleh peneliti, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dapat berpengaruh terhadap peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*?
- b. Apakah paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap penurunan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit terhadap peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*.
- b. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit terhadap penurunan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Sebagai informasi ilmiah tentang pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit,

dan 60 menit terhadap peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* dan penurunan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*.

- b. Sebagai pertimbangan inovasi teknologi pangan khususnya dalam pembuatan starter *nata de coco* aman tanpa penggunaan bahan berbahaya seperti penggunaan pupuk ZA (*non food grade*).
- c. Sebagai perkembangan aplikasi Ilmu fisika khususnya materi listrik dan magnet dalam bidang pangan.

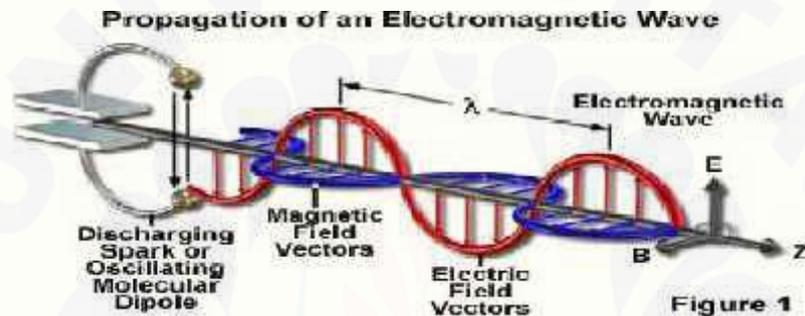


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, dimana arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (Gornick, 2005).



Gambar 2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik E dan medan magnetik B (Sumber: <http://bajinjen.files.wordpress.com/2013/11/gem-1.jpg>)

Gelombang elektromagnetik melintas dan merambat melalui udara dan dapat merambat melalui ruang angkasa yang hampa udara, karena gelombang ini tidak memerlukan medium (Alonso dan Finn, 1980). Dalam perambatannya gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan yang nilainya ditentukan oleh dua besaran yaitu permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik. Untuk ruang hampa dan udara, maka nilai kecepatan gelombang elektromagnetik akan mendekati 3×10^8 m/s (Mahardika, Tanpa Tahun).

2.1.2 Persamaan Maxwell tentang GEM

Persamaan Maxwell merupakan perumusan hukum-hukum alam yang melandasi semua fenomena elektromagnetik. Setiap persamaan dikaitkan dengan hukum empiris yang ditemukan tokoh lain sebelum perumusan Maxwell (Tjia, 1994: 123). Terdapat empat persamaan Maxwell yang masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut (Tipler, 1991:402)

a. Persamaan Maxwell I

Persamaan Maxwell I merupakan hukum Gauss. Hukum ini menyatakan bahwa fluks medan listrik yang melalui sembarang permukaan tertutup sama dengan $1/\epsilon_0$ dikalikan dengan muatan total di dalam permukaan tersebut.

Persamaan Maxwell I adalah

$$\oint_S E_n dA = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{dalam} \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Persamaan Maxwell II

Persamaan Maxwell II biasa disebut sebagai hukum Gauss magnetik, fluks vektor medan magnetik dalam ruang tertutup adalah nol. Hukum ini mengisaratkan bahwa kutub magnetik yang terisolasi tidak ada. Persamaan Maxwell II adalah

$$\oint_S B_n dA = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

c. Persamaan Maxwell III

Persamaan Maxwell III merupakan hukum Faraday. Hukum ini menyatakan bahwa integral medan listrik yang mengelilingi sembarang kurva tertutup C, yang merupakan ggl sama dengan laju (negatif) perubahan fluks magnetik melalui sembarang permukaan S yang dibatasi oleh kurva tersebut. Persamaan Maxwell III adalah

$$\oint_C E \cdot dl = - \frac{d}{dt} \int_S B_n dA \dots\dots\dots(2.3)$$

d. Persamaan Maxwell IV

Persamaan Maxwell IV merupakan hukum Ampere, menyatakan bahwa integral garis medan magnetik B yang mengelilingi sembarang kurva tertutup C sama dengan μ_0 dikalikan dengan arus yang melalui sembarang permukaan yang dibatasi oleh kurva $\mu_0 \epsilon_0$ dikalikan dengan laju fluks listrik yang melalui permukaan tersebut. Persamaan Maxwell IV adalah

$$\oint_C B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S E_n dA \dots\dots\dots(2.4)$$

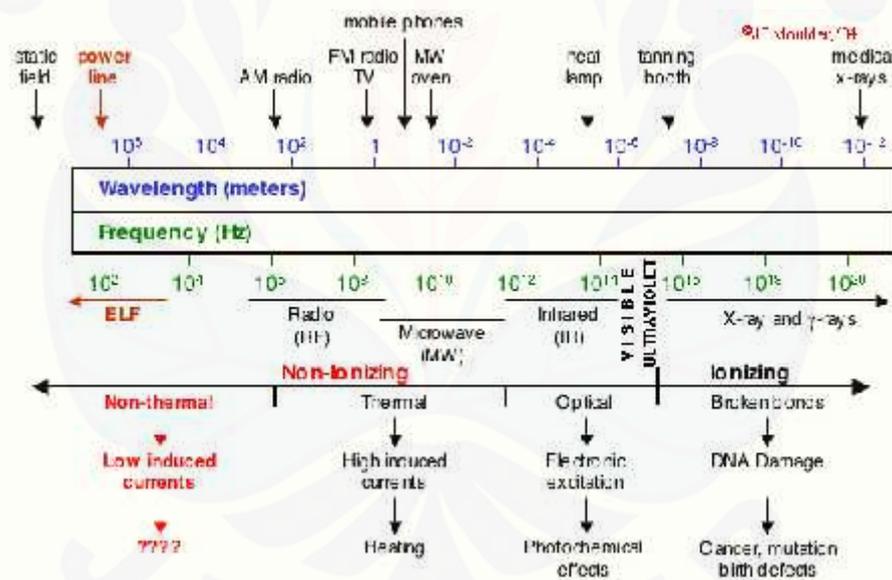
2.1.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik yang dirumuskan oleh Maxwell memiliki rentang frekuensi yang luas. Sebagai sebuah gejala gelombang, gelombang elektromagnetik dapat diidentifikasi berdasarkan frekuensi dan panjang gelombangnya. Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, sinar-x, sinar gamma dan lain-lain. Berbagai jenis gelombang elektromagnetik hanya berbeda dalam panjang gelombang } dan frekuensinya f , yang dihubungkan dengan panjang gelombang dengan cara :

$$f = \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots(2.5)$$

(Tipler, 1991: 413—414).

Spektrum gelombang elektromagnetik, panjang gelombang dan aplikasinya dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Spektrum Gelombang Elektromagnetik dan Aplikasinya
(Sumber: Moulder,J., 2006)

Ras (2011) mengatakan secara ringkas radiasi elektromagnetik non pengion berdasarkan frekuensi panjang gelombang dan energinya, dapat dijelaskan dalam spektrum elektromagnetik sebagai berikut:

- a. *Static* EMF memiliki frekuensi 0 Hz. Sumbernya antara lain medan elektromagnet alam, MRI, elektrolisis industrial.

- b. *Extremely Low-Frequency (ELF)* EMF memiliki rentang frekuensi 0 - 300Hz. Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik. Frekuensi gelombang ini ketika dihasilkan oleh alat elektronik adalah sekitar 50-60 Hz.
- c. *Intermediate frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 300 Hz - 100 kHz. Sumbernya antara lain detector metal, hands free.
- d. *Radio frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 100 kHz – 300 GHz. Sumbernya antara lain gelombang TV, radio, ponsel, *microwave oven*.

2.2 Medan Magnet ELF

Medan magnet ELF merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik ELF. Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak. Medan magnet sebanding dengan arus listrik, tanpa tergantung pada tegangan yang digunakan. Medan magnet dasar **B** dinamakan induksi magnet (*magnetic induction*). Induksi magnet tersebut dinyatakan dengan garis-garis induksi, sama seperti menyatakan medan listrik dengan garis-garis induksi, sama seperti menyatakan medan listrik dengan garis-garis induksinya dengan cara.

- a. Garis singgung kepada sebuah garis induksi pada setiap titik memberikan arah **B** di titik tersebut
- b. Garis-garis induksi digambarkan sehingga banyaknya garis per satuan luas penampang (tegak lurus pada garis-garis tersebut) adalah sebanding dengan besarnya **B**. Di tempat itu di mana garis-garis dekat satu sama lain maka **B** adalah besar dan di tempat di mana garis-garis tersebut berjauhan maka **B** adalah kecil (Halliday, 1990:251).

Interaksi magnet dasar merupakan gaya magnetik suatu muatan yang bergerak yang dikerahkan pada muatan yang bergerak lainnya. Gaya magnetik dihasilkan dari arus listrik. Adanya medan magnet di dalam ruangan dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan. Apabila muatan q

yang bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetik, akan terdapat gaya yang bergantung pada q , besarkecepatan dan arahnya. Dengan kata lain apabila suatu muatan q bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetik \mathbf{B} , gaya magnetik F (gaya Lorentz) pada muatan adalah:

$$F = q \mathbf{v} \times \mathbf{B} \dots \dots \dots (2.6)$$

(Swerdlow, 2008: 35).

Paparan medan magnet yang dibangkitkan oleh sumber terhadap suatu medium yang diberikan oleh besaran kuat medan magnet (H). Besaran B dalam kaitan hal ini merupakan besaran induksi magnet pada medium. Dalam ruang akan timbul medan induksi magnet B dengan besar:

$$B = \mu_0 \mu_r H \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana μ_r adalah permeabilitas bahan (sutrisno dan Gie, T.I., 1979:115)

WHO dan Grotel (dalam sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency* atau frekuensi sangat rendah) merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong dari non ionizing radiation. energi medan ELF sangat kecil, maka efek yang ditimbulkan sebagai efek non termal. efek non termal artinya ELF tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi.

2.2.1 Karakteristik Medan Magnet ELF

Tarigan (2012) menjelaskan bahwa medan ELF merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong sebagai *non-ionizing radiation*. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga menyatakan bahwa pada frekuensi antara 0 dan 300 Hz adalah panjang gelombang di udara yang sangat panjang (6000 km pada 50 Hz dan 5000 km pada 60 Hz) dan dalam perambatannya, medan listrik dan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah. Selain itu medan magnet tidak dapat dihalangi oleh dinding bangunan. Sehingga dapat disimpulkan karakteristik medan magnet ELF sebagai berikut.

- a. Memiliki rentang frekuensi 0-300 Hz,
- b. Tergolong *non ionizing* dan *non termal* radiasi,

- c. Medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah,
- d. Medan magnet tidak bisa dihalangi oleh material biasa seperti dinding bangunan, dan
- e. Sumber paparan medan magnet mudah didapat (berasal dari peralatan elektronika yang sering digunakan disekitar kita).

2.2.2 Sumber Medan Magnet ELF

Sumber paparan medan magnet dapat berasal dari medan magnet alamiah dan medan magnet buatan. Medan magnet bumi yang merupakan sumber medan magnet alamiah pada komponen vertikal mencapai harga maksimum sekitar 70 T di kutub magnetik, dan mencapai nol pada ekuator magnetik. Sebaliknya pada komponen horisontal mendekati nol di kutub dan memiliki harga maksimum sekitar 30 T di ekuator magnetik (WHO, 2007).

Sumber paparan medan elektromagnetik ELF yang terdiri dari medan magnet dan medan listrik dapat ditemukan dalam lingkungan masyarakat terutama berasal dari peralatan elektronika. Setiap peralatan elektronika akan mempunyai medan magnet yang sebanding dengan arus yang mengalir dari sumber menuju peralatan yang terhubung. Medan magnet terbesar terletak dengan peralatan dan akan berkurang sesuai jarak (Nugroho, 2009). Maka sesuai dengan penelitian Oersted bahwa arus listrik menimbulkan gaya terhadap magnet, dengan demikian hal ini membuktikan bahwa arus listrik menimbulkan gaya magnetik (Alonso, M dan Finn, E.J., 1994:128). Hasil pengukurannya dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2.1 Hasil pengukuran medan magnet disekitar rumah tangga (*Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999*).

Peralatan	Medan Magnet (~ T) jarak r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Pengering Rambut	6-2000	0,01-7	0,01-0,03
Pencukur Elektrik	15-1500	0,08-9	0,01-0,03
Penghisap Debu	200-800	2-2-	0,13-2
Lampu Tabung	40-400	0,5-2	0,02-0,25
Microwave Oven	73-200	4-8	0,25-0,6
Radio Portabel	16-56	1	<0,01
Oven Listrik	1-50	0,15-0,5	0,01-0,04
Mesin Cuci	0,8-50	0,15-3	0,01-0,15
Setrika	18-30	0,12-0,3	0,01-0,03
Pencuci Piring	3,5-20	0,6-3	0,07-0,3
Komputer	0,5-30	<0,01	-
Lemari Pendingin	0,5-1,7	0,01-0,25	<0,01
Televisi	2,5-50	0,04-2	0,01-0,15

Kebanyakan peralatan rumah tangga kuat medan magnetiknya yang berjarak 30 cm adalah dibawah batas yang diijinkan untuk umum adalah ~ T. Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal

Sumber: Baafai. (2004)

2.3 Energi Radiasi Medan Magnet ELF

Radiasi gelombang elektromagnetik mempunyai spektrum yang amat luas dimulai dari elektromagnetik dengan frekuensi ekstrim rendah (*ELF– Electromagnetic*) sampai pada elektromagnetik berfrekuensi sangat tinggi (Muchtaruddin. 1998). Energi radiasi medan magnet ELF akan berdampak terhadap serapan radiasi yang diterima oleh suatu sampel yang ditempatkan dalam medan magnet (Ackerman,dkk, 2010:268). Energi gelombang elektromagnetik terbagi sama dalam bentuk medan magnetik dan medan listrik. Maxwell menyatakan bahwa gangguan pada gelombang elektromagnetik berupa medan listrik dan medan magnetik yang selalu saling tegak lurus, dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang. Persamaan tentang cepat rambat gelombang elektromagnetik, *c* dituliskan sebagai berikut:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan,

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik

μ_0 = permeabilitas vakum; $4\pi \times 10^{-7} \text{ A}^{-1}\text{m}^{-1}$

ϵ_0 = permitivitas vakum; $8,85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

Bila nilai μ_0 dan ϵ_0 disubstitusikan ke persamaan (2.8) maka diperoleh nilai $c = 2,99792 \times 10^8 \text{ m/s}$, nilai c sama dengan cepat rambat cahaya. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang berjalan sinusoidal dengan amplitudo \mathbf{E} dan \mathbf{B} berubah terhadap x dan t sesuai dengan persamaan berikut:

$$E = E_m \cos(kx - \check{S}t) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$B = B_m \cos(kx - \check{S}t) \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan E_m dan B_m adalah nilai maksimum amplitudo kuat medan listrik dan kuat medan magnetik. Tetapan $k = 2\pi / \lambda$, dengan λ ialah panjang gelombang, dan $\check{S} = 2\pi f$, dengan f adalah frekuensi getaran. Nilai perbandingan \check{S}/k sama dengan cepat rambat c , sebagai berikut

$$\frac{\check{S}}{k} = \frac{2\pi f}{2\pi / \lambda} = \lambda \cdot f = c \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk menentukan turunan parsial $\partial E / \partial x$ dari persamaan (2.9) dan $\partial B / \partial x$ dari persamaan (2.10). Turunan parsial t dianggap bilangan tetap dan turunan parsial x dianggap tetap pula.

$$E = E_m \cos(kx - \check{S}t)$$

$$\frac{\partial E}{\partial x} = E_m [-k \sin(kx - \check{S}t)]$$

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -kE_m \sin(kx - \check{S}t) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$B = B_m \cos(kx - \check{S}t)$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = B_m [\check{S} \sin(kx - \check{S}t)]$$

$$-\frac{\partial B}{\partial x} = -\check{S}B_m \sin(kx - \check{S}t) \dots\dots\dots(2.13)$$

Pada gelombang bidang elektromagnetik berlaku:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial B}{\partial t}$$

dari persamaan (2.12) dan (2.13) diperoleh hubungan

$$-kE_m \sin(kx - \check{S}t) = -\check{S}B_m \sin(kx - \check{S}t)$$

$$kE_m = \check{S}B_m$$

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{\check{S}}{k}$$

karena $\frac{\check{S}}{k} = c$ maka:

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{\check{S}}{k} = c$$

sehingga pada setiap saat, nilai perbandingan antara amplitudo kuat medan listrik dan amplitudo kuat medan magnet dari suatu gelombang bidang elektromagnetik sama dengan cepat rambat cahaya.

Gelombang elektromagnetik merambat membawa energi, ketika gelombang ini merambat melalui angkasa gelombang ini dapat memindahkan energinya ke benda-benda yang berada pada lintasannya. Laju energi yang dipindahkan (**S**) dan didefinisikan oleh persamaan vektor:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \dots \dots \dots (2.14)$$

Sesuai persamaan (2.7) bahwa $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$, maka harga $\mathbf{H} = \mathbf{B} / \mu_0$ maka di dapatkan persamaan

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \dots \dots \dots (2.15)$$

Vektor pointing, **S** memiliki besar dan arah. Vektor **S** tegak lurus pada bidang **E** dan **B**. Arah vektor pointing **S** juga menyatakan arah rambat gelombang elektromagnetik *c* sedangkan satuannya dapat diperoleh melalui persamaan (2.15) dengan memasukkan satuan μ_0 yaitu $\text{Wb} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, satuan E yaitu $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$, dan satuan B yaitu $\text{Wb} \cdot \text{m}^{-2}$, sehingga didapatkan satuan untuk **S** yaitu $\text{J} / (\text{s} \cdot \text{m}^2)$. Satuan J/s atau watt adalah satuan dari laju energi atau daya sedang m^2 ialah satuan luas, dengan demikian dari satuan **S** dapat didefinisikan besar vektor pointing sebagai berikut:

Besar vektor *poinyng* S adalah energi yang dibawa setiap satuan waktu persatuan luasdaerah yang tegak lurus pada arah rambat gelombang elektromagnetik.

dari persamaan (2.15), besar S sebagai hasil perkalian silang vektor E dan B adalah:

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB \sin \alpha$$

$$S = \frac{EB}{\mu_0} \text{ sebab } \sin \alpha = 1 \dots\dots\dots(2.16)$$

Karena, $B = \frac{E}{c}$ maka dapat dituliskan sebagai:

$$S = \frac{E(E/c)}{\mu_0}$$

$$S = \frac{E^2}{\mu_0 c} = \frac{B^2 c}{\mu_0} \dots\dots\dots(2.17)$$

Persamaan (2.17) menyatakan bahwa E dan B adalah nilai sesaat kuat medan yang merupakan fungsi sinusoida. Hal ini menunjukkan harga energi sesaat, didapatkan suatu hubungan antara besarnya rapat fluks magnetik (B) dan kuat medan magnet (H) terhadap fungsi waktu. Dapat kita lihat dari persamaan 2.17 bahwa $S = \frac{B^2 c}{\mu_0}$, untuk $B = \frac{d\Phi_m}{dt}$ atau $\oint B dt = \oint d\phi_m$ dari persamaan ini dapat diperoleh suatu hubungan bahwa berjalannya fungsi waktu atau semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar fluk magnetik yang menembus suatu luasan. Semakin besar rapat fluk magnetik maka semakin besar pula energi yang didapatkan oleh suatu sampel yang terpapar medan magnet.

Nilai sesaat kuat medan yang merupakan fungsi sinusoida dengan $E = E_m \cos(kx - \tilde{S}t)$ dan $B = B_m \cos(kx - \tilde{S}t)$ dengan demikian, nilai S akan berubah-ubah. Karena nilai S yang berubah-ubah maka perlu dicari nilai rata-rata S (\bar{S}). Dari persamaan (2.9) maka \bar{S} adalah

$$\bar{S} = \frac{\overline{E^2}}{\mu_0 c} = \frac{\overline{B^2 c}}{\mu_0} \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan $\overline{E^2} = E_m^2 \overline{\sin^2(kx - \check{S}t)}$ dan

$$\overline{B^2} = B_m^2 \overline{\sin^2(kx - \check{S}t)}$$

Melalui hubungan antara arus efektif (i_{ef}) dan arus maksimum bolak-balik (i_m)

diperoleh nilai rata-rata fungsi kuadrat sinus sama dengan $\frac{1}{2}$

$$\text{Jadi, } \overline{\sin^2(kx - \check{S}t)} = \frac{1}{2}$$

dengan demikian:

$$E^2 = E_m^2 \frac{1}{2}$$

$$B^2 = B_m^2 \frac{1}{2}$$

Jika nilai E^2 dan B^2 ini disubstitusikan ke persamaan (2.18) maka diperoleh laju energi rata-rata per meter persegi gelombang elektromagnetik, \overline{S} , yaitu:

$$\overline{S} = \frac{E_m^2}{2 \sim_0 c} = \frac{c}{2 \sim_0} B_m^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{atau } \overline{S} = \frac{E_m \cdot B_m}{2 \sim_0 c} \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan:

\overline{S} = laju energi rata-rata per meter persegi yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik ($J/(s.m^2) = W/m^2$)

E_m = amplitudo maksimum kuat medan listrik (N/C)

B_m = amplitudo maksimum kuat medan magnet ($Wb/m^2 = T$)

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik ($3 \times 10^8 m/s$)

\sim_0 = $4\pi \times 10^{-7} A^{-1}m^{-1}$

(Giancoli, 2006:231-232).

2.4 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Medan magnet ELF banyak dimanfaatkan secara luas diberbagai bidang teknologi, diantaranya bidang teknologi kesehatan, komunikasi, industri,

pertanian, dan pangan (Murachman, 2007). Beberapa penelitian yang telah dilakukan, medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam teknologi pangan yang pengaruhnya terhadap kesehatan dan hasil produktivitas. Menurut Sudarti (2014) Dosis efektif medan magnet ELF terhadap prevalensi (keadaan umum baik pertumbuhan maupun perkembangan) *Salmonella typhimurium* pada bumbu gado-gado yaitu pada intensitas $646.7\mu\text{T}$ selama 30 menit dapat menghambat prevalensi *S. typhimurium* sebesar 36,37%. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk (2012) dengan judul *Proses Pengawetan Sari Buah Apel (Mallus sylvestris Mill) Secara Non Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magneting Field (OMF)* menyatakan bahwa paparan medan magnet ELF sebesar 6,7 T selama 20 menit pada proses pengawetan buah apel (*Mallus sylvestris Mill*) dapat mengakibatkan penurunan mikroba 99,45% sedangkan paparan pada intensitas yang sama selama 25 menit mengakibatkan penurunan mikroba 99,96%. Paparan medan magnet dapat memperbaiki kualitas dan memperpanjang umur simpanan bahan pangan. Paparan medan magnet ELF sebesar $500\ \mu\text{T}$ selama 90 menit dapat mempertahankan kadar vitamin C buah tomat, sedangkan paparan medan magnet ELF sebesar $300\ \mu\text{T}$ dan $500\ \mu\text{T}$ selama 10 menit, 50 menit dan 90 menit dapat mempertahankan pH buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014).

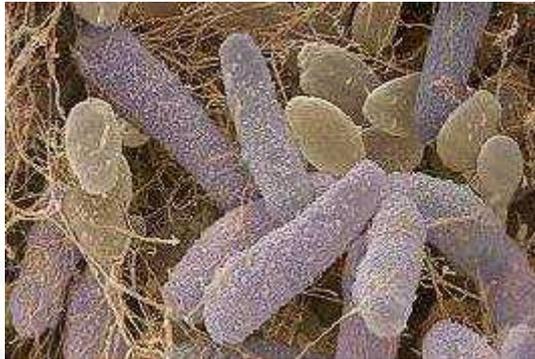
Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Aulia Rohma (2013) menyimpulkan bahwa kuat medan magnet 0,1 mT dengan lama paparan 15'36" dapat meningkatkan aktivitas enzim -amilase pada kacang merah dan kacang buncis hitam (*Phaseolus vulgaris L.*). Dhawi dan Al-Khayri (2009) juga membuktikan bahwa pemaparan kuat medan magnet sebesar 1500 mT selama 0, 1, 5, 10 dan 15 menit dapat meningkatkan kandungan N, K, Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn pada tanaman Kurma (*Phoenix dactylifera*). Sari (2011) dalam percobaannya juga menyatakan bahwa perendaman pada biji dan pemaparan medan magnet 0,2 mT dapat meningkatkan ukuran sel parenkim, xylem, serta lebar stomata pada tanaman tomat. Setyasih (2013) juga menyatakan bahwa pemaparan medan magnet 0,3 mT dengan lama pemaparan 15'36" dapat menghasilkan ukuran stomata paling besar pada daun tomat.

Pada penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap kualitas starter *nata de coco* yang akan dilakukan peneliti, salah satu indikator keberhasilan adalah meningkatnya jumlah bakteri *A. xylinum*. Beberapa penelitian dampak paparan medan magnet ELF yang telah dilakukan terhadap bakteri membawa efek yang berbeda, tergantung pada jenis bakteri, intensitas yang digunakan dan lamanya paparan. Menurut Masoumeh *et al.* (2013) terjadi penurunan pertumbuhan *S. aureus* dan *E. coli* pada intensitas paparan 2 mT selama 2 menit, sedangkan pada intensitas paparan 1 mT selama 20 menit *S. aureus* mengalami peningkatan pada pertumbuhannya. Stasak *et al* (dalam Masoumeh *et al.*: 2013) menyatakan pada frekuensi dan intensitas (50 Hz; 10 mT) selama 20 menit *E. Coli* dan *S. aureus* mengalami penurunan pertumbuhan. Fojt (dalam Masoumeh *et al.*: 2013) menyebutkan paparan (50 Hz; 10 mT) pada *E. Coli* dan *S. aureus* mengalami penurunan pertumbuhan tertinggi setelah dipapar selama 30 menit. Hasil penelitian Strasak (dalam Garip *et al.* 2011: 5) efek dari medan magnet ELF berbeda-beda tergantung pada lama paparan dan diketahui bahwa paparan setelah 2 jam dapat peningkatan jumlah bakteri. Paparan medan magnet ELF selama 6-16 jam pada *E. coli* dapat meningkatkan jumlah bakteri setelah mengalami penurunan pada 1 jam pertama (El-Sayed *et al.* dalam Garip *et al.*, 2011: 5). Menurut Del Re *et al* (dalam Garip *et al.*, 2011: 5) terjadi peningkatan DnaK dan GroEL *E. coli* pada paparan 50 Hz , 1 mT .

2.5 Bakteri *Acetobacter xylinum*

Pada penelitian terkait paparan medan magnet ELF terhadap kualitas starter *nata de coco*, salah satu indikator keberhasilan yang dapat dilihat adalah meningkatnya jumlah bakteri *A. xylinum*. Bakteri *A. xylinum* merupakan bakteri berbentuk batang pendek, dengan ukuran sel panjang 2 mikron dan lebar 0,6 mikron, dengan permukaan dinding yang berlendir. Bakteri ini bisa membentuk rantai pendek dengan satuan 6-8 sel. Bersifat nonmotil dan dengan pewarnaan gram menunjukkan gram negatif. Bakteri ini tidak membentuk endospora maupun pigmen. Pada kultur sel yang masih muda, individu sel berada sendiri-sendiri dan transparan. Koloni yang sudah tua membentuk lapisan menyerupai gelatin yang

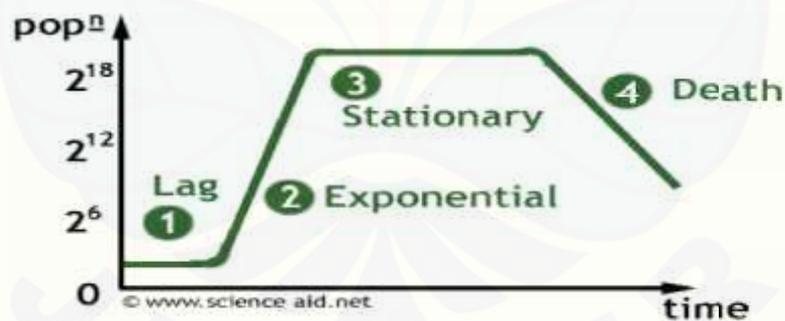
kokoh menutupi sel koloninya. Pertumbuhan koloni pada medium cair setelah 48 jam inokulasi akan membentuk lapisan pelikel dan dapat dengan mudah diambil dengan jarum ose. (Pelczar, 2006). Dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Morfologi Bakteri *Acetobacter xylinum*

Sumber: Munawar, (2013)

Bakteri *A. xylinum* mengalami pertumbuhan sel. Pertumbuhan sel didefinisikan sebagai pertumbuhan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Bakteri *A. xylinum* mengalami beberapa fase pertumbuhan sel yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase pertumbuhan eksponensial, fase pertumbuhan lambat, fase pertumbuhan tetap, fase menuju kematian, dan fase kematian (Pelczar, 2006). Dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Fase Pertumbuhan Bakteri

Sumber: Admin. (2013)

Pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri *A. xylinum* melalui beberapa fase dimana saat bakteri dipindah ke media baru maka bakteri tidak langsung tumbuh melainkan beradaptasi terlebih dahulu. Pada fase terjadi aktivitas metabolisme dan pembesaran sel, meskipun belum mengalami pertumbuhan. Fase pertumbuhan adaptasi dicapai pada 0-24 jam sejak inokulasi. Fase pertumbuhan

awal dimulai dengan pembelahan sel dengan kecepatan rendah. Fase ini berlangsung beberapa jam saja. Fase eksponensial dicapai antara 1-5 hari. Pada fase ini bakteri mengeluarkan enzim ekstraseluler polimerasi sebanyak-banyaknya untuk menyusun polimer glukosa menjadi selulosa (matrik nata). Fase ini sangat menentukan kecepatan suatu strain *A. xylinum* dalam membentuk nata. Fase pertumbuhan lambat terjadi karena nutrisi telah berkurang, terdapat metabolik yang bersifat racun yang menghambat pertumbuhan bakteri dan umur sel sudah tua. Pada fase ini pertumbuhan tidak stabil, tetapi jumlah sel yang tumbuh masih lebih banyak dibanding jumlah sel mati. Fase pertumbuhan tetap terjadi keseimbangan antara sel yang tumbuh dan yang mati. Matriks nata lebih banyak diproduksi pada fase ini. Fase menuju kematian terjadi akibat nutrisi dalam media sudah hampir habis. Setelah nutrisi habis, maka bakteri akan mengalami fase kematian. Pada fase kematian sel dengan cepat mengalami kematian. Bakteri hasil dari fase ini tidak baik untuk strain nata (Pelczar dalam Darliana, 2007:7-8).

Pertumbuhan *A. xylinum* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nutrisi, sumber karbon, sumber nitrogen, serta tingkat keasaman media temperatur, dan udara (oksigen). Senyawa karbon yang dibutuhkan dalam fermentasi nata berasal dari monosakarida dan disakarida. Sumber dari karbon ini yang paling banyak digunakan adalah gula. Sumber nitrogen bisa berasal dari bahan anorganik seperti ZA, urea, dsb. Tetapi bahan yang terbaik tentunya adalah bahan alami dari medium yang disarankan adalah medium yang bersifat asam (Pelczar dalam Darliana, 2007:7-8).

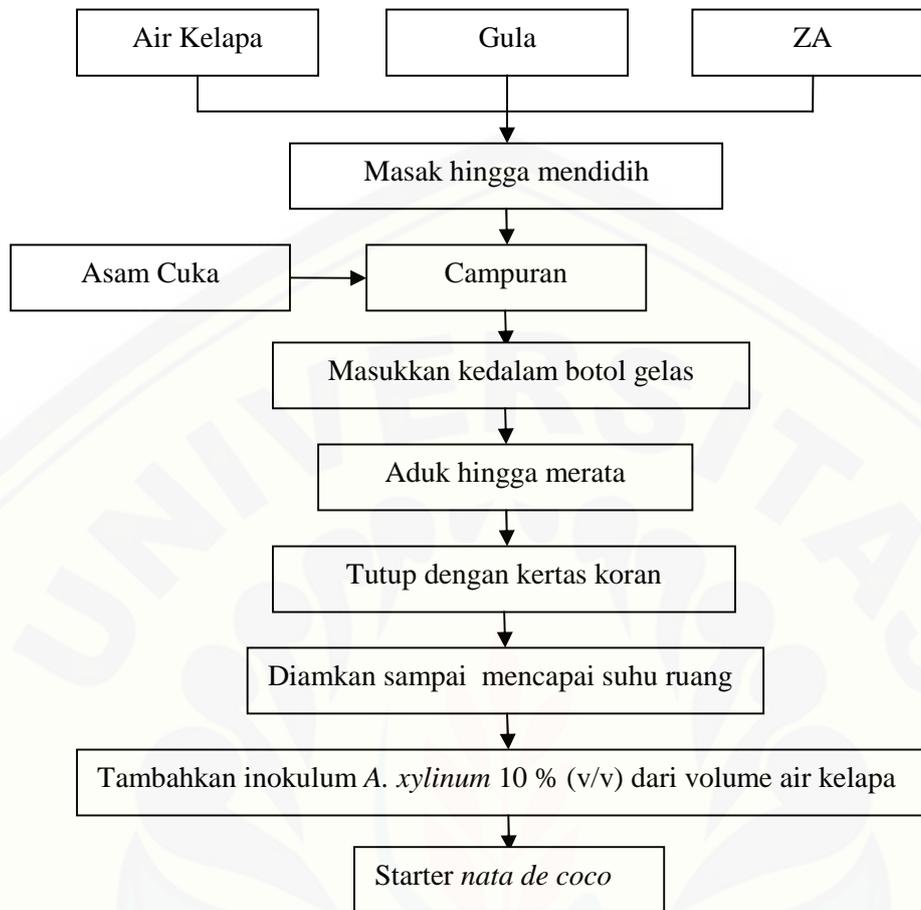
Bakteri *A. xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5 – 7,5, namun akan tumbuh optimal bila pH nya 4,3. Sedangkan suhu ideal bagi pertumbuhan bakteri *A. xylinum* pada suhu 28 – 32 °C bakteri ini sangat memerlukan oksigen. Sehingga dalam fermentasi tidak perlu ditutup rapat namun hanya ditutup untuk mencegah kotoran masuk kedalam media yang dapat mengakibatkan kontaminasi.

2.6 Medan Magnet ELF terhadap Aktivitas Bakteri *Acetobacter xylinum* pada Proses Pembuatan Starter Nata De Coco

Pada penelitian pemaparan medan magnet ELF terhadap proses pembuatan starter *nata de coco* yaitu pada perkembangbiakan bibit bakteri *A. xylinum* dengan menggunakan media air kelapa. Air kelapa yang digunakan bisa berasal dari pohon kelapa jenis apapun untuk klasifikasi kelapa yaitu,

Regnum	: Plantae
Devisio	: Spermatophyta
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Palmes
Familia	: Palmae
Genus	: Cocos
Spesies	: <i>Cocos nurivera</i> .

Sebenarnya air kelapa yang digunakan bisa berasal dari jenis kelapa apapun, namun secara umum di Indonesia memiliki penghasilan pertanian kelapa hijau (*Cocos nurivera*) yang cukup melimpah, selain mudah dicari dan harganya lebih murah, juga memiliki kaya gizi tidak hanya unsur makro, tetapi juga unsur mikro. Unsur makro yang terdapat pada air kelapa adalah karbon dan nitrogen. unsur karbon dalam air kelapa berupa karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, sorbitol, inositol, dan lain-lain. Unsur nitrogen berupa protein tersusun dari asam amino seperti valin, arginin, sistin dan serin. Selain karbohidrat dan protein air kelapa mengandung unsur mikro berupa mineral yang dibutuhkan tubuh, mineral tersebut diantaranya kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), ferum(Fe), cuprum (Cu), fosfor (P), dan sulfur (S). Selain itu dalam air kelapa terdapat vitamin seperti asam nikotinat, asam pantotenat, asam folat, biotin, riboflavin, dan sebagainya karena itu air kelapa baik untuk pertumbuhan bakteri (Palunkun,1992). Dalam proses pembuatan starter pembibitan nata de coco dapat dilihat lebih jelas pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Alur Proses Pembibitan Nata De Coco

Sumber: Dewi, 2011

Dari gambar 2.5 dapat dijelaskan secara singkat alur pembuatan starter *nata de coco* sebagai berikut.

- Menyaring air kelapa sebanyak 1,5 liter dengan menggunakan saringan diameter 20 cm agar benar-benar bersih,
- Memasak air kelapa yang telah dsampai mendidih,
- Memasukkan 500 gram gula dan 3 gram pupuk ZA (*Zwavelzure Amoniak*),
- Menambahkan asam cuka sebanyak ± 30 mL, hingga pH ramuan air kelapa menjadi $\pm 4,3$,
- Menuangkan bahan ramuan air kelapa ke dalam botol kaca steril,
- Melakukan pendinginan hingga mencapai suhu ruang yaitu $28 - 32$ °C (± 7 jam),

- g. Memasukkan inokulum bakteri *A. xylinum* 10% dari volume air kelapa ke dalam setiap botol,
- h. Menutup dengan kertas koran dan ikat dengan karet yang telah disterilisas,
- i. Mendingkan pada suhu ruang hingga terlihat starter sudah dapat digunakan yaitu berupa lapisan selulose yang mengapung diatas starter *nata de coco* dan tidak ditumbuhi jamur (\pm 6 hari).

Proses pembuatan starter *nata de coco* dengan diberikan paparan medan magnet ELF akan berpengaruh terhadap ion-ion yang berperan untuk pembuatan starter *nata de coco*. Paparan medan magnet ELF ini akan berpengaruh terhadap sifat kemagnetan bahan yang dimiliki dari unsur maupun ion-ion yang berada pada starter *nata de coco*. Bahan (ion-ion) yang diletakkan dalam medan magnet luar **B** akan terpolarisasi atau termagnetisasi, yaitu proses pensejajaran dipol magnet. Karena pengaruh medan magnet luar, spin akan mengalami torsi sedemikian sehingga momen dipolnya cenderung berorientasi searah medan magnet luar (Wiyanto, 2008:101).

Dalam banyak bahan, magnetisasi *M* sebanding dengan intensitas magnetik *H*. Dapat dituliskan sebagai:

$$M = \chi_m H \dots\dots\dots(2.21)$$

Tetapan χ_m disebut suseptibilitas magnetik. Selanjutnya, medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan berasal dari medan magnet yang dipaparkan dan medan magnet akibat magnetisasi dengan demikian persamaan (2.21) dapat dituliskan sebagai:

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \dots\dots\dots(2.22)$$

$$B = \mu_0 H + \mu_0 \chi_m H \dots\dots\dots(2.23)$$

$$B = \mu_0 (1 + \chi_m) H \dots\dots\dots(2.24)$$

(Sutrisno dan Gie, 1979:108)

Kemampuan unsur maupun ion-ion dapat dilihat dari nilai suseptibilitas magnetiknya. Berikut ini bahan-bahan diamagnetik dan paramagnetik beserta suseptibilitasnya dapat ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Suseptibilitas magnetik χ_m untuk berbagai bahan (pada temperatur kamar)

Bahan paramagnetik	$\chi_m \times 10^{-6}$ mks	Bahan diamagnetik	$\chi_m \times 10^{-6}$ mks
Aluminium	+ 0,82	Bismut	- 0,7
Kalsium	+ 1,4	Kadmium (Cd)	- 0,23
Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	+ 25,0	Natrium	- 2,4
Magnesium	+ 0,69	Hidrogen	- 0,0099
Oksigen	+ 2,090	Nitrogen	- 0,0005
		Karbondioksida	- 0,0023

Sumber: Tipler, (1991:327)

Selain bahan diamagnetik dan paramagnetik juga terdapat besi yang merupakan bahan feromagnetik yang memiliki kemampuan untuk termagnetisasi lebih besar. Namun tinjauan pengaruh medan magnet ini lebih terhadap ion-ion yang berperan aktif didalam sel bakteri *A. xylinum*, dalam sel bakteri terdapat ion-ion yang berperan aktif dalam proses metabolisme dan pembelahan sel, diantaranya ion K⁺, Na⁺, dan Ca²⁺ (Goodman, 1988:50-51). Dari ketiga ion tersebut memiliki suseptibilitas magnetik yang berbeda, Natrium (Na) merupakan bahan diamagnetik yang memiliki suseptibilitas negatif dan sangat kecil yaitu $-2,4 \times 10^{-6}$, jika dilihat dari persamaan (2.23) dapat terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai negatif maka pengaruh medan magnet terhadap suatu bahan akan lebih kecil dan cenderung tidak berpengaruh, pengaruh medan magnet dari luar terhadap bahan paramagnetik seperti natrium akan menginduksi momen magnetik dan saling meniadakan, jadi pada ion Natrium ini medan magnet tidak berpengaruh besar. Ion Kalsium (Ca²⁺) merupakan bahan paramagnetik yang memiliki nilai suseptibilitas positif dan sangat kecil yaitu $+1,4 \times 10^{-6}$, jika dilihat dari persamaan (2.23) dapat terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai positif dengan kondisi momen magnetik bahan paramagnetik yang masih acak, ketika berada pada medan magnet maka medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan akan lebih besar dan cenderung berpengaruh terhadap momen magnetik ion yang akan cenderung disearahkan, hal ini akan memicu pergerakan ion-ion. Selain medan magnet ELF dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion yang dikenai medan magnet,

energi paparan medan magnet yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal Kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion Kalsium (Ca^{2+}) yang sesuai dengan kebutuhan sel bakteri *A. xylinum* akan mengaktifkan protein-protein dan enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel (Poli, 2009:85-88). Sehingga energi paparan medan magnet dapat membantu perkembangbiakan sel dengan memenuhi kebutuhan kalsium.

Jika perkembangbiakan sel bakteri *A. xylinum* meningkat maka aktivitas bakteri *A. xylinum* dalam membentuk selulose dan penghasilan asam asetat akan semakin meningkat. Pada proses metabolismenya, selaput selulosa ini terbentuk oleh aktivitas *A. xylinum* terhadap glukosa. Karbohidrat pada medium dipecah menjadi glukosa yang kemudian berikatan dengan asam lemak (Guanosin trifosfat) membentuk prekursor penciri selulosa oleh enzim selulosa sintetase. Kemudian dikeluarkan ke lingkungan membentuk jalinan selulosa pada permukaan medium. Selama metabolisme karbohidrat oleh *A. xylinum* terjadi proses glikolisis yang kemudian di akhiri dengan terbentuknya asam piruvat. Glukosa 6-P yang terbentuk pada proses glikolisis inilah yang digunakan oleh *A. xylinum* untuk menghasilkan selulosa. Selain metabolit sekunder, *A. xylinum* juga menghasilkan metabolit berupa asam asetat dengan nama ilmiah (CH_3COOH), air dan energi yang digunakan kembali dalam siklus metabolismenya. Pada dasarnya Bakteri *A. xylinum* dapat mendegradasi glukosa menjadi asam asetat, dan menambah ion H^+ pada starter *nata de coco*, dengan bertambahnya ion H^+ pada starter *nata de coco* akan membuat kondisi starter *nata de coco* akan semakin asam atau pH menurun (Prawijaya, 2002).

2.7 Derajat Keasaman (pH)

Suatu molekul memiliki sifat fisika kimia, diantaranya sifat asam dan basa suatu larutan. Sifat asam larutan adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion hidrogen (H^+) dan anion, sedangkan basa adalah

senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion hidroksida (OH⁻) dan kation (Gandjar dan Rohman, 2012:61-62).

Menurut Chang (2005:99) tingkat keasaman (pH) suatu larutan didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \dots\dots\dots(2.25)$$

Derajat keasaman atau pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat. Dengan rumus pada persamaan (2.25) pH dapat dihitung dari konsentrasi ion hidrogen ([H⁺]). Identifikasi larutan asam dan basa dapat diketahui berdasarkan nilai pH-nya, seperti berikut:

Larutan asam : pH < 7,00

Larutan basa : pH > 7,00

Larutan netral: pH = 7,00

Syukri (1999:424-426) menyatakan untuk menentukan sifat asam dan basa suatu larutan dapat dilakukan dengan cara:

- a. menggunakan kertas lakmus, kertas lakmus merupakan kertas yang mengandung suatu senyawa yang disebut indikator, yaitu yang mempunyai warna khusus pada pH tertentu.
- b. menggunakan indikator universal, indikator universal merupakan campuran dari beberapa indikator yang akan menghasilkan perubahan warna dalam berbagai daerah pH. Dinamakan indikator universal karena dapat menentukan pH larutan dalam berbagai nilai. Indikator jenis ini telah dibuat dalam bentuk kertas agar praktis memakainya. Setelah dicelupkan ke dalam larutan, akan timbul warna tertentu dan kemudian dicocokkan dengan warna yang tertera pada kotaknya
- c. Menggunakan pH meter, pH meter yaitu suatu alat digital untuk menentukan nilai pH suatu larutan,. dengan mencelupkan elektroda kedalam larutan yang akan diperiksa dimana nilai pH larutan dapat dibaca langsung pada alat.

2.8 Kerangka Konsep

Pada penelitian ini peneliti menggunakan intensitas medan magnet ELF 100 $\sim T$ selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit dengan frekuensi sumber 50 Hz (PLN) yang telah disesuaikan dengan beberapa penelitian sebelumnya dan hasil Uji pendahuluan. Hasil penelitian aplikasi medan magnet dibidang pangan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.3, dibawah ini.

Tabel 2.3 Hasil penelitian di bidang pangan

Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
Pengaruh ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap perubahan kadar vitamin C dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014)	500 μT	90 menit	Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat
	300 μT dan 500 μT	10 menit, 50 menit, 90 menit	Mempertahankan pH pada buah tomat
Proses pengawetan sari buah apel (<i>Mallus sylvestris mill</i>) secara <i>non-termal</i> berbasis teknologi <i>oscillating magnetizing field</i> (Sari <i>et al</i> , 2012)	6,7T	20 menit	Penurunan total mikroba 99,45%
		25 menit	Penurunan total mikroba 99,96%
Potensi genotoksik medan magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap prevalensi <i>Salmonella</i> dalam bahan pangan (Sudarti, 2014)	646,7 μT	30 menit	Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37%
Aulia Rohmah (2013) Paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim - amilase pada kacang merah dan kacang buncis hitam (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).	0,1 mT	15' 36"	dapat meningkatkan aktivitas enzim - amilase pada kacang merah dan kacang buncis hitam (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).
Setyaningsih (2013) Pemaparan medan magnet terhadap stomata daun tomat	0,3 mT	15' 36"	Ukuran stomata paling besar pada daun tomat
Dhawi dan Al-Khayri (2009) pemaparan kuat medan magnet terhadap kandungan ion N, K, Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn pada tanaman Kurma (<i>Phoenix dactylifera</i>).	1500 mT	0, 1, 5, 10, dan 15 menit	Meningkatkan kandungan ion N, K, Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn pada tanaman Kurma (<i>Phoenix dactylifera</i>).

Hasil penelitian Uji pendahuluan yaitu mengkaji fase eksponensial bakteri *A. xylinum* yaitu pada hari ke-1 sampai hari ke-5 (Pelczar dalam Darliana, 2007:7-8). Uji pendahuluan ini digunakan untuk menentukan waktu yang tepat yaitu pada fase eksponensial untuk diberi perlakuan dengan pemaparan medan magnet ELF, hasil uji pendahuluan perkembangbiakan bakteri *A. xylinum* dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Hasil Uji pendahuluan perkembangbiakan bakteri *A. xylinum*

keterangan	Jam ke-0	Jam ke-12	Jam ke-24	Jam ke-36	Jam ke-48
+ZA	275 x 10 ⁸ sel/ml	280 x 10 ⁸ sel/ml	900 x 10 ¹⁰ sel/ml	400 x 10 ¹⁴ sel/ml	950 x 10 ¹⁴ sel/ml
-ZA	255 x 10 ⁸ sel/ml	275 x 10 ⁸ sel/ml	755 x 10 ¹⁰ sel/ml	400 x 10 ¹⁴ sel/ml	900 x 10 ¹⁴ sel/ml

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa perkembangan bakteri saat jam ke-0 sampai jam ke-12 mengalami sedikit pertambahan jumlah bakteri, hal ini yang disebut fase adaptasi. Pada saat jam ke-24 sampai jam ke-48 mengalami pertambahan sel yang sangat signifikan ini yang disebut fase eksponensial. Hasil uji pendahuluan ini dapat diperoleh waktu pemaparan yang baik dimulai pada jam ke-24 baik pada medium dengan penambahan ZA maupun tanpa penambahan ZA.

Pada uji pendahuluan ini proses pembuatan starter nata de coco paparan medan magnet yang digunakan yaitu intensitas 100 μ T dan 300 μ T dan lama paparan 5 menit dan 45 menit ada yang menggunakan ZA (diberi simbol +ZA) dan ada yang tanpa ZA (- ZA) dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Hasil uji pendahuluan paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum*

Keterangan hari ke-2	Kontrol	Intensitas medan magnet			
		100 μ T		300 μ T	
		5 menit	45 menit	5 menit	45 menit
+ ZA	950x 10 ¹⁴ sel/ml	2250 x 10 ¹⁴ sel/ml	2500 x 10 ¹⁴ sel/ml	900 x 10 ¹⁴ sel/ml	950 x 10 ¹⁴ sel/ml
- ZA	900x 10 ¹⁴ sel/ml	3400 x 10 ¹⁴ sel/ml	3700 x 10 ¹⁴ sel/ml	1050 x 10 ¹⁴ sel/ml	2100 x 10 ¹⁴ sel/ml

Keterangan hari ke-3	Kontrol	Intensitas medan magnet			
		100 μ T		300 μ T	
		5 menit	45 menit	5 menit	45 menit
+ ZA	2400x 10 ¹⁴ sel/ml	3150x 10 ¹⁴ sel/ml	4900 x 10 ¹⁴ sel/ml	1800 x 10 ¹⁴ sel/ml	1900 x 10 ¹⁴ sel/ml
- ZA	2350x 10 ¹⁴ sel/ml	3500 x 10 ¹⁴ sel/ml	5850 x 10 ¹⁴ sel/ml	1650 x 10 ¹⁴ sel/ml	3750 x 10 ¹⁴ sel/ml

Dari hasil uji pendahuluan dapat dilihat dengan menggunakan intensitas 100 μT dibandingkan dengan kontrol jumlah bakteri *A. xylinum* jauh lebih banyak terutama pada lama paparan 45 menit yaitu 1,3-2,7 kali dari jumlah kontrolnya. Namun dengan menggunakan intensitas 300 μT saat paparan 5 menit jumlah bakteri *A. xylinum* jauh lebih sedikit dibanding dengan kontrol dan saat lama paparan 45 menit jumlah bakteri *A. xylinum* lebih banyak. Namun secara keseluruhan dilihat dari intensitasnya dan lama paparannya, paparan medan magnet ELF menggunakan intensitas 100 μT dan lama paparan 45 menit lebih berpotensi dalam perkembangbiakkan bakteri *A. xylinum*.

Pengaruh medan magnet ini lebih terhadap ion-ion yang berperan aktif didalam sel bakteri *A. xylinum*, dalam sel bakteri terdapat ion-ion yang berperan aktif dalam proses metabolisme dan pembelahan sel, diantaranya ion K^+ , Na^+ , dan Ca^{2+} (Goodman, 1988:50-51). Dari ketiga ion tersebut memiliki suseptibilitas magnetik yang berbeda, Natrium (Na) merupakan bahan diamagnetik yang memiliki suseptibilitas negatif dan sangat kecil yaitu $-2,4 \times 10^{-6}$, jika dilihat dari persamaan (2.23) dapat terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai negatif maka pengaruh medan magnet terhadap suatu bahan akan lebih kecil dan cenderung tidak berpengaruh, pengaruh medan magnet dari luar terhadap bahan paramagnetik seperti natrium akan menginduksi momen magnetik dan saling meniadakan, jadi pada ion Natrium ini medan magnet tidak berpengaruh besar. Ion Kalsium (Ca^{2+}) merupakan bahan paramagnetik yang memiliki nilai suseptibilitas positif dan sangat kecil yaitu $+1,4 \times 10^{-6}$ jika dilihat dari persamaan (2.23) dapat terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai positif dengan kondisi momen magnetik bahan paramagnetik yang masih acak, ketika berada pada medan magnet maka medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan akan lebih besar dan cenderung berpengaruh terhadap momen magnetik ion yang akan cenderung disearahkan, hal ini akan memicu pergerakan ion-ion. Selain medan magnet ELF dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion yang dikenai medan magnet, energi paparan medan magnet yang mengenai

membran sel dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal Kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion Kalsium (Ca^{2+}) yang sesuai dengan kebutuhan sel bakteri *A. xylinum* akan mengaktifkan protein-protein dan enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel (Poli, 2009:85-88). Sehingga energi paparan medan magnet dapat membantu perkembangbiakan sel dengan memenuhi kebutuhan kalsium.

Paparan medan magnet dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan Kanal Kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion Kalsium (Ca^{2+}) akan mengaktifkan protein-protein dan enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel (Poli, 2009:85-88). Pengaruh besarnya intensitas dan lama paparan akan berpengaruh terhadap energi yang sesuai dengan kebutuhan sel dan tidak sampai mengalami kematian karena kelebihan kalsium yaitu sesuai

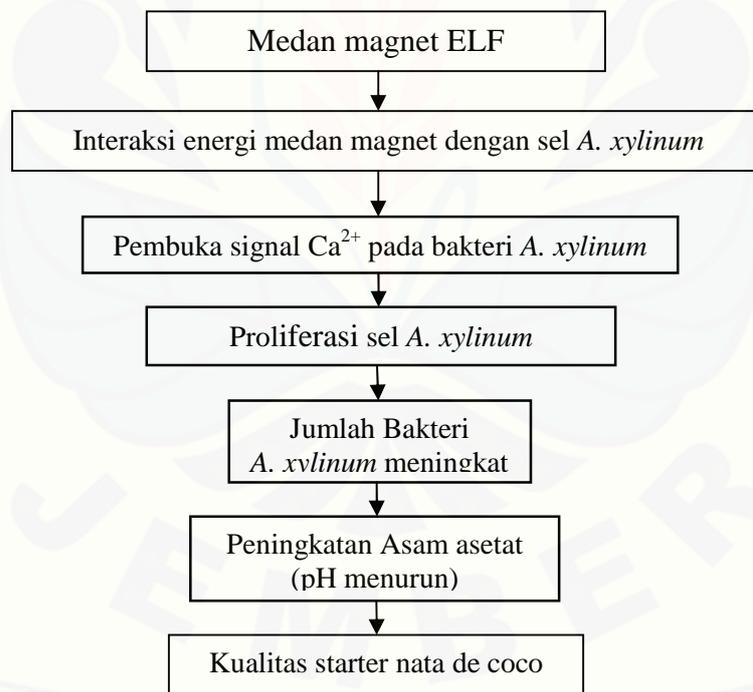
perumusan fisika terkait dengan laju energi setiap satuan luas yaitu, $S = \frac{B^2 c}{\mu_0}$,

untuk $B = \frac{d\Phi_m}{dt}$ atau $\oint B dt = \oint d\phi_m$ dari persamaan ini dapat diperoleh suatu

hubungan bahwa berjalannya fungsi waktu atau semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar fluks magnetik yang menembus suatu luasan. Semakin besar rapat fluks magnetik maka semakin besar pula energi yang didapatkan oleh suatu sampel yang terpapar medan magnet. Hal ini dapat mempengaruhi laju pergerakan ion Kalsium (Ca^{2+}) ke dalam sel. Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi untuk dosis efektif intensitas medan magnet 100 μT serta lama paparan yang digunakan yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit.

Jika perkembangbiakan sel bakteri *A. xylinum* meningkat maka aktivitas bakteri *A. xylinum* dalam membentuk selulose dan penghasilan asam asetat akan semakin meningkat. Pada proses metabolismenya, selaput selulosa ini terbentuk oleh aktivitas *A. xylinum* terhadap glukosa. Karbohidrat pada medium dipecah menjadi glukosa yang kemudian berikatan dengan asam lemak (Guanosin

trifosfat) membentuk prekursor penciri selulosa oleh enzim selulosa sintetase. Kemudian dikeluarkan ke lingkungan membentuk jalinan selulosa pada permukaan medium. Selama metabolisme karbohidrat oleh *A. xylinum* terjadi proses glikolisis yang kemudian di akhiri dengan terbentuknya asam piruvat. Glukosa 6-P yang terbentuk pada proses glikolisis inilah yang digunakan oleh *A. xylinum* untuk menghasilkan selulosa. Selain metabolit sekunder, *A. xylinum* juga menghasilkan metabolit berupa asam asetat dengan nama ilmiah (CH_3COOH), air dan energi yang digunakan kembali dalam siklus metabolismenya. Pada dasarnya Bakteri *A. xylinum* dapat mendegradasi glukosa menjadi asam asetat, dan menambah ion H^+ pada starter *nata de coco*, dengan bertambahnya ion H^+ pada starter *nata de coco* akan membuat kondisi starter *nata de coco* akan semakin asam atau pH menurun (Prawijaya, 2002). Keberhasilan pembuatan starter *nata de coco* yaitu ditandai dengan terbentuknya nata pada lapisan atas starter dan tidak ditumbuhi jamur. Secara singkat kerangka konsep dapat dilihat pada Gambar 2.6.

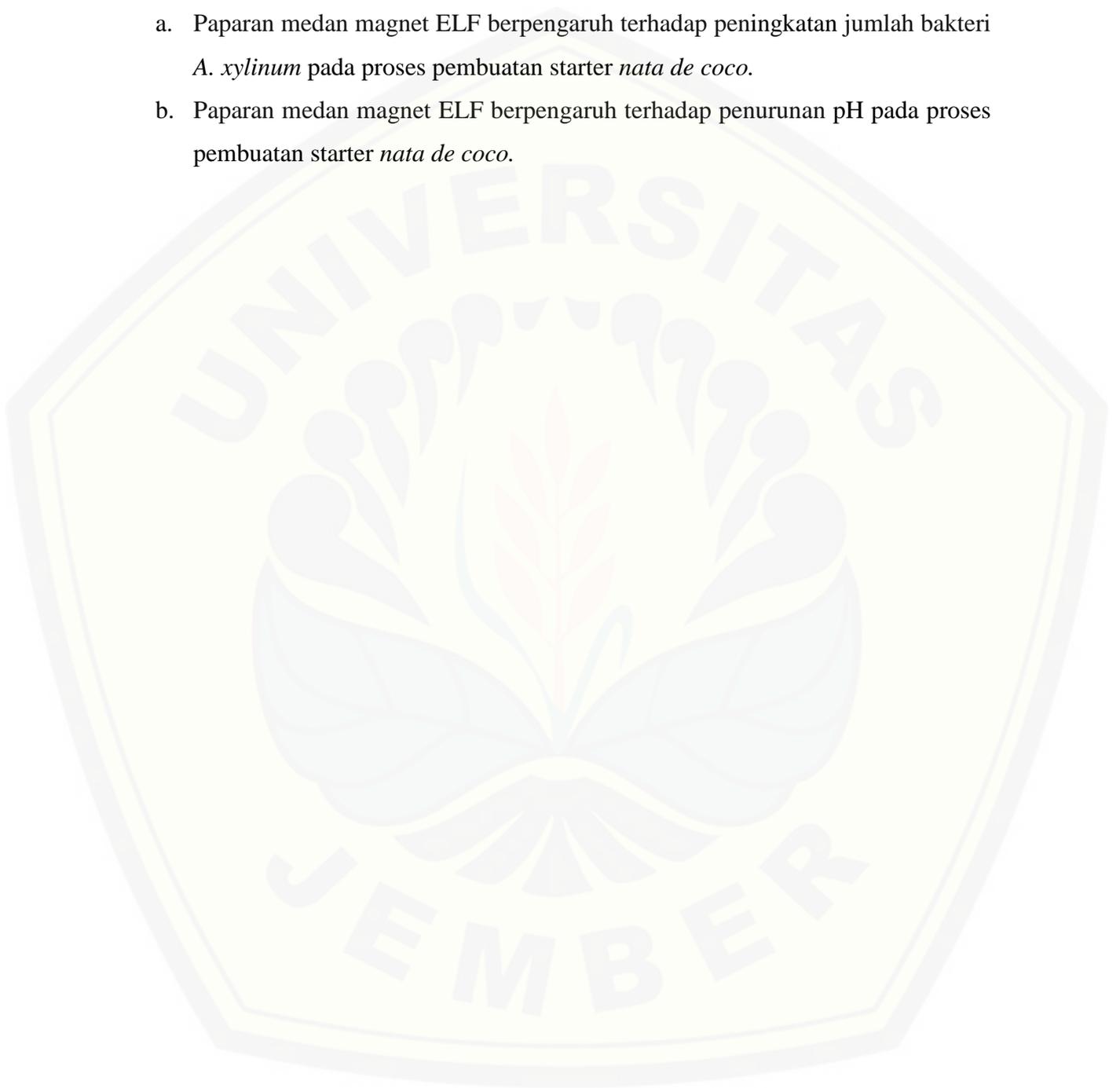


Gambar 2.6 Bagan Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian di atas maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*.
- b. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap penurunan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH dalam proses pembuatan starter *nata de coco* dilakukan di Laboratorium Fisika lanjut Program Studi Pendidikan Fisika, Laboratorium Mikrobiologi MIPA Universitas Jember, dan SMK N 5 Jember pada bulan April-Mei 2015 dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Laboratorium Fisika lanjut gedung III FKIP UNEJ dipilih karena terdapat alat penghasil medan magnet (*ELF Magnetic Fields Sourcess*).
- b. Laboratorium Mikrobiologi MIPA Universitas Jember dipilih karena terdapat seperangkat alat yang akan digunakan untuk membuat starter *nata de coco*, menghitung jumlah bakteri, dan derajat keasaman (pH).
- c. SMK N 5 Jember dipilih karena terdapat seperangkat alat yang digunakan dalam proses pembuatan medium berkembangnya bakteri *A. xylinum*.

3.2 Jenis Penelitian dan Desain Penelitian

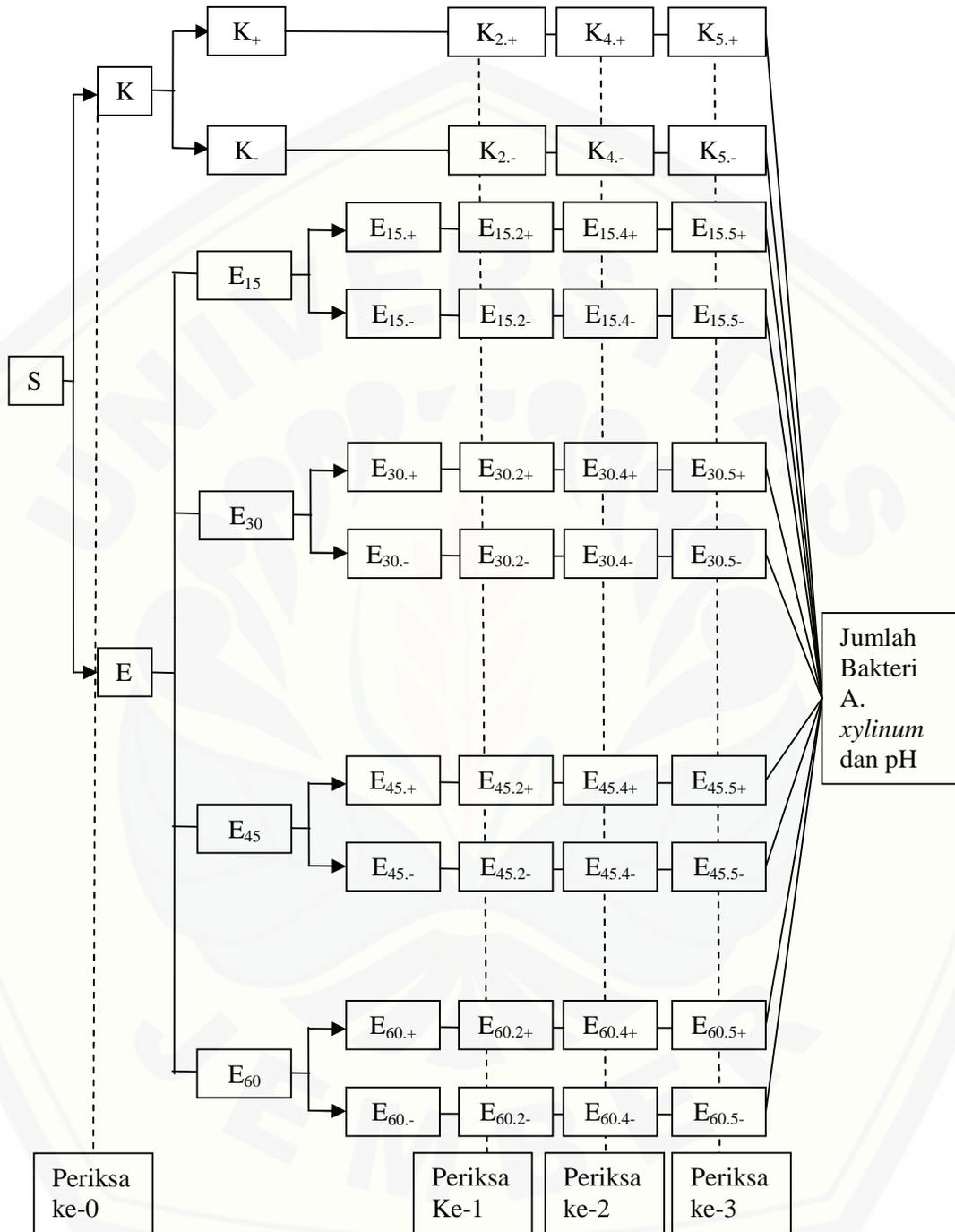
3.2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratories. Penelitian laboratorium merupakan penelitian yang dilakukan dalam ruangan tertutup, dimana kelompok eksperimen dijauhkan dari variabel pengganggu sebab dapat mempengaruhi hasil dari pengujian hubungan sebab akibat..

3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design* (Sukardi, 2003: 185). Dalam penelitian ini terdapat kelompok eksperimen yaitu kelompok yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dengan menggunakan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF. Untuk kelompok eksperimen terdiri dari

starter *nata de coco* dengan menggunakan *Zwavelzure Amoniak* (ZA) dan tanpa menggunakan ZA. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar.3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

S : Sampel yang diambil dari volume bakteri *A. xylinum* dan air kelapa yang telah diramu dengan gula terdiri dari 99 tabung reaksi.

- K : Sampel kontrol terdiri dari 27 tabung reaksi starter *nata de coco* dengan intensitas alamiah bumi dengan masing-masing tabung berisi 10 mL.
- E : Sampel eksperimen, terdiri dari 72 tabung reaksi starter *nata de coco* yang dipapar dengan medan magnet ELF 100 μ T dengan masing-masing tabung berisi 10 mL.
- K₊ : Sampel kontrol terdiri dari 9 tabung reaksi starter *nata de coco* dengan menggunakan ZA.
- K₋ : Sampel kontrol terdiri dari 9 tabung reaksi starter *nata de coco* tanpa menggunakan ZA.
- E₁₅ : Sampel eksperimen sebanyak 18 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 15 menit.
- E₃₀ : Sampel eksperimen sebanyak 18 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 30 menit.
- E₄₅ : Sampel eksperimen sebanyak 18 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 45 menit.
- E₆₀ : Sampel eksperimen sebanyak 18 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 60 menit.
- E_{15,+} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 15 menit dengan menggunakan ZA.
- E_{15,-} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 15 menit tanpa menggunakan ZA.
- E_{30,+} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 30 menit dengan menggunakan ZA.
- E_{30,-} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 30 menit tanpa menggunakan ZA.
- E_{45,+} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 45 menit dengan menggunakan ZA.
- E_{45,-} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 45 menit tanpa menggunakan ZA.
- E_{60,+} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan

- magnet ELF 100 μ T selama 45 menit dengan menggunakan ZA
- E_{60.+} : Sampel eksperimen sebanyak 9 tabung reaksi yang dipapar medan magnet ELF 100 μ T selama 45 menit tanpa menggunakan ZA
- Periksa ke-0 : Jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* pada pemeriksaan ke-0 yang dilakukan jam ke-0 setelah pencampuran bakteri *A. xylinum* dalam medium air kelapa pada sampel kontrol dan eksperimen 9 tabung reaksi.
- Periksa ke-1 : Jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* pada pemeriksaan ke-1 yang dilakukan jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₂₊, K₂₋, E_{15.2+}, E_{15.2-}, E_{30.2+}, E_{30.2-}, E_{45.2+}, E_{45.2-}, E_{60.2+}, dan E_{60.2-}.
- Periksa ke-2 : Jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* pada pemeriksaan ke-2 yang dilakukan jam ke-96 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₄₊, K₄₋, E_{15.4+}, E_{15.4-}, E_{30.4+}, E_{30.4-}, E_{45.4+}, E_{45.4-}, E_{60.4+}, dan E_{60.4-}.
- Periksa ke-3 : Jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* pada pemeriksaan ke-3 yang dilakukan jam ke-120 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₅₊, K₅₋, E_{15.5+}, E_{15.5-}, E_{30.5+}, E_{30.5-}, E_{45.5+}, E_{45.5-}, E_{60.5+}, dan E_{60.5-}.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

Lama paparan medan magnet ELF, lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.

- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH starter *nata de coco*.

3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Secara operasional variabel penelitian ini sebagai berikut.

- a. Medan magnet ELF

- 1) Medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) adalah spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki rentang frekuensi kurang dari 300 Hz. Pada penelitian ini alat yang digunakan memiliki frekuensi paparan 50 Hz.
 - 2) Intensitas medan magnet yang digunakan 100 μ T .
 - 3) Lama paparan medan magnet ELF, lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Telah dipertimbangkan sesuai hasil penelitian sebelumnya.
- b. Proses fermentasi yang berlangsung selama proses inkubasi (pembelahan sel bakteri *A. xylinum*) adalah proses pembuatan starter *nata de coco*.
 - c. Jumlah bakteri *A. xylinum* yang dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*) yaitu bakteri biakan pada starter pada kelompok eksperimen setelah dipapar medan magnet dengan intensitas 100 μ T dan kelompok kontrol setelah dipapar medan magnet alamiah.
 - d. pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan tingkat keasaman starter bakteri *A. xylinum* yang akan digunakan dalam pembuatan *nata de coco*.

3.4 Populasi dan Sampel penelitian

3.4.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah seluruh subjek penelitian. Populasi pada penelitian ini adalah campuran dari 1,5 liter air kelapa yang telah diramu (dimasak menggunakan 500 gram gula, \pm 30 mL asam cuka) dan inokulum (volume induk isolat bakteri yang telah diremajakan) *A. xylinum* 150 mL yang didapatkan dari Teknik Pertanian Agroteknologi Yogyakarta. Populasi pada penelitian ini menggunakan dua ramuan air kelapa yaitu dengan menggunakan \pm 3 gram pupuk ZA dan ada yang tidak menggunakan ZA. Jadi air kelapa yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 3 liter. Untuk ZA yang digunakan adalah ZA yaitu pupuk ZA yang biasa digunakan dalam produksi nata de coco. Penggunaan ZA tidak boleh lebih dari 5 gram setiap liter air kelapa.

3.4.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini sebanyak 99 tabung reaksi yang berisi campuran inokulum bakteri *A. xylinum* dan air kelapa yang telah diramu. Sampel yang terbagi ke dalam 10 perlakuan sesuai penjelasan gambar 3.1

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut,

- a. Sumber ELF *magnetic field* (berupa CT (*Current Transformer*),
- b. *EMF Tester*,
- c. Mikroskop,
- d. Hemositometer,
- e. pH meter,
- f. Gelas ukur 50 mL, 100 mL, dan 500 mL,
- g. Tabung reaksi,
- h. Bunsen,
- i. *Micropipette* ukuran 20 μL , 100 μL , dan 1000 μL ,
- j. *Vortex mixer*,
- k. Timbangan analitik,
- l. Tabung erlenmeyer ukuran 50 mL, 100 mL, dan 500 mL,
- m. Botol scott ukuran 1 L,
- n. Botol semprot alkohol dan aquades,
- o. Tip kuning dan biru,
- p. Ependrop , dan
- q. *Sterofom*

3.4.3 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut

- a. Isolat cair bakteri *A.xylinum* didapatkan dari teknik pertanian Yogyakarta,
- b. Air kelapa yang telah diramu dengan volume total 3 liter (dibuat di SMK 5 Jember),
- c. Koran,

- d. Karet gelang,
- e. Aquades,
- f. Alkohol,
- g. Pupuk ZA
- h. Kapas, dan
- i. Tisu.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* maka harus dilakukan persiapan yang matang terutama bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu isolat bakteri cair *A. xylinum* yang didapat dari Teknik Pertanian Agroteknologi Yogyakarta dan air kelapa yang telah diramu (dilakukan di SMK N 5 Jember) dan sterilisasi alat-alat yang akan digunakan.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam persiapan membuat proses pembuatan starter *nata de coco* adalah melakukan sterilisasi alat-alat yang akan digunakan serta menghitung jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH sebagai kontrol pertama jumlah bakteri *A. xylinum* serta pH medium sebelum dan setelah dicampurkan (diinokulasikan) yang akan dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Universitas Jember. Tahap pembuatan medium untuk perkembangbiakan *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco* yaitu,

- 1) Menyaring air kelapa sebanyak 1,5 liter dengan menggunakan saringan diameter 20 cm agar benar-benar bersih,
- 2) Memasak air kelapa yang telah bersih sampai mendidih,
- 3) Memasukkan 500 gram gula dan 3 gram pupuk ZA (*Zwavelzure Amoniak*),,
- 4) Menambahkan asam asetat sebanyak ± 30 mL, hingga pH ramuan air kelapa menjadi $\pm 4,3$,
- 5) Menuangkan bahan ramuan air kelapa ke dalam botol kaca steril,

- 6) Melakukan pendinginan hingga mencapai suhu ruang yaitu 28 – 32 °C (± 7 jam),
- 7) Memasukkan inokulum bakteri *A. xylinum* 10 % dari volume air kelapa ke dalam setiap botol,
- 8) Menutup dengan kertas koran dan ikat dengan karet yang telah disterilisasi.

3.6.2 Tahap Penentuan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 99 tabung reaksi yang berisi bahan-bahan pembuatan starter *nata de coco*, dalam setiap tabung berisi 10 mL campuran inokulum bakteri *A. xylinum* dengan ramuan air kelapa. Sampel dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu sampel untuk kelompok kontrol dan sampel kelompok eksperimen. Sampel diambil dari populasi yang memiliki perlakuan positif (tanpa menggunakan ZA) dan negatif (dengan menggunakan ZA), sampel ditentukan secara acak. Dalam penelitian ini digunakan 27 tabung reaksi untuk kelompok kontrol, 72 tabung reaksi untuk kelompok eksperimen dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Untuk pembagian desain terdiri dari 10 perlakuan dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.6.3 Tahap Uji Pendahuluan

Tahap uji pendahuluan ini dilakukan untuk menguji waktu saat paparan yaitu saat fase eksponensial (pada 1-5 hari setelah inokulasi serta pertumbuhan paling pesat pada hari ke-2) dan menentukan berapa intensitas dan lama paparan yang tepat untuk diuji (dilakukan perlakuan terhadap objek yang akan diteliti) yang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu membantu proses pertumbuhan bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*. Pada tahap uji pendahuluan ini dilakukan melihat fase perkembangan bakteri *A. xylinum* yaitu saat jam ke-0, 12, 24, 36, 24, 36, dan 48. Hasil uji pendahuluan bahwa bakteri *A. xylinum* mengalami perkembangan yang sangat pesat saat jam ke-36 dan 48, hal ini sesuai dengan teori bahwa fase eksponensial terjadi mulai jam ke-24. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan saat paparan medan magnet yaitu pada jam ke-24, untuk hasil data perkembangan bakteri *A. xylinum* pada medium air kelapa,

gula, dengan menggunakan ZA, dan tanpa menggunakan ZA pada tabel 2.4. selain itu dilakukan penelitian dengan menggunakan desain yang dapat dilihat pada tabel 2.5 dan hasil penelitian pada tabel 2.5. Hasil Tahap uji pendahuluan ini dengan menggunakan intensitas medan magnet 100 μT dan 300 μT dan lama paparan 5 menit dan 45 menit yaitu dari kedua intensitas dan lama paparan serta medium dengan menggunakan ZA dan tanpa menggunakan ZA jika dibandingkan dengan kontrol jumlah bakteri *A. xylinum* lebih banyak, namun potensi menumbuhkan bakteri lebih efektif pada intensitas 100 μT . Sehingga pada penelitian ini digunakan intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.

3.6.4 Tahap Perlakuan

Tahap perlakuan untuk kelompok eksperimen yaitu dengan memaparkan starter *nata de coco* pada medan magnet ELF 100 μT setelah 1 hari inokulasi (jam ke-24), karena pada hari 1-5 adalah fase eksponensial bakteri *A. xylinum*. Sedangkan untuk kelompok kontrol di paparkan secara alamiah yaitu di tempat terbuka tanpa sinar matahari.

Teknik perlakuan dalam penelitian pada kelompok eksperimen dengan dua varian perlakuan yaitu mengubah variabel intensitas paparan medan magnet dan durasi waktu (lama paparan), sebagai berikut:

- a. input sumber tegangan PLN 220 Vol dan frekuensi 50 Hz
- b. intensitas (I) paparan: intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 100 μT .
- c. durasi (lama paparan) paparan: durasi paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini antara lain 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit

Adapun alat sumber paparan medan magnet ELF seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat *Current Transformer*

Sumber: Dokumen pribadi, 2015

Prosedur pengoperasian alat medan magnet ELF *Current Transformer Electromagnetic Fields Sources*, sebagai berikut:

- a. Menghidupkan MCB 2P 50A (terdapat dalam panel), bila tegangan telah terhubung, pilot lampu akan menyala.
- b. Memastikan output tegangan slide voltage regulator adalah nol, dengan memutar knob putar berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga knob putar tak dapat diputar lagi.
- c. Menekan push button (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Bila knob putar pada no.b belum diputar sampai posisi nol maka kontaktor tidak akan On (menyala) dan peralatan belum dapat digunakan.
- d. Memutar knob putar searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran medan magnet dengan besar yang diinginkan yang dibantu dengan alat EMF Tester
- e. Menekan push button (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Pada penelitian ini juga digunakan alat *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) untuk memastikan besar medan magnet ELF yang digunakan, berikut ini adalah gambar *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester). Alat EMF Tester dapat dilihat seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alat *EMF Tester*

Sumber: Mitra laser, 2014

Prosedur penggunaan alat *EMF Tester* sebagai berikut:

- a. Memposisikan off/range switch ke range yang sesuai. Mulailah dari range tertinggi dan tunggu hingga nilai terukur stabil lalu gantilah ke range yang diinginkan. Elektromagnetik merupakan interferensi dari lingkungan, maka layar akan menunjukkan nilai terkecil sebelum pengukuran, misalnya mencapai $0,05\mu\text{T}$. Hal ini bukanlah malfungsi alat.
- b. Memegang probe sensor, lalu cobalah untuk mendekatkan kepala sensor ke objek yang akan diukur sehingga tersentuh secara fisis. Perhatikan bagaimana intensitas medan bertambah ketika kamu mendekatkan kearah objek.
- c. Memposisikan kepala sensor disudut yang berbeda terhadap objek yang akan diukur dan lihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran.
- d. Mencoba pendekatan sudut yang berbeda, catatlah hasil pengukuran yang tertera pada layar. Jika objek yang diukur mati selama pengukuran mendekati nol, jika tidak artinya ada Elektromagnetik lain yang terdeteksi. Alat ukur didesain untuk membaca pada satuan μT . Tetapi dapat pula mengukur dalam satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.

3.6.5 Uji Jumlah Bakteri

Uji Jumlah Bakteri merupakan suatu kegiatan untuk mengetahui Jumlah Bakteri pada starter *nata de coco* setelah diberi perlakuan (setelah dipaparkan pada medan magnet), Uji Jumlah Bakteri juga dilakukan pada starter *nata de coco* kelompok kontrol. Adapun prosedur untuk melakukan perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* dengan metode TPC (*Total Plate Count*) sebagai berikut.

- a. Mencampur terlebih dahulu starter *nata de coco* yang telah jadi dengan menggunakan *vortex mixer*,
- b. Menyediakan 9 tabung reaksi yang berisi 9 mL aquades (jumlah tabung reaksi disesuaikan dengan pengenceran yang akan dilakukan)
- c. Mengambil 1 mL starter *nata de coco* dengan menggunakan *micropipette* dan menuangkan pada 9 mL larutan aquades pada tabung reaksi pertama. Tahap ini disebut tahap pengenceran pertama atau 10^{-1}
- d. Mengambil 1 mL larutan bakteri *A. xylinum* pada tahap pengenceran pertama dan menuangkannya pada 9 mL larutan aquades pada tabung reaksi kedua. Tahap ini disebut tahap pengenceran ke-2 atau 10^{-2}
- e. Melakukan langkah pengenceran sampai pengenceran ke-9 atau 10^{-9}
- f. Mengambil 1 mL starter *nata de coco* yang telah diencerkan tahap pertama sampai tahap ke-9 dan meletakkannya pada cawan petri.
- g. Menghitung jumlah bakteri dengan bantuan mikroskop.

Hasil dari perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu dilakukan pada hari ke-2 (2 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.1, hari ke 4 (4 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.2 , dan hari ke-5 (5 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.3.

Tabel 3.1 Data jumlah bakteri *A. xylinum* starter *nata de coco* pemeriksaan hari ke-2, ke-4, dan ke-5

kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Jumlah rata-rata bakteri (Sel/ml)	kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Jumlah rata-rata bakteri (Sel/ml)	Kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Jumlah rata-rata bakteri (Sel/ml)
K _{2,+}	_____	_____	K _{4,+}	_____	_____	K _{5,+}	_____	_____
K _{2,-}	_____	_____	K _{4,-}	_____	_____	K _{5,-}	_____	_____
E _{15,2+}	_____	_____	E _{15,4+}	_____	_____	E _{15,5+}	_____	_____
E _{15,2-}	_____	_____	E _{15,4-}	_____	_____	E _{15,5-}	_____	_____
E _{30,2+}	_____	_____	E _{30,4+}	_____	_____	E _{30,5+}	_____	_____
E _{30,2-}	_____	_____	E _{30,4-}	_____	_____	E _{30,5-}	_____	_____
E _{45,2+}	_____	_____	E _{45,4+}	_____	_____	E _{45,5+}	_____	_____
E _{45,2-}	_____	_____	E _{45,4-}	_____	_____	E _{45,5-}	_____	_____
E _{60,2+}	_____	_____	E _{60,4+}	_____	_____	E _{60,5+}	_____	_____
E _{60,2-}	_____	_____	E _{60,4-}	_____	_____	E _{60,5-}	_____	_____

Keterangan:

- K_{2,+} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok kontrol pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- K_{2,-} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok kontrol pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{15,2+} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 15 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{15,2-} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama

- paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 15 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{30.2+} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 30 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{30.2-} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 30 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{45.2+} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 45 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{45.2-} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 45 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{60.2+} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 60 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{60.2-} : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 60 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- Tanda ₄₊ : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen pada pemeriksaan ke-2 yang dilakukan jam ke-96 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₄₊, K₄₋, E_{15.4+}, E_{15.4-}, E_{30.4+}, E_{30.4-}, E_{45.4+}, E_{45.4-}, E_{60.4+}, dan E_{60.4-}.
- Tanda ₅₊ : Jumlah bakteri *A. xylinum* kelompok eksperimen pada pemeriksaan ke-3 yang dilakukan jam ke-120 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₅₊, K₅₋, E_{15.5+}, E_{15.5-}, E_{30.5+}, E_{30.5-}, E_{45.5+}, E_{45.5-}, E_{60.5+}, dan E_{60.5-}.

3.6.6 Uji Derajat Keasaman (pH)

Adapun cara untuk menguji derajat keasaman starter *nata de coco* yaitu menggunakan pH meter. Untuk menguji derajat keasaman (pH) dengan mencelupkan pH meter ke dalam starter *nata de coco* yang telah siap diuji derajat keasamannya (pH) dan nilai pH starter *nata de coco* dapat dibaca langsung pada alat pH meter.

Hasil dari pengukuran pH dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu dilakukan pada hari ke-2 (2 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.4, hari ke 4 (4 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.5, dan hari ke-5 (5 x 24 jam) setelah inokulasi dicatat pada tabel 3.6.

Tabel 3.4 Data hasil pH (derajat keasaman) pada pemeriksaan hari ke-2, ke-4, dan ke-5

kode	Derajat keasaman (pH)	Jumlah rata-rata pH	kode	Derajat keasaman (pH)	Jumlah rata-rata pH	Kode	Derajat keasaman (pH)	Jumlah rata-rata pH
K _{2,+}	_____	_____	K _{4,+}	_____	_____	K _{5,+}	_____	_____
K _{2,-}	_____	_____	K _{4,-}	_____	_____	K _{5,-}	_____	_____
E _{15.2+}	_____	_____	E _{15.4+}	_____	_____	E _{15.5+}	_____	_____
E _{15.2-}	_____	_____	E _{15.4-}	_____	_____	E _{15.5-}	_____	_____
E _{30.2+}	_____	_____	E _{30.4+}	_____	_____	E _{30.5+}	_____	_____
E _{30.2-}	_____	_____	E _{30.4-}	_____	_____	E _{30.5-}	_____	_____
E _{45.2+}	_____	_____	E _{45.4+}	_____	_____	E _{45.5+}	_____	_____
E _{45.2-}	_____	_____	E _{45.4-}	_____	_____	E _{45.5-}	_____	_____
E _{60.2+}	_____	_____	E _{60.4+}	_____	_____	E _{60.5+}	_____	_____
E _{60.2-}	_____	_____	E _{60.4-}	_____	_____	E _{60.5-}	_____	_____

Keterangan:

- K_{2.+} : pH starter *nata de coco* kelompok kontrol pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- K_{2.-} : pH starter *nata de coco* kelompok kontrol pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{15.2+} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 15 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{15.2-} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 15 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{30.2+} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 30 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{30.2-} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 30 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{45.2+} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 45 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{45.2-} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 45 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- E_{60.2+} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 60 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) dengan menggunakan ZA.
- E_{60.2-} : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T selama 60 menit pada jam ke-48 (hari ke-2 setelah inokulasi) tanpa menggunakan ZA.
- Tanda₄₊ : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen pada pemeriksaan ke-2 yang dilakukan jam ke-96 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada

kelompok K₄₊, K₄₋, E_{15.4+}, E_{15.4-}, E_{30.4+}, E_{30.4-}, E_{45.4+}, E_{45.4-}, E_{60.4+}, dan E_{60.4-}.

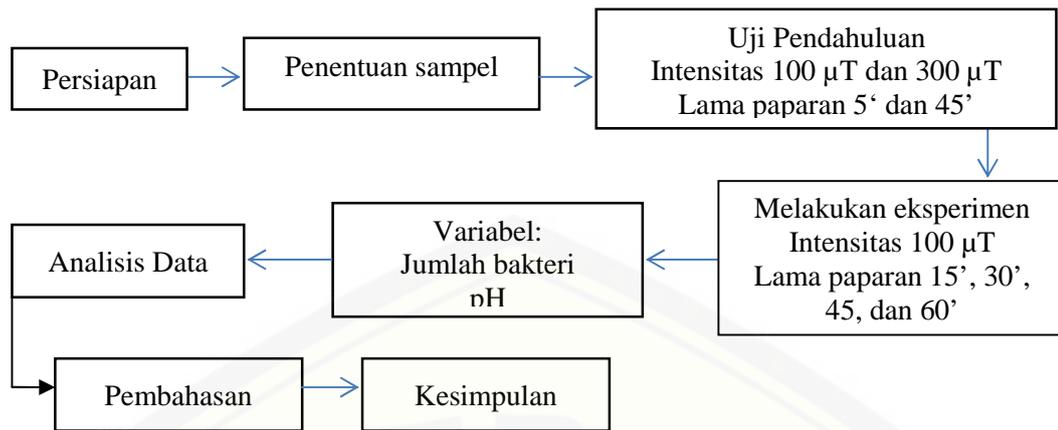
Tanda ₅₊ : pH starter *nata de coco* kelompok eksperimen pada pemeriksaan ke-3 yang dilakukan jam ke-120 (hari ke-4 setelah inokulasi) yaitu pada kelompok K₅₊, K₅₋, E_{15.5+}, E_{15.5-}, E_{30.5+}, E_{30.5-}, E_{45.5+}, E_{45.5-}, E_{60.5+}, dan E_{60.5-}.

3.6.7 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Melakukan persiapan.
- b. Menentukan sampel penelitian, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan teknik *random sampling*.
- c. Melakukan uji pendahuluan untuk menentukan intensitas dan waktu paparan yang tepat untuk melakukan eksperimen
- d. Melakukan eksperimen dengan memberikan stimulus terhadap kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet sesuai dengan dosis paparan medan magnet yang didapatkan dari uji pendahuluan. Dalam tahap ini dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap proses pembuatan starter *nata de coco* berupa paparan medan magnet ELF dengan menggunakan *Current Transformer*. Paparan medan magnet yang digunakan yaitu 100 μ T dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Sedangkan untuk starter *nata de coco* kontrol tanpa diberi stimulus yaitu dipaparkan secara alami tanpa paparan medan magnet ELF.
- e. Melakukan uji jumlah bakteri dan derajat keasaman (pH) pada starter *nata de coco* pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.
- f. Menganalisis data hasil dari uji jumlah bakteri dan derajat keasaman (pH) secara klasikal.
- g. Membuat pembahasan dari hasil analisa data.
- h. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Untuk lebih jelas alur penelitian dapat dilihat dalam alur penelitian seperti pada Gambar 3.4.



Gambar.3.4 Bagan Tahap Penelitian

3.7 Metode Analisis Data

3.7.1 Analisis Data Jumlah Bakteri

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri pada proses pembuatan starter *nata de coco* adalah menggunakan analisis statistik deskriptif. Statistik deskriptif adalah bagian dari statistik yang mempelajari cara pengumpulan dan penyajian data sehingga mudah dipahami. Statistik deskriptif hanya berhubungan dengan menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu keadaan atau fenomena. Dengan kata lain, statistik deskriptif hanya berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Penarikan kesimpulan pada statistik deskriptif (jika ada) hanya ditunjukkan pada kumpulan data yang ada (Hasan, 2010: 2).

3.7.2 Analisis Data pH starter *nata de coco*

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* adalah menggunakan analisis statistik deskriptif. Statistik deskriptif hanya berhubungan dengan menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu keadaan. Dengan kata lain, statistik deskriptif hanya berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Penarikan kesimpulan pada statistik deskriptif (jika ada) hanya ditunjukkan pada kumpulan data yang ada (Hasan, 2010: 2).

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* dan pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* didapatkan dua variabel data yaitu jumlah *A. xylinum* dan pH starter *nata de coco*. Pada penelitian ini dilakukan empat kali pemeriksaan yaitu pada hari ke-0, hari ke-2, ke-4, dan ke-5. Data hasil penelitian jumlah bakteri *A. xylinum* pada ke-0 dapat dilihat pada tabel 4.1, Data hasil penelitian jumlah bakteri *A. xylinum* pada hari ke-2, ke-4, dan ke-5 dapat dilihat pada tabel 4.2, data hasil penelitian pH sterter *nata de coco* pada hari ke-0 dapat dilihat pada tabel 4.3, dan data hasil penelitian pH sterter *nata de coco* pada hari ke-2, ke-4, dan ke-5 dapat dilihat pada tabel 4.4. Data berupa tabel jumlah bakteri pada hari ke-0, hari ke-2, ke-4, dan ke-5 dapat diperjelas dengan menggunakan diagram logaritmik hasil logaritma dari jumlah bakteri, dapat dilihat pada gambar 4.1 untuk medium +ZA, dan gambar 4.2 untuk medium -ZA. Data berupa tabel pH starter *nata de coco* pada hari ke-0, hari ke-2, ke-4, dan ke-5 dapat diperjelas dengan menggunakan diagram logaritmik, dapat dilihat pada gambar 4.3 untuk medium +ZA, dan gambar 4.4 untuk medium -ZA.

Tabel 4.1 Data pengamatan jumlah bakteri *A. xylinum* pada periksa hari ke-0

Kode	Jumlah bakteri (Sel/mL)	Rata-rata jumlah babkteri (Sel/mL)	Kode	Jumlah bakteri (Sel/mL)	Rata-rata jumlah bakteri (Sel/mL)
	$2,60 \times 10^{10}$			$2,85 \times 10^{10}$	
+ZA ₀	$\frac{2,90 \times 10^{10}}{3,00 \times 10^{10}}$	$2,80 \times 10^{10}$	-ZA ₀	$\frac{2,85 \times 10^{10}}{2,55 \times 10^{10}}$	$2,75 \times 10^{10}$

Keterangan :

+ZA = Sampel penelitian pada medium dengan penambahan ZA

-ZA = Sampel penelitian pada medium tanpa penambahan ZA

Tabel 4.2 Data Jumlah Bakteri *A. xylinum* pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.

Kode (pemeriksaan hari ke-2)	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Kode (pemeriksaan hari ke-4)	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Kode (pemeriksaan hari ke-5)	Jumlah bakteri (Sel/ml)
K _{2,+}	1,5x10 ¹⁶	K _{4,+}	1,65x10 ¹⁸	K _{5,+}	1,95x10 ¹⁹
E _{15.2+}	1,8x10 ¹⁶	E _{15.4+}	1,9x10 ¹⁸	E _{15.5+}	2,4x10 ¹⁹
E _{30.2+}	4,2x10 ¹⁶	E _{30.4+}	2,7x10 ¹⁸	E _{30.5+}	3,3x10 ¹⁹
E _{45.2+}	3,6x10 ¹⁶	E _{45.4+}	2,1x10 ¹⁸	E _{45.5+}	3,0x10 ¹⁹
E _{60.2+}	1,05x10 ¹⁶	E _{60.4+}	1,05x10 ¹⁸	E _{60.5+}	1,5x10 ¹⁹
K _{2,-}	1,35x10 ¹⁶	K _{4,-}	1,2x10 ¹⁸	K _{5,-}	1,8x10 ¹⁹
E _{15.2-}	2,4x10 ¹⁶	E _{15.4-}	2,1x10 ¹⁸	E _{15.5-}	2,7x10 ¹⁹
E _{30.2-}	3,6x10 ¹⁶	E _{30.4-}	2,4x10 ¹⁸	E _{30.5-}	3,0x10 ¹⁹
E _{45.2-}	6,0x10 ¹⁶	E _{45.4-}	3,75x10 ¹⁸	E _{45.5-}	4,35x10 ¹⁹
E _{60.2-}	1,60x10 ¹⁶	E _{60.4-}	1,8x10 ¹⁸	E _{60.5-}	2,1x10 ¹⁹

Keterangan :

K_{2,+}, K_{4,+}, dan K_{5,+} = Sampel kontrol hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium dengan penambahan ZA.

E_{15.2+}, E_{15.4+}, dan E_{15.5+} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 15 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium dengan penambahan ZA.

E_{30.2+}, E_{30.4+}, dan E_{30.5+} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 30 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium dengan penambahan ZA.

E_{45.2+}, E_{45.4+}, dan E_{45.5+} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 45 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium dengan penambahan ZA.

E_{60.2+}, E_{60.4+}, dan E_{60.5+} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 60 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium dengan penambahan ZA.

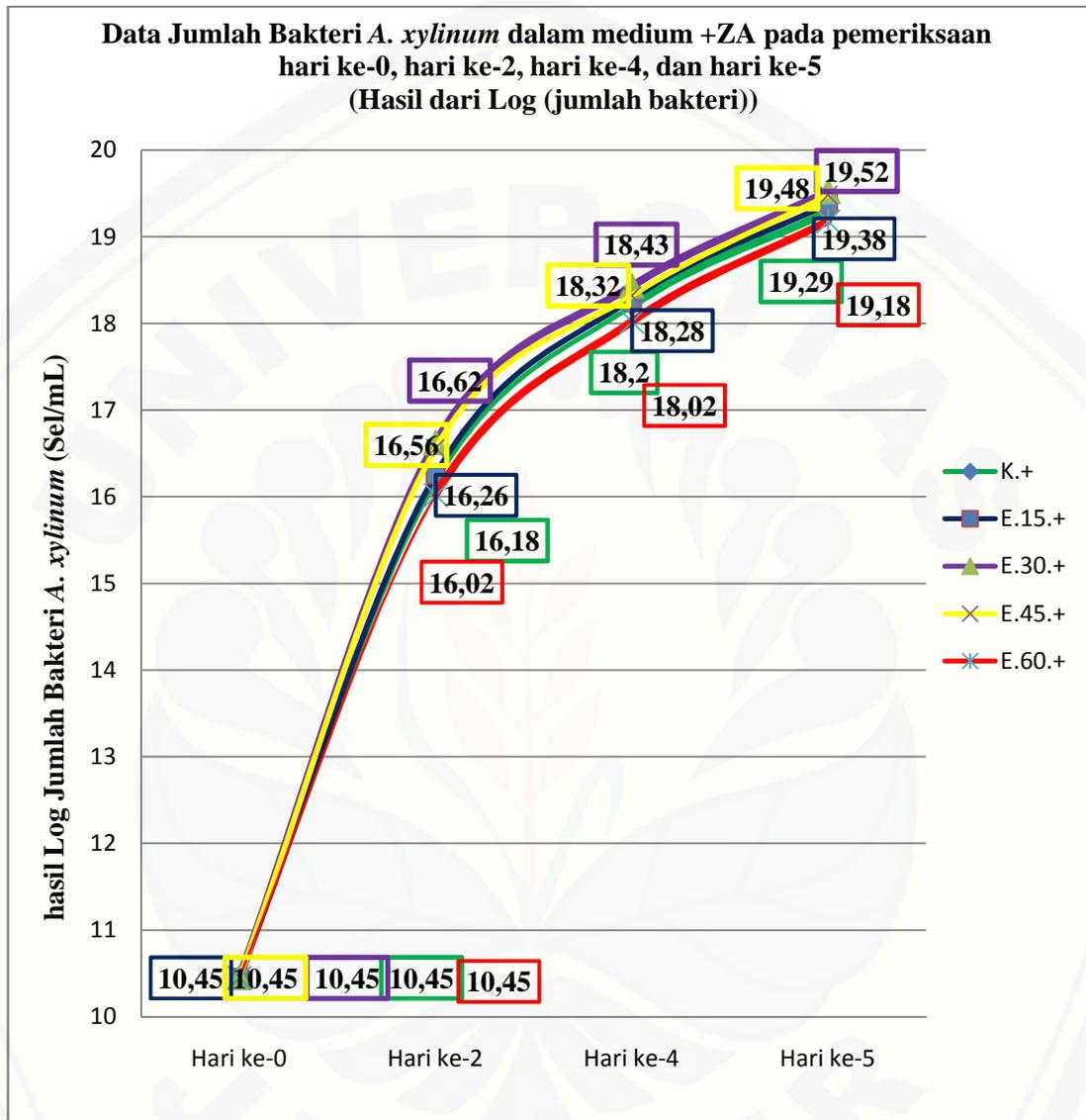
K_{2,-}, K_{4,-}, dan K_{5,-} = Sampel kontrol hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium tanpa penambahan ZA.

E_{15.2-}, E_{15.4-}, dan E_{15.5-} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 15 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium tanpa penambahan ZA.

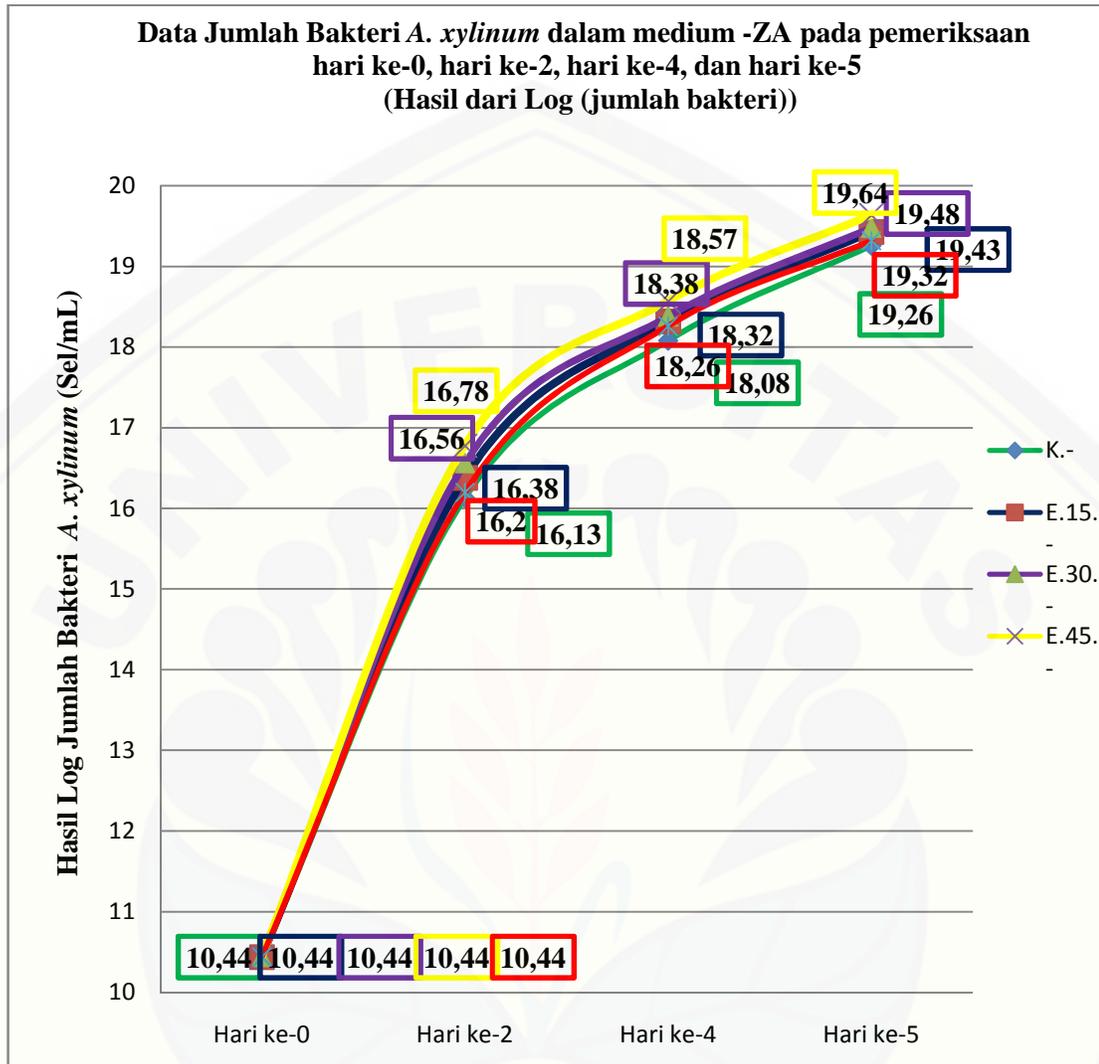
E_{30.2-}, E_{30.4-}, dan E_{30.5-} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 30 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium tanpa penambahan ZA.

E_{45.2-}, E_{45.4-}, dan E_{45.5-} = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 45 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium tanpa penambahan ZA.

$E_{60.2-}$, $E_{60.4-}$, dan $E_{60.5-}$ = Sampel Eksperimen dengan lama paparan 60 menit hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium tanpa penambahan ZA.



Gambar 4.1 Diagram jumlah bakteri *A. xylinum* pada medium +ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 (Hasil dari Log (jumlah bakteri)) dibanding kelompok kontrol.



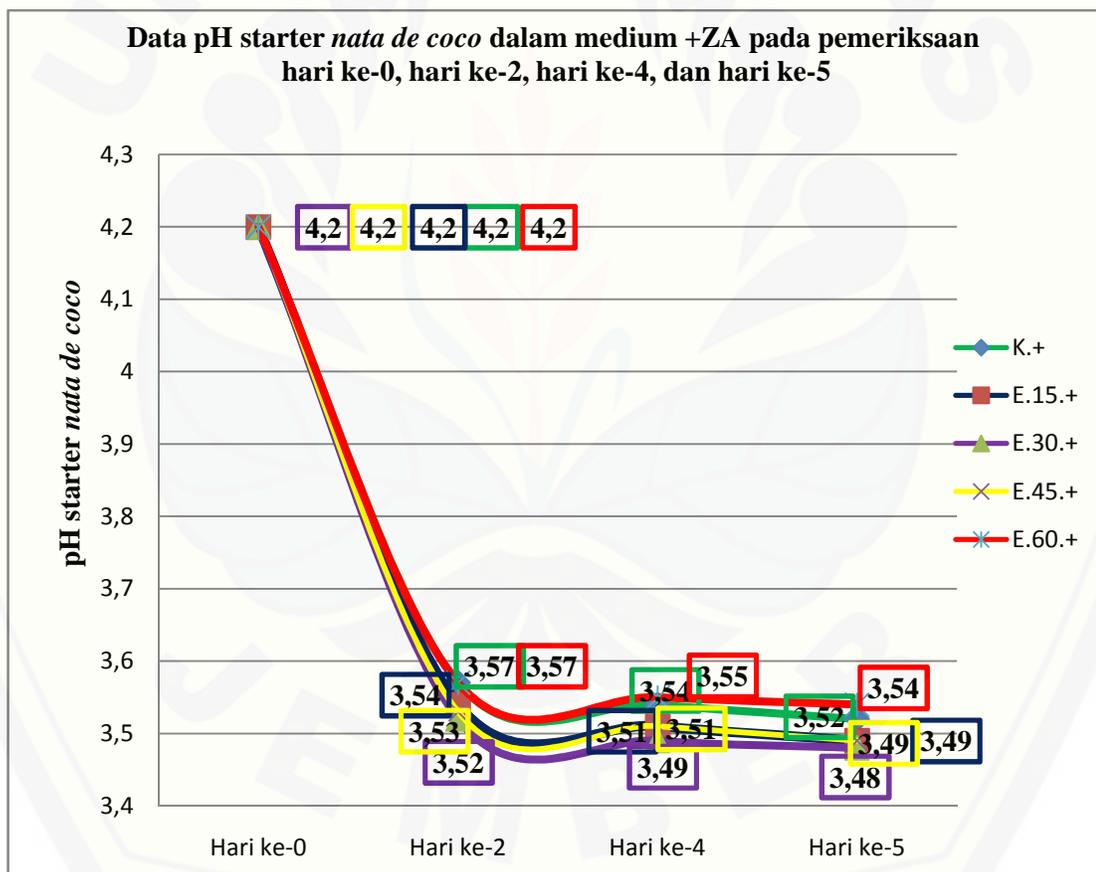
Gambar 4.2 Diagram jumlah bakteri *A. xylinum* pada medium -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 (Hasil dari Log (jumlah bakteri)) dibanding kelompok kontrol.

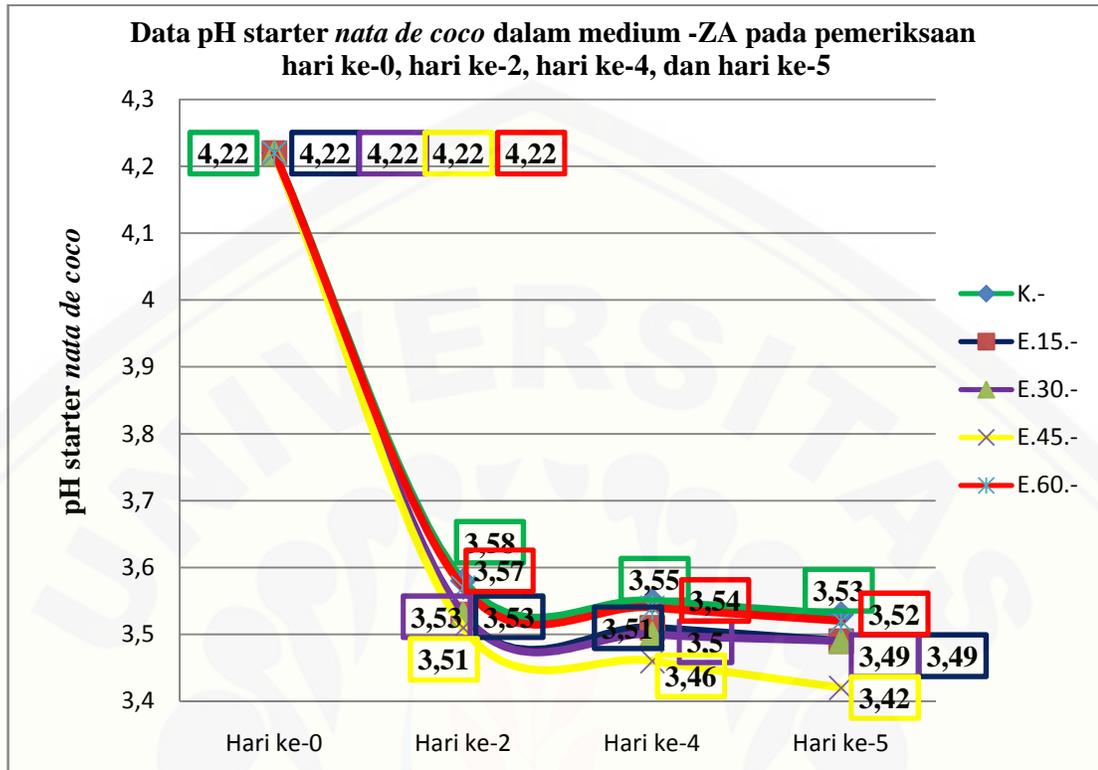
Tabel 4.3 Data pengamatan pada periksa hari ke-0 pH medium dan inokulum bakteri *A. xylinum*

Kode	pH	Rata-rata pH	Kode	pH	Rata-rata pH	Kode	pH	Rata-rata pH
	4,15			4,24			3,21	
+ZA ₀	4,05	4,20	-ZA ₀	4,14	4,22	Inokulum	3,31	3,26
	4,20			4,27			3,27	

Tabel 4.4 Data pH starter *nata de coco* pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.

Kode	pH starter <i>nata de coco</i>	Kode	pH starter <i>nata de coco</i>	Kode	pH starter <i>nata de coco</i>
K _{2,+}	3,57	K _{4,+}	3,54	K _{5,+}	3,52
E _{15,2+}	3,54	E _{15,4+}	3,51	E _{15,5+}	3,49
E _{30,2+}	3,52	E _{30,4+}	3,49	E _{30,5+}	3,48
E _{45,2+}	3,53	E _{45,4+}	3,51	E _{45,5+}	3,49
E _{60,2+}	3,57	E _{60,4+}	3,55	E _{60,5+}	3,54
K _{2,-}	3,58	K _{4,-}	3,55	K _{5,-}	3,53
E _{15,2-}	3,53	E _{15,4-}	3,51	E _{15,5-}	3,49
E _{30,2-}	3,53	E _{30,4-}	3,50	E _{30,5-}	3,49
E _{45,2-}	3,51	E _{45,4-}	3,46	E _{45,5-}	3,42
E _{60,2-}	3,57	E _{60,4-}	3,54	E _{60,5-}	3,52

Gambar 4.3 Diagram pH starter *nata de coco* pada medium +ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol.



Gambar 4.4 Diagram pH starter nata de coco pada pada medium -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibanding kelompok kontrol.

4.1 Analisis Data

4.1.1 Analisis Jumlah Bakteri *A. xylinum*

Perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Jember dengan menggunakan bantuan mikroskop perbesaran 40 kali. Perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* dilakukan empat kali pemeriksaan yaitu pada pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 baik kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Data hasil perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* pada pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibandingkan kelompok kontrol pada medium +ZA dan -ZA tersaji pada Tabel 4.1, dan dapat diperjelas melalui diagram logaritmik hasil dari logaritma data jumlah bakteri, pada gambar 4.1 untuk medium +ZA, pada

gambar 4.2 untuk medium -ZA, dan perbandingan jumlah bakteri *A.xylinum* pada medium +ZA dengan -ZA tersaji pada gambar 4.5.

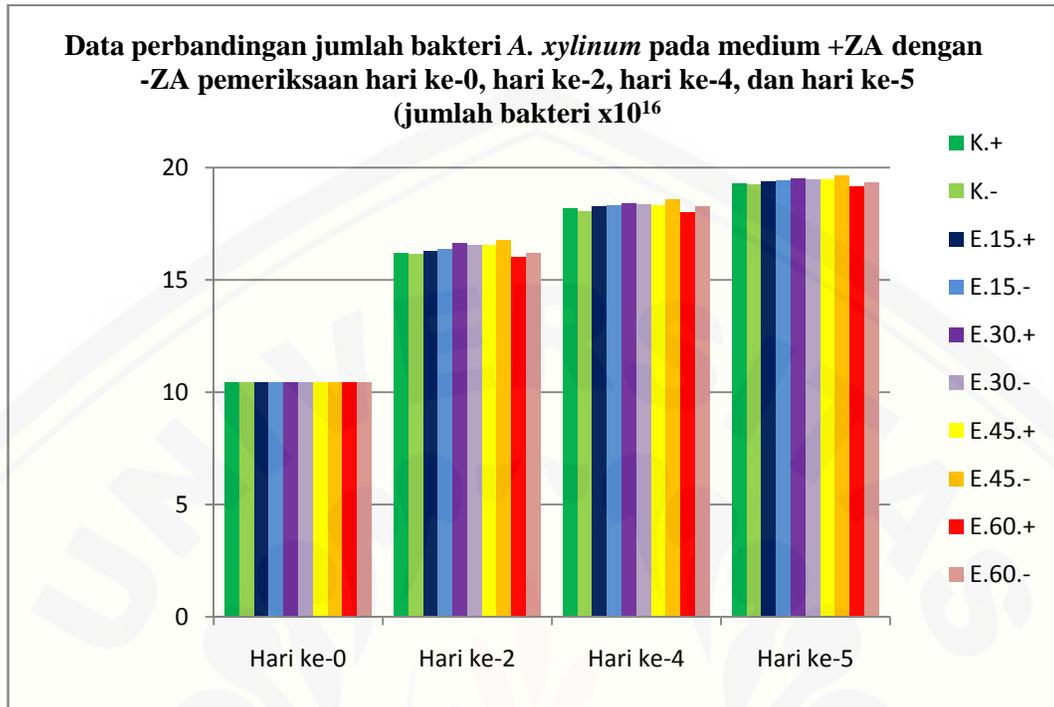
Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 dapat diinformasikan bahwa jumlah bakteri *A. xylinum* pada pemeriksaan hari ke-0 dalam medium +ZA (medium yang ditambah dengan ZA) berjumlah 280×10^8 sel/ml, pemeriksaan pada hari ke-0 bertujuan untuk mengetahui bahwa sampel dalam keadaan homogen sebelum diberi perlakuan. Hasil pemeriksaan hari ke-2 (jam ke-48 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol (kelompok sampel tanpa dipapar medan magnet ELF) dalam medium +ZA dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,5 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,3 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $1,8 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $2,7 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu $4,2 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $2,1 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu $3,6 \times 10^{16}$ sel/mL, dan mengalami penurunan jumlah bakteri sebesar $0,45 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $1,05 \times 10^{16}$ sel/mL. Hasil pemeriksaan hari ke-4 (jam ke-96 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol +ZA dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,65 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,25 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $1,9 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,05 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu $2,7 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,45 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu $2,1 \times 10^{18}$ sel/mL, dan mengalami penurunan jumlah bakteri sebesar $0,6 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $1,05 \times 10^{18}$ sel/mL. Hasil pemeriksaan hari ke-5 (jam ke-120 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol +ZA dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,95 \times 10^{19}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,45 \times 10^{19}$ sel/mL

pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $2,4 \times 10^{19}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,35 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu $3,3 \times 10^{19}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,05 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3×10^{19} sel/mL, dan mengalami penurunan jumlah bakteri sebesar $0,45 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $1,5 \times 10^{19}$ sel/mL.

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 dapat diinformasikan bahwa jumlah bakteri *A. xylinum* pada pemeriksaan hari ke-0 dalam medium -ZA (medium tanpa menggunakan ZA) berjumlah 275×10^8 sel/mL. Hasil pemeriksaan pada hari ke-2 (jam ke-48 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol -ZA dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,35 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,05 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $2,4 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $2,25 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu $3,6 \times 10^{16}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $5,65 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 6×10^{16} sel/mL, dan mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,25 \times 10^{16}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $1,6 \times 10^{16}$ sel/mL. Hasil pemeriksaan pada hari ke-4 (jam ke 96 setelah inokulasi) pada Pada kelompok kontrol -ZA dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,2 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,9 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $2,1 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,2 \times 10^{18}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu $2,4 \times 10^{18}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $2,55 \times 10^{18}$ sel/ml pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu $3,75 \times 10^{18}$ sel/mL, dan mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,6 \times 10^{18}$

sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $1,8 \times 10^{18}$ sel/ml. Hasil pemeriksaan pada hari ke-5 (jam ke 120 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol -ZA yaitu tanpa dipapar medan magnet ELF dihasilkan perhitungan dengan jumlah bakteri $1,8 \times 10^{19}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,9 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu $2,7 \times 10^{19}$ sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $1,2 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3×10^{19} sel/mL, mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $2,55 \times 10^{19}$ sel/mL pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu $4,35 \times 10^{19}$ sel/mL, dan mengalami peningkatan jumlah bakteri sebesar $0,3 \times 10^{19}$ sel/ml pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu $2,1 \times 10^{19}$ sel/mL.

Data jumlah bakteri dapat diperjelas melalui diagram logaritmik pada gambar 4.1 untuk medium +ZA, dan 4.2 untuk medium -ZA, yaitu dapat dilihat terjadi peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* paling tinggi terjadi pada hari ke-0 menuju hari ke-2, dimana pada fase ini bakteri *A. xylinum* fase eksponensial. Sedangkan pada hari ke-2 menuju hari ke-4 terjadi peningkatan yang cukup besar, dimana bakteri *A. xylinum* masih berada pada fase eksponensial. Peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* semakin menurun jika dibandingkan dari hari sebelumnya pada pemeriksaan hari ke-5, dimana pada hari ke-5 bakteri *A. xylinum* menuju pada fase stasionar yaitu fase pertumbuhan lambat.



Gambar 4.5 Data perbandingan jumlah bakteri *A. xylinum* pada medium +ZA dengan -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diinformasikan perbandingan jumlah bakteri *A. xylinum* dari medium yang berbeda yaitu medium +ZA dan -ZA dari beberapa eksperimen diantaranya paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pemeriksaan hari ke-0 sebelum perlakuan terlihat bahwa secara keseluruhan data jumlah bakteri homogen dan dapat dilakukan penelitian selanjutnya. Pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke 5 terlihat data jumlah bakteri memiliki kesamaan karakter dari setiap masing-masing perlakuan dan jumlah bakteri semakin meningkat seiring waktu sesuai dengan fase pertumbuhan pada fase eksponensial. Hasil pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke 5 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF 30 menit jumlah bakteri pada kelompok +ZA lebih banyak dibanding dengan -ZA, untuk kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF 45 menit jumlah bakteri pada kelompok +ZA lebih sedikit dibandingkan kelompok -ZA, dan untuk kelompok

eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF 60 menit jumlah bakteri pada kelompok +ZA lebih sedikit dibandingkan kelompok -ZA.

Berdasarkan informasi tersebut, dapat diperoleh kesimpulan secara keseluruhan, Pengaruh paparan medan magnet terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada medium +ZA dibandingkan kelompok kontrol memiliki dua pengaruh yaitu pengaruh positif (mengalami peningkatan jumlah bakteri) pada lama paparan medan magnet ELF 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan mengalami pengaruh negatif (penurunan jumlah bakteri) pada lama paparan medan magnet ELF 60 menit. Pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada medium -ZA dibandingkan kelompok kontrol mengalami peningkatan jumlah bakteri pada semua kelompok eksperimen, yaitu pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum*, dengan dosis efektif yang didapatkan yaitu paparan medan magnet dengan intensitas 100 μT dengan lama paparan medan magnet 30 menit pada kelompok +ZA dan lama paparan medan magnet ELF 45 menit pada kelompok -ZA.

4.1.2 Analisis pH Starter *Nata De Coco*

Pengukuran pH *starter nata de coco* dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Jember. Pengukuran pH *starter nata de coco* dilakukan empat kali pemeriksaan yaitu pada pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 baik kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Data hasil Pengukuran pH *starter nata de coco* pada pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 dibandingkan kelompok kontrol tersaji pada tabel 4.3, dan 4.4. dapat diperjelas dengan diagram logaritmik pH *starter nata de coco* pada gambar 4.3 untuk medium +ZA, untuk medium -ZA tersaji pada gambar 4.4 dan perbandingan pH *starter nata de coco* pada medium +ZA dengan -ZA tersaji pada gambar 4.6.

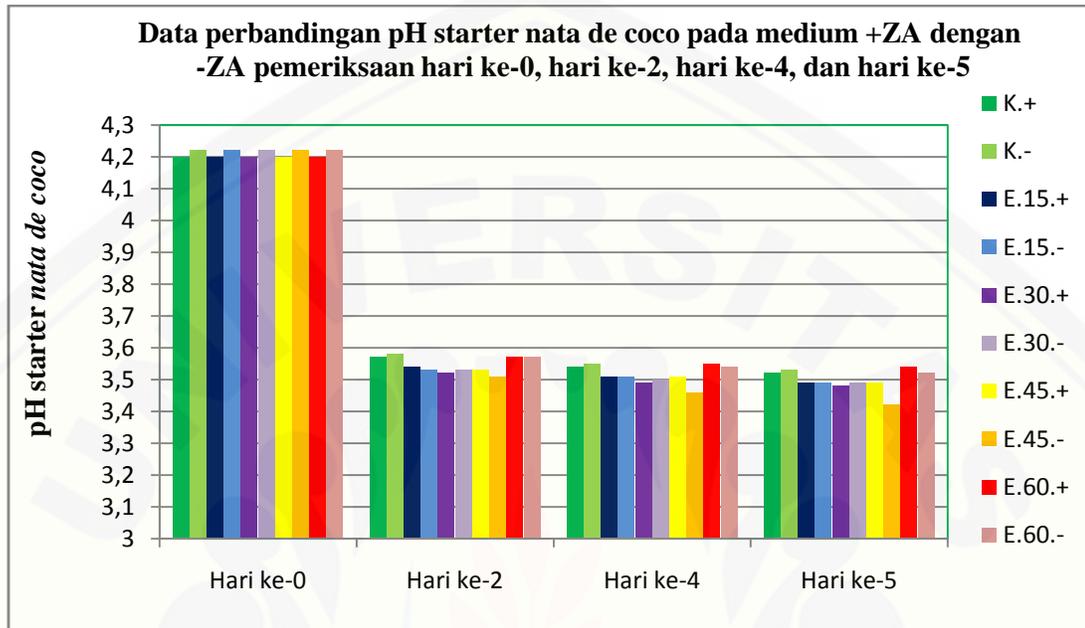
Berdasarkan tabel 4.3 dan 4.4 dapat diinformasikan bahwa pH starter *nata de coco* pada pemeriksaan hari ke-0 dalam medium +ZA yaitu 4,20. Hasil pemeriksaan pada hari ke-2 (jam ke-48 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol +ZA dihasilkan Hasil pH starter *nata de coco* sebesar 3,57, mengalami penurunan pH sebesar 0,03 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,54, mengalami penurunan pH sebesar 0,05 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,52, mengalami penurunan pH sebesar 0,04 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,53, dan tidak mengalami perubahan pH pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,57. pada pemeriksaan hari ke-4. Hasil pemeriksaan pada hari ke-4 (jam ke-96 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol +ZA dihasilkan pengukuran pH starter *nata de coco* 3,54, mengalami penurunan pH sebesar 0,03 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,51, mengalami penurunan pH sebesar 0,05 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,49, mengalami penurunan pH sebesar 0,03 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,51, dan mengalami peningkatan pH sebesar 0,01 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,55. Hasil pemeriksaan pada hari ke-5 (jam ke-120 setelah inokulasi) pada kelompok kontrol +ZA dihasilkan pH starter *nata de coco* 3,52, mengalami penurunan pH sebesar 0,03 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,49, mengalami penurunan pH sebesar 0,04 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,48, mengalami penurunan pH sebesar 0,03 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,49, dan mengalami peningkatan pH sebesar 0,02 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,54.

Berdasarkan tabel 4.3 dan 4.4 juga dapat diinformasikan bahwa pH starter *nata de coco* pada pemeriksaan hari ke-0 dalam medium -ZA yaitu 4,20. Hasil pemeriksaan pada hari ke-2 (jam ke-48 setelah inokulasi) dihasilkan pH starter *nata*

de coco 3,58, mengalami penurunan pH sebesar 0,05 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,53, mengalami penurunan pH sebesar 0,05 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,53, mengalami penurunan pH sebesar 0,07 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,51, dan mengalami penurunan pH sebesar 0,01 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,57. Hasil pemeriksaan pada hari ke-4 (jam ke-96 setelah inokulasi) dihasilkan pH starter *nata de coco* 3,55, mengalami penurunan pH sebesar 0,04 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,51, mengalami penurunan pH sebesar 0,05 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,50, mengalami penurunan pH sebesar 0,09 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,51, dan mengalami penurunan pH sebesar 0,01 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,57. Hasil pemeriksaan pada hari ke-5 (jam ke-120 setelah inokulasi) dihasilkan pH starter *nata de coco* 3,53, mengalami penurunan pH sebesar 0,04 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 15 menit yaitu 3,49, mengalami penurunan pH sebesar 0,04 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 30 menit yaitu 3,49, mengalami penurunan pH sebesar 0,11 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 45 menit yaitu 3,42, dan mengalami penurunan pH sebesar 0,01 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet 60 menit yaitu 3,52

Data pH starter *nata de coco* dapat diperjelas melalui diagram logaritmik pada gambar 4.3 untuk medium +ZA, dan 4.4 untuk medium -ZA, yaitu dapat dilihat terjadi penurunan pH paling tinggi terjadi pada hari ke-0 menuju hari ke-2, dimana pada fase ini bakteri *A. xylinum* fase eksponensial. Sedangkan pada hari ke-2 menuju hari ke-4 terjadi penurunan pH cukup besar, dimana bakteri *A. xylinum* masih berada pada fase eksponensial. Penurunan pH tidak terlalu besar dibandingkan dari hari sebelumnya pada pemeriksaan hari ke-5, dimana pada hari ke-5 bakteri *A. xylinum*

menuju pada fase stasionari yaitu fase pertumbuhan lambat. Jadi penurunan pH starter nata de coco seiring dengan peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum*.



Gambar 4.6 Data perbandingan pH starter *nata de coco* pada medium +ZA dengan -ZA pemeriksaan hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5.

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diinformasikan perbandingan pH starter *nata de coco* dari medium yang berbeda yaitu medium +ZA dan -ZA dari beberapa eksperimen diantaranya paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit, pada pemeriksaan hari ke-0 sebelum perlakuan terlihat bahwa secara keseluruhan data jumlah bakteri homogen dan dapat dilakukan penelitian selanjutnya. Pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke 5 terlihat data pH starter *nata de coco* memiliki kesamaan karakter dari setiap masing-masing perlakuan dan pH starter *nata de coco* semakin menurun seiring waktu. Hasil pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke 5 pada kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF 30 menit pH starter *nata de coco* pada kelompok +ZA lebih rendah dibanding dengan -ZA, untuk kelompok eksperimen dengan lama paparan medan magnet ELF 45 menit pH starter *nata de coco* pada kelompok +ZA lebih tinggi dibandingkan kelompok -ZA, dan untuk kelompok eksperimen dengan

lama paparan medan magnet ELF 60 menit pH starter *nata de coco* pada kelompok +ZA lebih tinggi dibandingkan kelompok -ZA.

Berdasarkan informasi tersebut, dapat diperoleh kesimpulan secara keseluruhan, Pengaruh paparan medan magnet terhadap pH starter *nata de coco* pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 pada medium +ZA dibandingkan kelompok kontrol memiliki dua pengaruh yaitu pengaruh positif (mengalami penurunan pH) pada lama paparan medan magnet ELF 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan mengalami pengaruh negatif (peningkatan pH) pada lama paparan medan magnet ELF 60 menit. Pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH starter *nata de coco* pada medium -ZA dibandingkan kelompok kontrol mengalami penurunan pH pada semua kelompok eksperimen, yaitu pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF pada pemeriksaan hari ke-2, hari ke-4, dan hari ke-5 berpengaruh terhadap pH starter *nata de coco*, dengan dosis efektif yang didapatkan yaitu paparan medan magnet dengan intensitas 100 μT dengan lama paparan medan magnet 30 menit pada kelompok +ZA dan lama paparan medan magnet ELF 45 menit pada kelompok -ZA.

4.2 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri *A. xylinum* pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF 100 μT terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco* dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Penelitian ini sangat penting dilakukan mengingat inovasi terbaru bahwa paparan medan magnet ELF dapat diaplikasikan untuk memperbaiki kualitas makanan, terutama penting dalam bidang kesehatan dan teknologi pangan. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah penggunaan berbagai bahan-bahan berbahaya bagi kesehatan terutama ZA yang berlebihan dan tidak termasuk *food grade*, dimana dalam penggunaan ZA pada proses pembuatan *starter nata de coco* maupun *nata de coco* sebagai sumber nitrogen

dan dapat memicu perkembangbiakan bakteri *A. xylinum*. Dari permasalahan ini diharapkan medan magnet ELF dapat dimanfaatkan sebagai alternatif yang murah dan aman digunakan untuk memicu perkembang biakan bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan *starter nata de coco* maupun *nata de coco*,

Berdasarkan hasil penelitian paparan medan magnet ELF dengan menggunakan intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit secara keseluruhan berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan *starter nata de coco*. Hasil penelitian terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* terdapat dua jenis medium yaitu berupa penggunaan ZA dan tanpa penggunaan ZA. Penelitian ini dilakukan pemeriksaan pada hari ke-2, ke-4, dan ke-5.

Secara garis besar pada pemeriksaan ke-2, ke-4, dan ke-5 dengan penggunaan ZA (kelompok +ZA) paparan medan magnet dengan menggunakan intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum*. Paparan medan magnet ELF dengan lama 15 menit, 30 menit, 45 menit berpengaruh positif terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* yaitu peningkatan jumlah bakteri lebih banyak dibanding kontrol. Namun pada lama paparan 60 menit memberikan pengaruh negatif yaitu jumlah bakteri *A. xylinum* lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pengaruh yang sangat signifikan pada lama paparan medan magnet ELF 30 menit.

Selain itu secara garis besar juga pada pemeriksaan ke-2, ke-4, dan ke-5 tanpa penggunaan ZA (kelompok -ZA) paparan medan magnet dengan menggunakan intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum*. Paparan medan magnet ELF dengan lama 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh positif terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* yaitu peningkatan jumlah bakteri lebih banyak dibanding kontrol.

Dari hasil penelitian tersebut dapat diperoleh hasil bahwa perlakuan medan magnet dapat menimbulkan dua kemungkinan yaitu peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* dan penurunan jumlah bakteri dari kelompok kontrol. Pada peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* dialami pada kelompok +ZA pada waktu 15 menit, 30

menit, dan 45 menit, peningkatan tertinggi pada lama paparan 30 menit. Namun pada kelompok -ZA dialami pada waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit, peningkatan tertinggi pada lama paparan 45 menit.

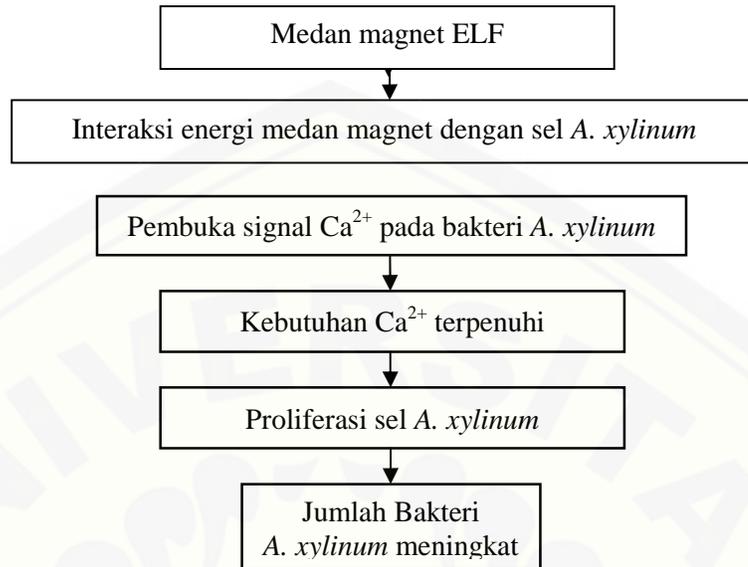
Peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* bisa terjadi, diduga saat proses pembuatan starter *nata de coco* dengan diberi perlakuan medan magnet ini sangat berperan aktif terhadap ion-ion yang berperan penting terhadap proses tranpor aktif pada sel bakteri, dalam sel bakteri terdapat ion-ion yang berperan aktif dalam proses metabolisme dan pembelahan sel, diantaranya ion K^+ , Na^+ , dan Ca^{2+} (Goodman, 1988:50-51). Dari ketiga ion tersebut memiliki suseptibilitas magnetik yang berbeda, Natrium (Na) merupakan bahan diamagnetik yang memiliki suspetibilitas negatif dan sangat kecil yaitu $-2,4 \times 10^{-6}$, jika dilihat dari persamaan, $B = \mu_0 H + \mu_0 \chi_m H$, dapat terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai negatif maka pengaruh medan magnet terhadap suatu bahan akan lebih kecil dan cenderung tidak berpengaruh, pengaruh medan magnet dari luar terhadap bahan paramagnetik seperti natrium akan menginduksi momen magnetik dan saling meniadakan, jadi pada ion Natrium ini medan magnet tidak berpengaruh besar. Ion Kalsium (Ca^{2+}) merupakan bahan paramagnetik yang memiliki nilai suseptibilitas positif dan sangat kecil yaitu $+1,4 \times 10^{-6}$, jika dilihat dari persamaan $B = \mu_0 H + \mu_0 \chi_m H$, terlihat bahwa nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan, jika suseptibilitasnya memiliki nilai positif dengan kondisi momen magnetik bahan paramagnetik yang masih acak, ketika berada pada medan magnet maka medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan akan lebih besar dan cenderung berpengaruh terhadap momen magnetik ion yang akan cenderung disearahkan, hal ini akan memicu pergerakan ion-ion. Selain medan magnet ELF dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion yang dikenai medan magnet, energi paparan medan magnet yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal Kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion Kalsium (Ca^{2+})

yang sesuai dengan kebutuhan sel bakteri *A. xylinum* akan mengaktifkan protein-protein dan enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel (Poli, 2009:85-88). Sehingga energi paparan medan magnet dapat membantu perkembangbiakan sel dengan memenuhi kebutuhan kalsium.

Energi medan magnet ELF yang mengenai sel dan dapat memenuhi kebutuhan sel dan tidak sampai mengalami kematian karena kelebihan kalsium dipengaruhi oleh besarnya intensitas dan lama paparan yang yaitu sesuai perumusan

fisika terkait dengan laju energi setiap satuan luas yaitu, $S = \frac{B^2 c}{\mu_0}$, untuk $B = \frac{d\Phi_m}{dt}$

atau $\oint B dt = \oint d\phi_m$ dari persamaan ini dapat diperoleh suatu hubungan bahwa berjalannya fungsi waktu atau semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar fluk magnetik yang menembus suatu luasan. Semakin besar rapat fluk magnetik maka semakin besar pula energi yang didapatkan oleh suatu sampel yang terpapar medan magnet. Hal ini dapat mempengaruhi laju pergerakan ion Kalsium (Ca^{2+}) ke dalam sel. Jadi dengan energi yang sesuai, maka kebutuhan kalsium akan terpenuhi dan pembelahan sel bakteri *A. xylinum* akan semakin cepat. Secara singkat pengaruh paparan medan magnet ELF dapat dijelaskan pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Interaksi paparan medan magnet ELF terhadap bakteri *A. xylinum*

Dari penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dengan intensitas 100 μT lama paparan 30 menit pada kelompok +ZA dan lama paparan 45 menit pada kelompok -ZA memberikan energi yang sangat efektif untuk memicu perkembangbiakan bakteri *A. xylinum*. Namun pada kelompok +ZA pada lama paparan 60 menit menyebabkan penurunan jumlah bakteri dari kelompok kontrol. Perbedaan medium yang digunakan dengan lama paparan yang efektif yang dihasilkan diduga dari kebutuhan Nitrogen pada proses biosintesis bakteri *A. xylinum* karena paparan medan magnet ELF juga dapat mempengaruhi meningkatnya Nitrogen yang sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa, medan magnet sebesar 1500 mT selama 0, 1, 5, 10 dan 15 menit dapat meningkatkan kandungan N, K, Ca, Mg, Fe, Mn, dan Zn pada tanaman Kurma (*Phoenix dactylifera*) (Dhawi dan Al-Khayri, 2009). Peningkatan Nitrogen ini akan baik jika sesuai dengan kebutuhan biosintesis bakteri, sama seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh hamad (2011) yaitu penambahan urea sebagai sumber nitrogen dapat meningkatkan jumlah bakteri *A. xylinum* dalam fermentasi nata de coco yang dapat menambah penghasilan *yield nata*. Dengan jumlah urea yang dihasilkan dari 1 gram sampai 5 gram akan menghasilkan *yield nata* yang meningkat yaitu dari 86% menjadi 93%. Akan tetapi

setelah penambahan 7 gram mengalami penurunan menjadi 75%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar urea yang dihasilkan menghasilkan yield yang semakin besar juga hal ini karena nitrogen merupakan komponen penting yang dibutuhkan dalam biosintesis nata de coco. Kebutuhan ini akan mencapai maksimum pada jumlah tertentu sampai akhirnya keberadaan sisa nitrogen ini memberikan efek menurunkan produk nata yang dihasilkan. Berdasarkan uraian tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa perbedaan jumlah bakteri serta dosis efektif yang didapatkan dari medium +ZA dan -ZA dikarenakan pada perlakuan kelompok +ZA memiliki sumber Nitrogen lebih banyak dibanding dengan kelompok -ZA, sehingga berbeda juga lama paparan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan Nitrogen yang digunakan dalam biosintesis bakteri *A. xylinum*.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*, dosis efektif pada intensitas 100 μ T untuk kelompok kontrol untuk medium +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar $1,35 \times 10^{19}$ sel/mL dan kelompok -ZA pada lama 45 menit sebesar $2,55 \times 10^{19}$ sel/mL. Paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μ T dengan lama paparan 45 menit. Dosis yang didapatkan dari hasil penelitian dijadikan sebagai alternatif untuk memicu pekembangbiakan bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco* tanpa menggunakan ZA.

4.3.2 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF 100 μ T terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Pengukuran pH ini sangat penting digunakan sebagai indikator keberhasilan starter *nata de coco*, yaitu dengan nilai yang semakin rendah maka aktivitas bakteri *A. xylinum* semakin besar. Dari hasil penelitian pada periksa ke-2, ke-4, dan ke-5 sebagian besar memberikan pengaruh positif yaitu nilai pH lebih rendah dibanding kelompok kontrol. Namun tidak semua

berpengaruh positif ada yang memberikan dampak negatif yaitu nilai pH lebih tinggi dibanding kelompok kontrol dan juga ada yang tidak berpengaruh.

Dari hasil penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF 100 μT terhadap pH kelompok +ZA pada periksa ke-2, ke-3, ke-4, dan ke-5 secara garis besar memberikan hasil pada lama paparan medan magnet 15 menit, 30 menit, dan 45 menit berpengaruh positif (terjadi penurunan pH starter *nata de coco* dibandingkan kelompok kontrol). Namun pada lama paparan 60 menit berpengaruh negatif (terjadi peningkatan pH starter *nata de coco* dibandingkan kelompok kontrol). Pengaruh penurunan starter *nata de coco* yang signifikan pada lama paparan medan magnet ELF 30 menit. Dari hasil penelitian pengaruh paparan medan magnet ELF 100 μT terhadap pH kelompok -ZA pada periksa ke-2, ke-3, ke-4, dan ke-5 secara garis besar memberikan hasil pengaruh positif diperoleh dari lama paparan 15 menit, 30 menit, dan 45 menit, dan 60 menit berpengaruh positif. Pengaruh yang signifikan pada lama paparan medan magnet ELF 45 menit.

Dari hasil penelitian tersebut penurunan atau peningkatan nilai pH dibanding dengan kelompok kontrol seiring dengan peningkatan atau penurunan jumlah bakteri *A. xylinum*, penurunan atau peningkatan pH dibandingkan kelompok kontrol dikarenakan aktivitas bakteri *A. xylinum*, mengingat bahwa bakteri *A. xylinum* dapat menghasilkan metabolit berupa asam asetat, air dan energi yang digunakan kembali dalam siklus metabolismenya. Jadi, jika perkembangbiakan sel bakteri *A. xylinum* meningkat maka aktivitas bakteri *A. xylinum* dalam membentuk selulose dan penghasilan asam asetat akan semakin meningkat. Pada proses metabolismenya, selaput selulosa ini terbentuk oleh aktivitas *A. xylinum* terhadap glukosa. Karbohidrat pada medium dipecah menjadi glukosa yang kemudian berikatan dengan asam lemak (Guanosin trifosfat) membentuk prekursor penciri selulosa oleh enzim selulosa sintetase. Kemudian dikeluarkan ke lingkungan membentuk jalinan selulosa pada permukaan medium. Selama metabolisme karbohidrat oleh *A. xylinum* terjadi proses glikolisis yang kemudian di akhiri dengan terbentuknya asam piruvat. Glukosa 6-P yang terbentuk pada proses glikolisis inilah yang digunakan oleh *A. xylinum* untuk

menghasilkan selulosa. Selain metabolit sekunder, *A. xylinum* juga menghasilkan metabolit berupa asam asetat dengan nama ilmiah (CH_3COOH) yang dapat dipecah menjadi CH_3COO^- dan H^+ (Prawijaya, 2002). Pada dasarnya Bakteri *A. xylinum* dapat mendegradasi glukosa menjadi asam asetat, dan menambah ion H^+ pada starter *nata de coco*, , dapat diperjelas dengan rumus $-\log \text{H}^+$, maka dengan bertambahnya ion H^+ pada starter *nata de coco* akan membuat kondisi starter *nata de coco* akan semakin asam atau pH menurun.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco* dapat dilihat lebih jelas pada gambar 4.3 untuk kelompok +ZA dan gambar 4.4 untuk kelompok -ZA, dapat diinformasikan bahwa dosis efektif penurunan pH starter *nata de coco* pada intensitas 100 μT untuk kelompok +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar 0,04 dan paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT untuk kelompok -ZA pada lama paparan medan magnet ELF 45 menit kelompok -ZA sebesar 0,11. Dosis efektif yang didapatkan dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai alternatif pembuatan starter *nata de coco* tanpa menggunakan ZA, untuk memicu pekembangbiakan bakteri *A. xylinum* dan dapat menurunkan pH starter *nata de coco*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- a. Paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap jumlah bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*, dosis efektif peningkatan jumlah bakteri *A. xylinum* dibanding kelompok kontrol untuk medium +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar $1,35 \times 10^{19}$ sel/mL dan kelompok -ZA pada lama 45 menit sebesar $2,55 \times 10^{19}$ sel/mL.
- b. Paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*, dosis efektif penurunan pH dibanding kelompok kontrol untuk medium +ZA pada lama paparan 30 menit sebesar 0,04 dan kelompok -ZA pada lama paparan 45 menit sebesar 0,11.

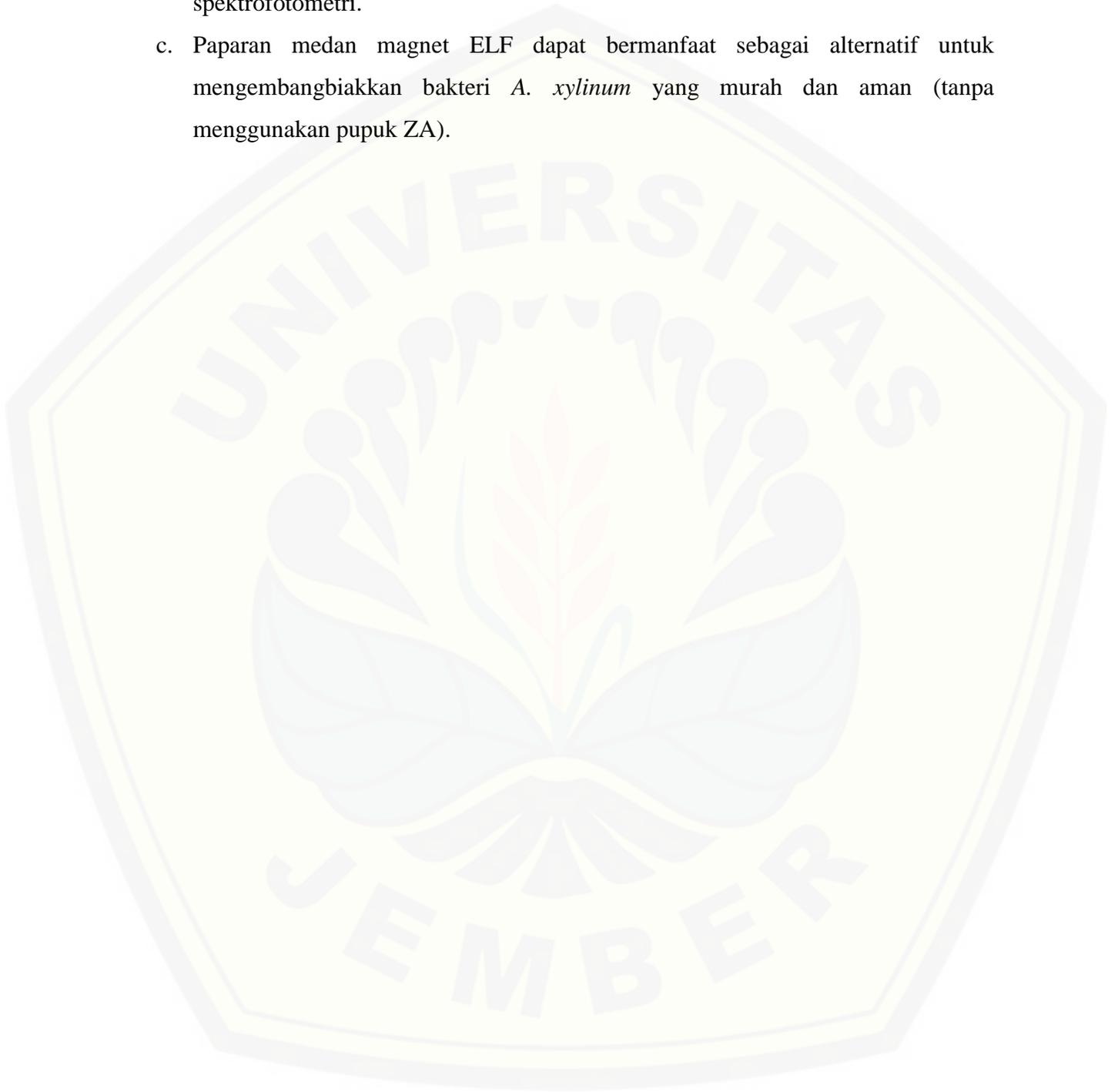
5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang diberikan sebagai berikut.

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut paparan medan magnet ELF terhadap kandungan gizi makanan, khususnya *nata de coco* dengan tanpa menggunakan pupuk ZA yang tidak baik bagi kesehatan dengan dosis efektif yang telah didapatkan, yaitu menggunakan paparan medan magnet dengan intensitas 100 μT dengan lama paparan 30 menit.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT terhadap bakteri menguntungkan selain *A. xylinum* untuk

memperbaiki kualitas produk dengan perhitungan menggunakan alat spektrofotometri.

- c. Paparan medan magnet ELF dapat bermanfaat sebagai alternatif untuk mengembangbiakkan bakteri *A. xylinum* yang murah dan aman (tanpa menggunakan pupuk ZA).



DAFTAR BACAAN

- Admin. 2012. *Bacteria*. <http://Scienc.aid.co.uk>. Diakses tanggal [20 November 2014]
- Ahmed, Istivan, Cosic, dan Pirogova. 2013. *Evaluation of the effects of Extremely Low Frequency (ELF) Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF) on survival of the bacterium Staphylococcus aureus*. *Jurnal Nonlinear Biomedical Physics*, 1(5): 2.
- Alonso, Marcelo & Finn, Edward J. 1983. *Fundamental University Physics*. Canada: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Alonso, M dan Finn, E.J. 1994. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) Medan dan Gelombang*. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Archeman, dkk. 2010. *Ilmu Biofisika*. Tanpa keterangan. 628
- Aslanimehr *et al.* 2012. *Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth and Viability of Bacteria*. *International Journal of Research in Medical and Health Sciences* (ISSN: 2307-2083), Vol. 1 No. 2 Maret 2013: 8—15.
- Athena, A., Tugaswati, T., Sukar, Soesanto, S.S. 2000. *Kuat medan listrik dan medan magnet pada peralatan rumah tangga dan kantor*. *Buletin Penelitian Kesehatan*. 27:170-17
- Atkins, P.W. 1997. *Kimia Fisika*. Terjemahan oleh Irma I. Kartohadiprodjo. Jakarta: Erlangga.
- Baafai, U.S. 2004. *Sistem Tenaga Listrik: Polusi Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat* (online) <http://repository.usu.ac.id/bristream/elektro-usman.pdf> Diakses tanggal [15 November 2014].
- Barbosa dan Canovas. 1998. *Oscillating Magnetic Fields for Food Processing dalam Non Termal Preservation of Foods*. New York: Marcel Dekker Inc.

- Chang, R. 2005. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Cember, H. 1983. *Pengantar fisika kesehatan*. Pergamon Press: Toronto.
- Crumpton, M.J. 2005. *The Bernal Lecture 2004 Are low-frequency electromagnetic fields a health hazard?*. Phi Trans. R. Soc.B.360.
- Darlina, ina. 2007. *Pengaruh Ekstrak Nenas Terhadap Pertumbuhan Bakteri Acetobacter xylinum*. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Fakultas Pertanian: Bandung Raya.
- Dhawi, F. dan Al-Khayri, J. M. 2009. *The effect of magnetic resonance imaging on date palm (Phoenix dactylifera L.) elemental composition*. International Journal of the faculty of Agriculture and biology, 4: 14-20.
- Dewi, A.S. 2011. *Peningkatan Produksi Riboflavin Bakteri Acetobacter Xylinum Pada Starter Nata De Coco Dengan Penambahan Minyak Kelapa Sawit*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Ebookpangan. 2006. *Perencanaan Produksi Nata De Coco Mentah Dan Siap-Santap*.hal:1.
- Fedorowski A. Steciwko A. 1998. *Biological effects of non ionizing electromagnetic radiation*, Med Pr:49(1):93-105.
- Gabriel, J.F.1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Gamer Yusuf. 2006. *Nata dari Limbah Buah Nenas* <http://www.avalonia.blogspot.com/>.
- Garip, Aksu, Akan, Akakin, Ozaydin, dan San. 2011. *Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth Rate and Morphology of Bacteria*. IntJ Radiat. Biol, 1(8): 1.
- Gandjar, I.G. dan Rohman, A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gornick, Larry. 2005. *Kartun Fisika*. Jakarta: KPG. Hal: 149-156, 117-122.
- Goodman, Steven R. 1988. *Medical Cell Biology (Second Edition)*. East Washington: Philadelphia.

- Halliday, D. 1990. *Fisika (Edisi ke-3 jilid-2) Terjemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto*. Jakarta: Erlangga.
- Hasan, I. 2010. *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- Hamad, A. 2011. *Pengaruh Penambahan Sumber Nitrogen Terhadap Hasil Fermentasi Nata De Coco*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Hulbert, A.L., Metcalfe, J.C., dan Hesketh R. 1998. *Biological Responses to Electromagnetic Fields*. *Jurnal Biochemistry*.
- Kompas. 2015. *Penyelidikan Produk Nata De Coco Mengandung ZA Bersama BPOM*. <http://www.kompas.com>. Diakses tanggal [12 April 2015]
- Malviane, Elga. 2014. *Fermentasi Sampah Buah Nanas menggunakan Sistem Kontinu dengan bantuan Bakteri Acetobacter xylinum*. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1 (2): 1
- Munawar. 2013. *Bakteri Menguntungkan Dalam Industri*. (online) <http://www.muhtaufiqmunawar.blogspot.com>. Diakses tanggal [20 November 2014]
- Murachman, Bardi. 2007. *Peranan bahan magnet dan kemagnetan untuk Pengolahan limbah nuklir dan non nuklir*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Moulder, J. 2006. *Power Lines and Cancer FAQs*. (online). <http://www.spinspace.com/biophysics/powerlinefaq.htm> Diakses tanggal [15 November 2014]
- Muchtaruddin, M. 1998. *Dampak medan elektromagnetik terhadap kesehatan*. *majalah kedokteran indonesia*. 48:7-264
- Nugroho, 2009. *Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV terhadap Medan Magnet*. *Jurnal*. Vol. 2, 1: 9-17
- Nurfiningsih. 2009. *Pembuatan Nata de Corn dengan Acetobacter Xylinum*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Palungkun, R. 1993. *Aneka Produk Olahan Kelapa*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pelezar, M.J. and E.C.S. Cahan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Poli, Paul. S. 2009. *Komunikasi Sel dalam Biologi Molekular*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Prawijaya, Penter. 2002. *Mempelajari Proses Pembuatan Nata de coco*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ras, P.T.P, dkk. *Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Selular*. Jaya pura: Universitas Tanjungpura.
- Rohma, A. 2013. *Pengaruh Medan Magnet Terhadap Akti vitas Enzim α -Amilase Pada Kecambah Kacang Merah dan Kacang Buncis Hitam (*Phaseolus Vulgaris L.*)*. Bandar Lampung: Jurusan Biologi Universitas Lampung.
- Sari, E. K. N. 2012. *Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus Sylvestris Mill*) Secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magneting Field (OMF)*. Jurnal Teknologi Pertanian.
- Sari, E. N. 2011. *Pengaruh Lama Pemaparan Medan Magnet yang Berbeda Terhadap Indeks Mitosis dan Anatomi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*)*. Jurusan Biologi Universitas Lampung . Bandar Lampung.
- Setyasih, N. 2013. *Pengaruh Medan Magnet 0,3 mT terhadap Stomata Daun Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*)*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Serway, R. A. & Jewett, J.W. 2004. *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. Pomona: Thomson Brooks/Cole.
- Shiddiq, imam Isnain. 2010. *Kimia Analitik SMA*. Banten: Depdiknas.
- Sudarti. 2002. *Resiko Limfosit pada Tikus Putih setelah dipapar Medan Mextremely Low Frequency (ELF)*. Jurnal saintifika, 3 (2):76-84
- Sudarti dan Heliatin. 2005. *The Effect Of Alteration 11-10 To The Immuno Modulation Response On Bulb/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 Mt*. Jurnal saintifika, 6(1):36-44. Jember: Uni versitas Jember.

- Sudarti. 2014. *Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap Prevalensi Salmonella dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan pangan bagi Masyarakat*. Jember: UniversitasJember.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi Dan Praktiknya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar Jilid 2*. Bandung: ITB.
- Sutrisno dan Gie, T.I. 1979. *Fisika Dasar: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB
- Swerdlow, A.J. et al. 2008. *Static Magnetic Field*. London: The Health Protection Agency.
- Tippler, P.A. 2001. *Fisika untuk sains dan Teknik. Terjemahan oleh Bambang Soegijono*. Jakarta: Erlangga
- Tribuana, N. 2000. *Pengukuran Medan Magnet dan Medan Listrik di bawah SUTET 500 kV*. Jakarta: *Elektroindonesia*. No. 138
- Yatini, Clara, Y. 2010. *Modul Diseminasi Interaksi Matahari- Bumi intuk Kalangan Guru Sekolah Menengah Atas*. Bandung: Lapan.
- Wahyudi. 2003. *Memproduksi Nata De Coco*. Jakarta: Departemen Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Witt, William De. *Biology of the Cell An E volutionary Approach*. West Washington: Philadelpia.
- Wolfe, Stepen L. 1993. *Molecular and Cellular Biology*. California: University bof California.
- World Health Organization. 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Fields*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. 2014. *Electromagnetic fields (EMF)*. [Serial online]. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> [7 Maret 2014].

LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

MATRIKS PENELITIAN

Judul	Permasalahan	Variabel	Indikator	Sumber Data	Metode Penelitian
Pengaruh paparan medan magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap jumlah bakteri <i>Acetobacter xylinum</i> dan pH pada proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i>	<p>1. Apakah paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dapat berpengaruh terhadap jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> pada proses pembuatan starter <i>nata de coco</i>?</p> <p>2. Apakah paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit berpengaruh terhadap pH pada proses pembuatan starter <i>nata de coco</i>?</p>	<p>1. Variabel bebas: Lama paparan medan magnet ELF, yaitu lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.</p> <p>2. Variabel terikat: - jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> - pH pada proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i></p>	<p>1. Variabel bebas: Lama paparan medan magnet ELF, yaitu lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.</p> <p>2. Variabel terikat: - jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> - pH pada proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i></p>	<p>1. Bahan rujukan: buku pustaka atau literatur yang digunakan.</p> <p>2. Data diperoleh: hasil pengamatan dan uji laboratorium Pustaka</p>	<p>Jenis penelitian: True Eksperimen</p> <p>Desain Penelitian: <i>Randomized Post-Test Only Control Group Design</i>.</p> <p>Tempat penelitian: Laboratorium</p> <p>Teknik pengumpulan data: Data didapat dari hasil pengukuran dan perhitungan.</p>

LAMPIRAN B. DATA HASIL PENELITIAN

B.1 Tabel Pengaruh Paparan Medan Magnet Elf Terhadap Jumlah Bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter *nata de coco*

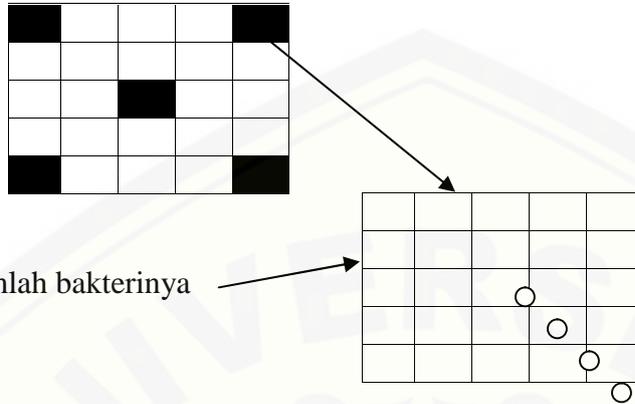
Kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Rata-rata jumlah bakteri (Sel/ml)	Kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Rata-rata jumlah bakteri (Sel/ml)	Kode	Jumlah bakteri (Sel/ml)	Rata-rata jumlah bakteri (Sel/ml)
K _{2.+}	$\frac{1,35 \times 10^{16}}{1,50 \times 10^{16}}$	$1,50 \times 10^{16}$	K _{4.+}	$\frac{1,50 \times 10^{18}}{1,70 \times 10^{18}}$	$1,65 \times 10^{18}$	K _{5.+}	$\frac{2,05 \times 10^{19}}{1,95 \times 10^{19}}$	$1,95 \times 10^{19}$
	$\frac{1,65 \times 10^{16}}$			$\frac{1,75 \times 10^{18}}$			$\frac{1,85 \times 10^{19}}$	
	$\frac{1,25 \times 10^{16}}{1,45 \times 10^{16}}$			$\frac{1,15 \times 10^{18}}{1,15 \times 10^{18}}$			$\frac{1,80 \times 10^{19}}{1,70 \times 10^{19}}$	
K _{2.-}	$\frac{1,45 \times 10^{16}}{1,35 \times 10^{16}}$	$1,35 \times 10^{16}$	K _{4.-}	$\frac{1,15 \times 10^{18}}{1,30 \times 10^{18}}$	$1,20 \times 10^{18}$	K _{5.-}	$\frac{1,80 \times 10^{19}}{1,70 \times 10^{19}}$	$1,80 \times 10^{19}$
	$\frac{1,35 \times 10^{16}}$			$\frac{1,30 \times 10^{18}}$			$\frac{1,90 \times 10^{19}}$	
	$\frac{1,75 \times 10^{16}}{1,90 \times 10^{16}}$			$\frac{1,85 \times 10^{18}}{1,90 \times 10^{18}}$			$\frac{2,60 \times 10^{19}}{2,35 \times 10^{19}}$	
E _{15.2+}	$\frac{1,90 \times 10^{16}}{1,75 \times 10^{16}}$	$1,80 \times 10^{16}$	E _{15.4+}	$\frac{1,95 \times 10^{18}}{2,00 \times 10^{18}}$	$1,90 \times 10^{18}$	E _{15.5+}	$\frac{2,25 \times 10^{19}}{2,50 \times 10^{19}}$	$2,40 \times 10^{19}$
	$\frac{2,30 \times 10^{16}}$			$\frac{2,30 \times 10^{18}}$			$\frac{2,70 \times 10^{19}}$	
	$\frac{2,40 \times 10^{16}}{2,50 \times 10^{16}}$			$\frac{2,30 \times 10^{18}}{2,00 \times 10^{18}}$			$\frac{2,90 \times 10^{19}}$	
E _{15.2-}	$\frac{4,10 \times 10^{16}}{4,10 \times 10^{16}}$	$4,20 \times 10^{16}$	E _{15.4-}	$\frac{2,50 \times 10^{18}}{2,70 \times 10^{18}}$	$2,70 \times 10^{18}$	E _{15.5-}	$\frac{3,35 \times 10^{19}}{3,25 \times 10^{19}}$	$3,30 \times 10^{19}$
	$\frac{4,40 \times 10^{16}}$			$\frac{2,90 \times 10^{18}}$			$\frac{3,30 \times 10^{19}}$	
	$\frac{3,50 \times 10^{16}}{3,55 \times 10^{16}}$			$\frac{2,30 \times 10^{18}}{2,50 \times 10^{18}}$			$\frac{3,15 \times 10^{19}}{2,90 \times 10^{19}}$	
E _{30.2+}	$\frac{3,55 \times 10^{16}}{3,75 \times 10^{16}}$	$3,60 \times 10^{16}$	E _{30.4+}	$\frac{2,40 \times 10^{18}}{2,00 \times 10^{18}}$	$2,40 \times 10^{18}$	E _{30.5+}	$\frac{2,90 \times 10^{19}}{2,95 \times 10^{19}}$	$3,00 \times 10^{19}$
	$\frac{3,75 \times 10^{16}}$			$\frac{2,40 \times 10^{18}}$			$\frac{2,80 \times 10^{19}}$	
	$\frac{3,50 \times 10^{16}}{3,60 \times 10^{16}}$			$\frac{2,10 \times 10^{18}}{2,20 \times 10^{18}}$			$\frac{2,90 \times 10^{19}}$	
E _{30.2-}	$\frac{3,60 \times 10^{16}}{3,70 \times 10^{16}}$	$3,60 \times 10^{16}$	E _{30.4-}	$\frac{2,20 \times 10^{18}}{3,80 \times 10^{18}}$	$2,10 \times 10^{18}$	E _{30.5-}	$\frac{3,30 \times 10^{19}}{4,35 \times 10^{19}}$	$3,00 \times 10^{19}$
	$\frac{3,70 \times 10^{16}}$			$\frac{2,10 \times 10^{18}}$			$\frac{2,90 \times 10^{19}}$	
	$\frac{6,00 \times 10^{16}}{6,05 \times 10^{16}}$			$\frac{3,70 \times 10^{18}}{3,75 \times 10^{18}}$			$\frac{4,20 \times 10^{19}}{4,50 \times 10^{19}}$	
E _{45.2+}	$\frac{6,05 \times 10^{16}}{5,95 \times 10^{16}}$	$6,00 \times 10^{16}$	E _{45.4+}	$\frac{3,75 \times 10^{18}}{1,00 \times 10^{18}}$	$3,75 \times 10^{18}$	E _{45.5+}	$\frac{4,50 \times 10^{19}}{1,55 \times 10^{19}}$	$4,35 \times 10^{19}$
	$\frac{5,95 \times 10^{16}}$			$\frac{1,00 \times 10^{18}}$			$\frac{1,65 \times 10^{19}}$	
	$\frac{1,00 \times 10^{16}}{1,05 \times 10^{16}}$			$\frac{1,10 \times 10^{18}}{1,05 \times 10^{18}}$			$\frac{1,30 \times 10^{19}}$	
E _{45.2-}	$\frac{1,05 \times 10^{16}}{1,10 \times 10^{16}}$	$1,05 \times 10^{16}$	E _{45.4-}	$\frac{1,05 \times 10^{18}}{1,80 \times 10^{18}}$	$1,05 \times 10^{18}$	E _{45.5-}	$\frac{2,00 \times 10^{19}}{2,20 \times 10^{19}}$	$1,50 \times 10^{19}$
	$\frac{1,10 \times 10^{16}}$			$\frac{1,80 \times 10^{18}}$			$\frac{2,20 \times 10^{19}}$	
	$\frac{1,65 \times 10^{16}}{1,55 \times 10^{16}}$			$\frac{1,90 \times 10^{18}}{1,70 \times 10^{18}}$			$\frac{2,10 \times 10^{19}}$	
E _{60.2+}	$\frac{1,55 \times 10^{16}}{1,60 \times 10^{16}}$	$1,60 \times 10^{16}$	E _{60.4+}	$\frac{1,70 \times 10^{18}}{1,80 \times 10^{18}}$	$1,80 \times 10^{18}$	E _{60.5+}	$\frac{2,00 \times 10^{19}}{2,20 \times 10^{19}}$	$2,10 \times 10^{19}$
	$\frac{1,60 \times 10^{16}}$			$\frac{1,70 \times 10^{18}}$			$\frac{2,10 \times 10^{19}}$	
	$\frac{1,65 \times 10^{16}}$			$\frac{1,70 \times 10^{18}}$			$\frac{2,10 \times 10^{19}}$	

B.2 Tabel Pengaruh Paparan Medan Magnet Elf Terhadap pH pada proses pembuatan starter *nata de coco*

Kode	Derajat keasaman (pH)	Rata-rata Derajat keasaman (pH)	Kode	Derajat keasaman (pH)	Rata-rata Derajat keasaman (pH)	Kode	Derajat keasaman (pH)	Rata-rata Derajat keasaman (pH)
K _{2,+}	3,58	3,57	K _{4,+}	3,54	3,54	K _{5,+}	3,53	3,52
	3,57			3,54			3,52	
	3,56			3,54			3,51	
K _{2,-}	3,57	3,58	K _{4,-}	3,55	3,55	K _{5,-}	3,54	3,53
	3,58			3,54			3,54	
	3,59			3,56			3,51	
E _{15,2+}	3,54	3,54	E _{15,4+}	3,51	3,51	E _{15,5+}	3,49	3,49
	3,54			3,50			3,49	
	3,54			3,52			3,49	
E _{15,2-}	3,53	3,53	E _{15,4-}	3,51	3,51	E _{15,5-}	3,49	3,49
	3,53			3,51			3,49	
	3,53			3,51			3,49	
E _{30,2+}	3,53	3,52	E _{30,4+}	3,52	3,49	E _{30,5+}	3,50	3,48
	3,53			3,50			3,48	
	3,53			3,50			3,49	
E _{30,2-}	3,53	3,53	E _{30,4-}	3,50	3,50	E _{30,5-}	3,49	3,49
	3,54			3,50			3,49	
	3,52			3,50			3,49	
E _{45,2+}	3,53	3,53	E _{45,4+}	3,49	3,51	E _{45,5+}	3,48	3,49
	3,51			3,50			3,48	
	3,52			3,48			3,48	
E _{45,2-}	3,50	3,51	E _{45,4-}	3,46	3,46	E _{45,5-}	3,42	3,42
	3,52			3,46			3,42	
	3,51			3,46			3,42	
E _{60,2+}	3,57	3,57	E _{60,4+}	3,55	3,55	E _{60,5+}	3,54	3,54
	3,57			3,55			3,54	
	3,57			3,55			3,54	
E _{60,2-}	3,57	3,57	E _{60,4-}	3,53	3,54	E _{60,5-}	3,53	3,52
	3,57			3,54			3,52	
	3,57			3,55			3,51	

LAMPIRAN C. PERHITUNGAN JUMLAH BAKTERI *A. xylinum*

Cara Hemacytometer



Dihitung jumlahnya

Ada 25 kotak

Kedalaman haemacytometer 0,1 mm

Luas petak kecil = $1 \text{ mm}^2 / 400 \text{ mm}^2$

Luas 5 kotak besar = $16 \times 5 \times 1/400 = 0,2 \text{ mm}^2$

Dalam $0,2 \text{ mm}^2$ terdapat Y sel

Maka $1 \text{ mm}^2 = 1/0,2 \times Y \text{ sel}$

Kedalaman haemacytometer $0,1 \text{ mm}^2$

Volume keseluruhan = $1 \text{ mm}^2 \times 0,1 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}^3$

$1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3 = 10^{-3}$

Rumus Jumlah sel dalam 1 ml = $1000 \text{ mm}^3 / 0,1 \text{ mm}^3 \times 1/0,2 \times Y \text{ sel} \times \text{FP}$

$$= \underline{10^4 \times 1/0,2 \times Y \text{ sel} \times \text{FP}}$$

<p>Jumlah sel dalam 1 ml $= 1000 \text{ mm}^3 / 0,1 \text{ mm}^3 \times 1/0,2 \times Y \text{ sel} \times \text{FP}$ $= 10^4 \times 1/0,2 \times Y \text{ sel} \times \text{FP}$ $= 5 \times Y \text{ sel} \times \text{FP} \times 10^4$ +ZA 0= $5 \times 56 \times 10^4 \times 10^4$ $= 2,80 \times 10^{10} \text{ sel/ml}$ -ZA 0= $5 \times 55 \times 10^4 \times 10^4$ $= 2,75 \times 10^{10} \text{ sel/ml}$ inokulum= $5 \times 64 \times 10^6 \times 10^4$ $= 3,20 \times 10^{12} \text{ sel/ml}$ K.₂₊ = $5 \times 30 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 1,50 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ K.₂₋ = $5 \times 27 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 1,35 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{15.2+} = $5 \times 36 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 1,80 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{15.2-} = $5 \times 48 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 2,40 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{30.2+} = $5 \times 84 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 4,20 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{30.2-} = $5 \times 72 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 3,60 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{45.2+} = $5 \times 72 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 3,60 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ E._{45.2-} = $5 \times 120 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 6,00 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ +E2 = $5 \times 21 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 1,05 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$ -E2 = $5 \times 32 \times 10^{10} \times 10^4$ $= 1,60 \times 10^{16} \text{ sel/ml}$</p>	<p>K.₄₊ = $5 \times 33 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 1,65 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ K.₄₋ = $5 \times 24 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 1,20 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{15.4+} = $5 \times 38 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 1,90 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{15.4-} = $5 \times 42 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 2,10 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{30.4+} = $5 \times 54 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 2,70 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{30.4-} = $5 \times 48 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 2,40 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{45.4+} = $5 \times 42 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 2,10 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{45.4-} = $5 \times 75 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 3,75 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{60.4+} = $5 \times 21 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 1,05 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ E._{60.4-} = $5 \times 36 \times 10^{12} \times 10^4$ $= 1,80 \times 10^{18} \text{ sel/ml}$ K.₅₊ = $5 \times 39 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 1,95 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ K.₅₋ = $5 \times 36 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 1,80 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{15.5+} = $5 \times 46 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 2,40 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{15.5-} = $5 \times 54 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 2,70 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{30.5+} = $5 \times 66 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 3,30 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{30.5-} = $5 \times 60 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 3,00 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{45.5+} = $5 \times 60 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 3,00 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{45.5-} = $5 \times 87 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 4,35 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{60.5+} = $5 \times 30 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 1,50 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$ E._{60.5-} = $5 \times 42 \times 10^{13} \times 10^4$ $= 2,10 \times 10^{19} \text{ sel/ml}$</p>
---	---

LAMPIRAN D. FOTO KEGIATAN PENELITIAN

1. Foto pemaparan medan magnet ELF



Gambar D.1 Sampel kelompok eksperimen



Gambar D.2 Alat ELF *Electromagnetic Fields Sources*



Gambar D.3 Sampel kelompok kontrol



Gambar C.4 Pemaparan medan magnet ELF pada starter *nata de coco*

2. Foto uji jumlah bakteri *A.xylinum* dan pH



Gambar D.5 Uji menghitung jumlah bakteri *A.xylinum*



Gambar D.6 Uji nilai derajat keasaman (pH) starter nata de coco



Gambar D.7 Hasil pengamatan bakteri *A. xylinum*



Gambar D.8 Hasil pengamatan derajat keasaman (pH) starter *nata de coco*

LAMPIRAN E. SURAT TELAH MELAKUKAN PENELITIAN

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37, Kampus Bumi Tegalboto, Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738, Faximile: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

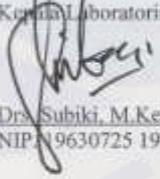
SURAT KETERANGAN PENELITIAN
Nomor: 100/LPF/VI / 2015

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika-Universitas Jember, menerangkan bahwa:

NAMA : VINDA ERVINA
NIM : 110210102035

Menerangkan bahwa nama mahasiswa di atas benar-benar mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Mahasiswa tersebut telah menggunakan alat *ELF Electromagnetic Fields Sources* untuk mendapatkan data terkait dengan penelitian/skripsi dengan judul "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*" di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jember pada tanggal 22 Mei 2015.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, Juni 2015
Kepala Laboratorium,

Drs. Subiki, M.Kes
NIP. 19630725 199402 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Jalan Kalimantan Nomor 37, Kampus Bumi Tegalboto, Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738, Faximile: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 07/16.06/Lab. Mikrobiologi/2015

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jember, menerangkan bahwa:

NAMA : VINDA ERVINA
NIM : 110210102035

Menerangkan bahwa nama mahasiswa di atas benar-benar mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Mahasiswa tersebut telah melakukan penelitian terkait perhitungan jumlah bakteri *A. xylinum* dan pengukuran pH starter *nata de coco* untuk mendapatkan data terkait dengan penelitian/skripsi dengan judul "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*" di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember pada tanggal 21-26 Mei 2015.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 16 Juni 2015

Ketua Laboratorium Mikrobiologi

Drs. Rudju Winarsa, M.Kes
NIP. 19600816 198902 1 001