

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini penulis melakukan beberapa kajian pustaka, diantaranya observasi penggunaan alat *Electric Field Detector* (EFD) untuk mendeteksi medan listrik yang dihasilkan oleh apparel ECCT model helmet, kajian pustaka selanjutnya adalah membaca beberapa literasi dan referensi diantaranya adalah beberapa penelitian sebelumnya.

Penelitian Didik Aribowo pada tahun 2014 menjadi awal dari pembahasan tentang EFD yang dikenal sekarang dalam perkembangan ECCT, dengan penelitian yang berjudul “Analisis Desain Sensor *Electric Field Detector* (EFD)” yang membahas tentang cara menganalisis kerja alat pendeteksi medan listrik kemudian membuat desain sensor pendeteksi medan listrik yang berpusat pada satu titik, dengan hasilnya sensor pendeteksi medan listrik yang mendeteksi adanya medan listrik, lalu mengirimkan muatan listrik menuju mikro kontroler untuk datanya diolah sedemikian rupa dan kemudian dihasilkan perintah untuk mengaktifkan *buzzer* dan LED [3].

Pada penelitian Husnibes Muchtar dan Ridwan Sobirin yang dilaksanakan pada tahun 2021 dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Medan Listrik *Portable* untuk Keamanan Manusia” yang membahas mengenai rancang bangun suatu alat instrumentasi yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya medan listrik, membuat rangkaian antarmuka untuk mengubah tegangan listrik analog menjadi tegangan digital, mengembangkan teknik antarmuka untuk menampilkan hasil pengukuran medan listrik tersebut dengan tampilan modul M1632 LCD, hasil dari penelitian ini adalah alat sederhana untuk mendeteksi medan listrik dan hasil uji jarak yang akan mempengaruhi kuat intensitas medan listriknya, semakin jauh jarak antara alat pendeteksi maka semakin kecil efek medan listrik yang di terbaca [11].

Pada tahun 2014 dengan judul “Rancang Bangun *Pulsed Electric Field* Sistem Batch dengan Konfigurasi Elektroda Berjenis Co-Axial oleh Dwi setiawan

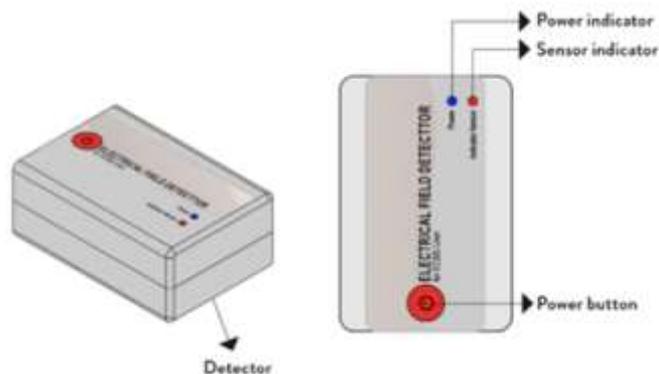
yang membahas tentang PEF (*Pulsed Electric Field*) merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan tanpa melibatkan proses thermal dengan Hasil pengujian tegangan keluaran pada PEF mencapai 20.25 kV. Sedangkan bentuk gelombang dari PEF ini ialah gelombang kotak, dengan frekuensi kerja 3 kHz, dan mempunyai lebar pulsa 160 μ s. PEF diproses berdasarkan pada aplikasi denyut pendek teganga yang sangat tinggi (20-80 kV/cm) dengan waktu yang sangat singkat (kurang lebih 1 detik) pada makanan cair yang diposisikan di antara dua elektroda [12].

Pada penelitian yang berjudul "*Non-contact Voltage Measurement Based on Electric-Field Effect*" oleh Shaoliang Wei et al. pada tahun 2011, penelitian ini membahas tentang keadaan medan listrik yang dideteksi menggunakan *Field Effect Transistor* (FET) sebagai sensor medan listrik berdasarkan prinsip efek kapasitansi. Hasil praktik dan simulasi menunjukkan bahwa metode ini sensitif, tepat dan dapat mencapai efek ideal dalam mendeteksi tegangan rangkaian. Apakah ada arus dalam konduktor, metode ini dapat mendeteksi tegangan rangkaian secara sensitif. Oleh karena itu, metode ini mempunyai arti penting dan prospek penerapan yang sangat baik [34].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 *Electric Field Detector* (EFD)

Alat pendeteksi medan listrik atau Electric Field Detector (EFD) adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi medan listrik yang dipancarkan oleh apparel. Ini digunakan untuk menentukan apakah apparel dapat digunakan dan untuk memastikan aktifitas medan listrik pada ECCT dalam kondisi normal. Alat ini menggunakan sensor untuk menangkap medan listrik statis berfrekuensi 100 kHz yang dipancarkan oleh Apparel ECCT. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi medan listrik dengan presisi di area yang dipindai. Medan listrik yang terdeteksi diubah menjadi muatan listrik dan diteruskan ke mikrokontroler untuk diolah menjadi informasi. Informasi ini selanjutnya digunakan untuk mengatur aktivasi *buzzer* dan *Light Emitting Diode* (LED) [3].



Gambar 2.1 Electric Field Detector (EFD) [3]

2.2.2 Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 merupakan versi dari Arduino UNO yang diperkenalkan pada tahun 2011. Penamaan R3 menunjukkan ini adalah revisi ketiga dari model tersebut. Mikrokontroler yang terdapat di dalamnya adalah Atmega328 yang diproduksi oleh perusahaan Atmel, berfungsi sebagai mikrokontroler berarsitektur 8-bit. [16]. Arduino Uno R3 adalah sebuah mikrokontroler yang mengolah masukan yang diterima melalui bahasa pemrograman *open source* untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Dengan menghubungkan Arduino ke komputer melalui kabel USB dan menggunakan perangkat lunak Arduino, pengguna dapat memprogram chip ATmega328. Arduino Uno adalah salah satu produk dari merek Arduino yang pada dasarnya merupakan papan elektronik yang menyertakan mikrokontroler ATmega328.

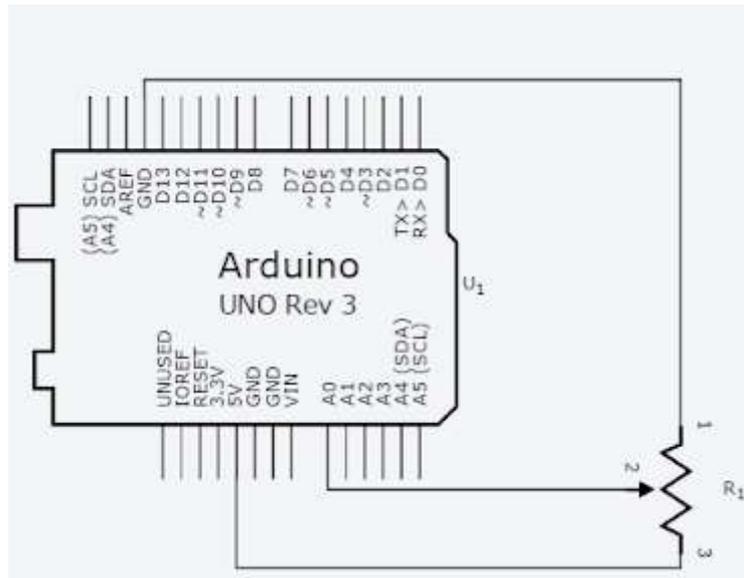


Gambar 2.2 Arduino UNO [8]

Arduino UNO memiliki dimensi seukuran kartu kredit. Meskipun kompak, papan ini dilengkapi dengan mikrokontroler dan berbagai *input/output* (I/O) yang memungkinkan pengguna untuk mengembangkan berbagai proyek elektronika, seperti sistem pintu gerbang otomatis. Arduino UNO R3 menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Berikut adalah beberapa fitur kunci yang dimiliki oleh Arduino UNO R3:

- 1) 14 pin digital *input/output* (di mana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM)
- 2) 6 *input* analog
- 3) 16 MHz *ceramic resonator*
- 4) Koneksi USB
- 5) *Jack*
- 6) *Header ICSP*
- 7) Tombol *reset*

Arduino UNO R3 merupakan board yang sangat cocok untuk memulai mempelajari elektronika dan pemrograman. *Board* ini memiliki banyak fitur yang membuatnya cocok untuk berbagai proyek, termasuk proyek *hobbyistik* dan pengendalian perangkat [8]. Beberapa fitur utama yang tersedia di Arduino UNO adalah mikrokontroler ATmega328P, Arduino UNO menggunakan mikrokontroler ATmega328P yang memiliki 32 KB *flash memory*, 2 KB SRAM, dan 1 KB EEPROM. Fitur Digital I/O Pins, Arduino UNO memiliki 14 pin digital *input/output* (I/O) yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti LED, sensor, motor, dan lain-lain. Fitur selanjutnya adalah *Analog Input Pins* yang memiliki 6 pin analog *input* yang dapat digunakan untuk mengukur voltase dalam kisaran tertentu. Fitur *PWM Digital I/O Pins* yang memiliki 6 pin digital I/O yang dapat memberikan keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*). Terdapat juga fitur *Operating Voltage*, *Clock Speed*, *LED Indikator Power*, *USB Connectivity*, *Reset Button*, *Flash Memory*, *SRAM* dan masih banyak lagi.



Gambar 2.3 Pin pada Arduino UNO [30]

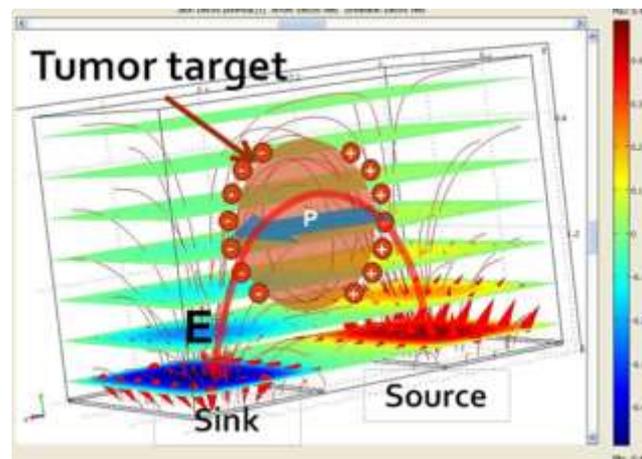
Analog-to-Digital Converter (ADC) pada Arduino Uno adalah fitur yang krusial dalam mengubah sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler. ADC pada Arduino Uno mendukung pengukuran tegangan analog dari sensor atau perangkat eksternal dalam rentang 0 hingga 5 volt. Dengan resolusi 10-bit, ADC ini dapat membagi rentang tegangan tersebut menjadi 1024 nilai yang berbeda, memberikan akurasi yang cukup untuk banyak aplikasi sensorik. Penggunaan ADC memungkinkan Arduino Uno untuk membaca sensor-sensor seperti suhu, cahaya, atau tekanan, serta mengambil keputusan berdasarkan nilai-nilai analog yang dikonversi menjadi digital. Fitur ADC yang terintegrasi ini mempermudah pengembangan berbagai proyek elektronik yang memerlukan pengukuran analog dengan presisi yang memadai [30].

2.2.3 *Electro Capacitance Cancer Therapy* (ECCT)

Electro-Capacitive Cancer Therapy (ECCT), yang dikenal luas sebagai "Jaket Warsito" atau "Jaket Anti Kanker" dalam masyarakat, adalah terapi kanker yang berbasis pada kapasitansi listrik. Berbeda dengan metode konvensional seperti radioterapi yang menggunakan sinar-X dengan tegangan tinggi (antara 10 KV hingga 300 KV) atau kemoterapi yang menggunakan obat-obatan, ECCT

menggunakan medan listrik AC dengan frekuensi antara 100 kHz hingga 300 kHz dan intensitas rendah (seperti dua baterai AA, masing-masing 1,5 V). [4].

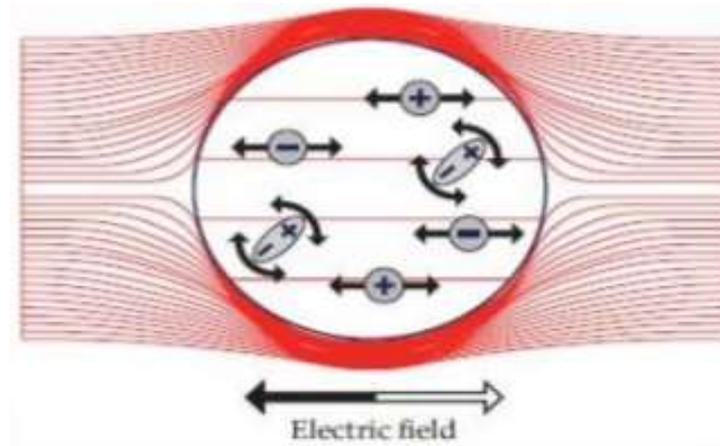
Prinsip dasar teknik *electro-capacitive cancer therapy* (ECCT) adalah membangkitkan medan listrik pada lokasi area tumor yang ditargetkan dengan modulasi (pola intensitas dan frekuensi) tertentu untuk menciptakan distribusi medan listrik sedemikian rupa untuk mengganggu polarisasi listrik. di dalam sel kanker selama mitosis, menyebabkan penghentian mitosis yang mengarah pada penghancuran sendiri sel yang membelah. Teknik ini juga dianggap sebagai stimulasi medan listrik non-kontak. Respon pengobatan ECCT bergantung pada polarisasi dan elastisitas sel terhadap rangsangan medan listrik eksternal; semakin polar dan elastis sel, semakin tinggi responsnya. Umumnya, semakin tinggi grade (lebih ganas) sel, semakin cepat respons terhadap ECCT.



Gambar 2.4 Prinsip Teknik ECCT [5]

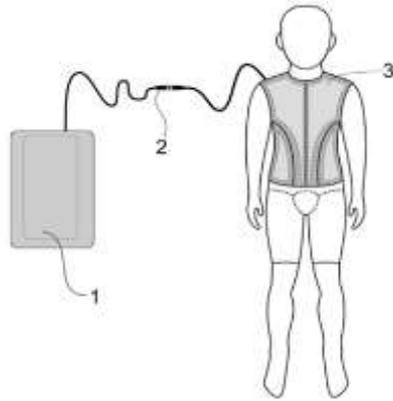
Mekanisme kematian sel yang terjadi pada saat penggunaan ECCT yaitu selama pembelahan sel dalam kondisi normal, kromosom yang direplikasi diarahkan secara merata ke kedua sisi kutub sel untuk membuat dua inti identik dengan peran gelendong mikrotubulus. Sel selama pembelahan sangat terpolarisasi secara elektrik, bermuatan negatif di pusat kedua kutub, dan bermuatan positif di tengah sel yang membelah di mana kromosom yang direplikasi berbaris. Di hadapan medan listrik eksternal (EF), distribusi muatan di dalam sel yang membelah dapat terganggu, mengganggu pengaturan spindle dan karenanya proses pemisahan kromosom, menghasilkan pembelahan kromosom yang tidak merata yang menghasilkan kematian sel pada akhirnya (penghancuran

diri / apoptosis). Mekanisme kematian sel yang berbeda mungkin ada tergantung pada jenis sel, kecepatan mitosis (proliferasi sel) [31].



Gambar 2.5 Pengaruh medan listrik pada sel yang diam

Sel normal dan sel kanker keduanya memiliki kemampuan untuk membelah. Sel normal membelah saat mereka menerima sinyal dari mesin seluler, biasanya sebagai respons terhadap kerusakan sel. Jika tidak ada sinyal untuk membelah, sel normal akan tetap dalam keadaan diam. Di sisi lain, sel kanker terus-menerus membelah meskipun tidak menerima sinyal dari mesin seluler. Terdapat dua perbedaan utama dalam bagaimana medan listrik mempengaruhi sel yang diam dan sel yang sedang membelah. Pada sel yang diam, medan listrik menyebabkan getaran. Distribusi medan listrik pada sel diam dapat dilihat pada Gambar 2.8, di mana medan listrik eksternal tidak mempengaruhi medan listrik internal di dalam sel. Hal ini disebabkan oleh adanya membran sel (lapisan lipid) yang bertindak sebagai kapasitor dengan impedansi yang tinggi pada frekuensi yang digunakan, sehingga medan listrik eksternal tidak dapat menembus membran sel. Medan listrik eksternal tetap berada di luar membran sel dan hanya sebagian kecil yang dapat melewati membran tersebut. Ketika sel sedang membelah, medan listrik eksternal dapat mempengaruhi medan listrik internal, menyebabkan garis medan listrik di dalam sel menjadi lebih padat. [32]



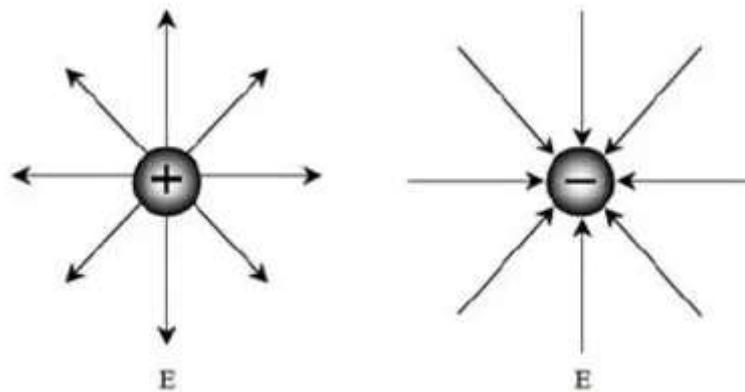
Gambar 2.6 Skema sistem ECCT yang terdiri dari: (1) Osilator, (2) Konektor, (3) Apparel ECCT [5]

Apparel ECCT terdiri dari berbagai jenis tipe sesuai dengan kasus kankernya, untuk macam tipe nya ada *vest/rompi*, helm, *blanket/selimut* dan beberapa tipe yang bisa di custom sesuai dengan kasus kanker yang diderita oleh pasien [5]. Pada apparel ECCT juga terdapat osilator yang berfungsi sebagai *power supply*, ECCT *power supply* menghasilkan arus listrik lemah berfrekuensi tinggi yang digunakan untuk menghambat proses pembelahan sel kanker dan menghancurkan sel kanker yang sedang membelah. Arus listrik lemah berfrekuensi tinggi ini kemudian dialirkan ke ECCT apparel helmet melalui *cable connector*. ECCT *power supply* memiliki tegangan *input* sebesar 2,4 hingga 3 V dengan rentang frekuensi sebesar 50 - 500 KHz. Sumber tegangan berasal dari baterai yang dapat diisi ulang atau rechargeable dengan *maximum current charging* sebesar 350 mA [6]. Teknik ini menggunakan sejumlah elektroda kapasitansi yang tertanam dalam perangkat pakaian untuk dipakai oleh pasien selama kegiatan sehari-hari. Osilator menggunakan tegangan rendah kurang dari 20 Vpp, ditenagai oleh baterai ringan. Waktu penggunaan untuk perawatan pasien relatif singkat dibandingkan dengan metode listrik lainnya, mulai dari 5-15 menit 2 kali per hari [33].

2.2.4 Medan listrik

Medan listrik adalah wilayah di sekitar muatan di mana pengaruh listrik masih terasa pada muatan lainnya. Konsep medan ini melibatkan muatan listrik sebagai sumber yang memancarkan medan listrik ke segala arah. Medan listrik ini

dapat memengaruhi muatan listrik lain yang berdekatan, menyebabkan tarikan atau tolakan tergantung pada jenis muatan yang terlibat. Dengan kata lain, muatan akan merasakan gaya Coulomb, yang merupakan gaya listrik antara dua muatan bermuatan sebanding dengan hasil kali jumlah muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya [17].



Gambar 2.7 Arah medan listrik dari muatan positif dan negatif [17]

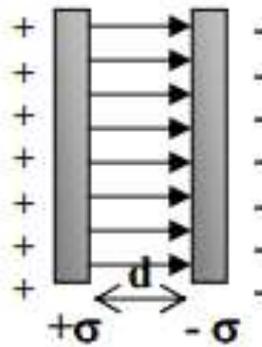
Medan listrik mencakup area di sekitar muatan di mana gaya listrik dari satu atau lebih muatan berpengaruh. Medan listrik juga dikenal sebagai potensial listrik atau potensial yang menghasilkan gaya. Efek medan listrik disebabkan oleh keberadaan muatan seperti elektron, ion, atau proton di sekitar daerah tersebut. Nilai dan arah medan listrik tergantung pada jenis muatan yang ada. Beberapa karakteristik medan listrik meliputi:

1. Garis medan listrik: Garis medan listrik mengindikasikan arah medan. Garis medan listrik biasanya bergerak keluar dari muatan positif dan masuk ke muatan negatif.
2. Kuat medan listrik: Kuat medan listrik dapat dinyatakan atau digambarkan dengan rapatnya garis medan listrik. Medan listrik yang kuat ditunjukkan dengan garis medan listrik yang rapat, sedangkan medan listrik yang lemah ditunjukkan dengan garis medan listrik yang jarang.

Medan listrik memiliki berbagai aplikasi dalam bidang fisika, seperti dalam pengukuran pergeseran sudut, pengukuran daya, dan teknologi elektronika [21].

2.2.5 Kapasitor

Kapasitor, yang juga dikenal sebagai kondensator, adalah perangkat yang mampu menyimpan muatan listrik. Ia terdiri dari dua konduktor (plat atau lembaran) yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan satu sama lain. Kapasitor sangat umum digunakan dalam rangkaian elektronik untuk menyimpan muatan guna berbagai tujuan, seperti pada lampu kilat kamera (*blitz*) dan sebagai sumber cadangan energi pada komputer saat terjadi pemadaman listrik. Kapasitor berfungsi menahan aliran muatan dan energi untuk melindungi rangkaian elektronik. Kapasitor kecil juga berperan sebagai memori untuk penyimpanan kode biner "satu" dan "nol" pada *Random Access Memory* (RAM) komputer, serta memiliki banyak aplikasi lainnya. [7]. Sebuah kapasitor umumnya terdiri dari dua pelat sejajar dengan luas permukaan A , yang dipisahkan oleh jarak d yang kecil. Dalam praktiknya, kedua pelat ini sering kali dibentuk menjadi bentuk silinder dan dipisahkan oleh lapisan kertas atau material isolator lainnya. [23].



Gambar 2.8 Dua buah plat kapasitor positif dan negatif [7]

Satu pelat mendapat muatan negatif, dan yang lainnya mendapat muatan positif sejumlah yang sama. Untuk suatu kapasitor tertentu, jumlah muatan Q yang didapat oleh setiap pelat sebanding dengan beda potensial V :

$$Q = CV \quad (2.1)$$

C = kapasitansi yang diukur dalam Farad

Q = muatan yang diukur dalam coulomb

V = voltase yang diukur dalam volt

Konstanta pembanding C , yang dikenal sebagai kapasitansi kapasitor, diukur dalam satuan farad (F), yang merupakan coulomb per volt. Umumnya, kapasitor memiliki nilai kapasitansi mulai dari 1 pF (pikofarad = 10^{-12} F) hingga 1 μ F (microfarad = 10^{-6} F). Persamaan 2.1 pertama kali diusulkan oleh Volta

pada akhir abad kedelapan belas. [7]. Kapasitansi C adalah sebuah konstanta yang terkait dengan kapasitor spesifik; ia tidak bergantung pada nilai muatan (Q) atau tegangan (V). Nilainya sepenuhnya tergantung pada struktur dan dimensi fisik kapasitor tersebut. Misalnya, untuk kapasitor dengan plat sejajar yang memiliki luas permukaan A dan terpisah oleh jarak d di udara, kapasitansi dinyatakan sebagai berikut:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

C = kapasitansi yang diukur dalam Farad

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa

A = luas penampang keping (m²)

d = jarak antara dua keping (m)

Kapasitansi sering digunakan dalam komponen elektronika seperti kapasitor, yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik dan memperbaiki faktor daya dalam rangkaian listrik. Selain itu, kapasitansi juga dapat digunakan dalam deteksi utilitas bawah tanah dan dalam pengukuran medan listrik. Nilai kapasitansi kapasitor dipengaruhi oleh luasnya pelat, jarak pelat dan konstanta dielektrik atau permittivitas relatif [12].

2.2.6 Pengaruh Medan Listrik pada Kanker

Medan listrik dapat mempengaruhi sel kanker. Penelitian telah menunjukkan bahwa medan listrik eksternal memiliki kemampuan untuk merangsang sel kanker sehingga memicu apoptosis, yaitu kematian sel program yang terjadi secara alami. Interaksi antara medan listrik eksternal dan sel-sel kanker yang berada dalam fase pembelahan dapat menyebabkan terhambatnya siklus mitosis dengan mengganggu gerakan *spindle*, yang penting dalam proses pembelahan sel. Oleh karena itu, medan listrik memiliki potensi untuk digunakan dalam pengobatan kanker, khususnya dalam menginduksi atau memicu proses apoptosis pada sel-sel kanker [13]. Medan listrik dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sel kanker. Terapi medan listrik, seperti *Electro Capacitive Cancer Therapy* (ECCT), dapat mempengaruhi sel kanker dalam beberapa cara, termasuk

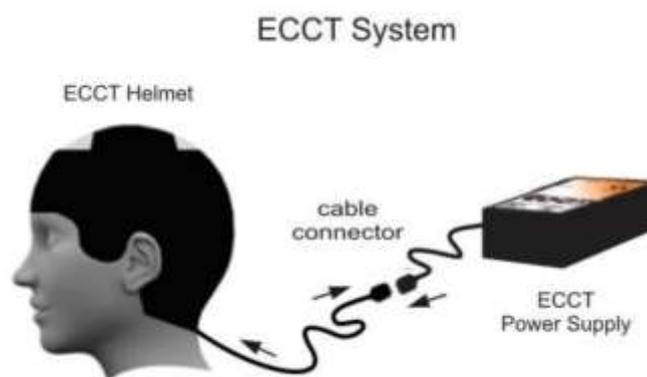
- 1) Peningkatan pH dan penurunan kemampuan metabolisme: Medan listrik dapat menyebabkan peningkatan pH dan penurunan kemampuan metabolisme pada sel kanker, yang pada gilirannya dapat mengurangi viabilitas sel kanker.
- 2) Induksi apoptosis: Interaksi antara medan listrik dengan sel kanker dapat memicu munculnya kematian pada sel kanker (apoptosis). Medan listrik dapat memblokir siklus mitosis yang menyebabkan proses pembelahan sel menjadi tertahan, yang disebabkan oleh diinterferensinya pergerakan *spindle*.
- 3) Perubahan muatan permukaan sel kanker: Medan listrik dapat mengubah muatan permukaan sel kanker, yang dapat mengurangi potensi terjadinya metastasis sel kanker.
- 4) Pengaruh terhadap pembelahan sel: Terapi medan listrik dapat mempengaruhi pembelahan sel sehingga dapat digunakan untuk terapi kanker. Medan listrik bolak-balik dengan frekuensi menengah dan intensitas rendah telah terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap sel kanker.

Metode elektrik yang umum digunakan dalam terapi kanker melibatkan arus listrik bolak-balik (AC) atau arus dinamik (DC). Selain memanfaatkan listrik sebagai terapi, pendekatan lain yang dapat digunakan adalah menggunakan agen pendukung seperti nanopartikel berbasis silika platinum [14]. Saat ini, inovasi ini telah dikembangkan dalam berbagai bentuk, termasuk *Tumor Treating Field* (TTF), *Transcutaneous electrical stimulation* (TENS), dan *Nanosecond pulsed electric field* (nsPEFs). TTF adalah perangkat yang menghasilkan medan magnet dengan kekuatan 1-3 cm dan dapat memicu dipol-dipol pada dimer tubulin, yang menghambat siklus sel pada fase metafase. [15].

2.2.7 Apparel ECCT Model Helmet

Electro Capacitive Cancer Therapy (ECCT) untuk kanker otak merupakan sebuah sistem perangkat yang terdiri dari sumber daya ECCT, konektor kabel, dan helm aparatur. Sumber daya ECCT menghasilkan arus listrik lemah dengan frekuensi tinggi yang digunakan untuk menghambat pembelahan sel kanker dan merusak sel kanker yang sedang membelah. Arus listrik lemah ini dialirkan ke

helm aparatur ECCT melalui konektor kabel. Sumber daya ECCT memiliki tegangan *input* antara 2,4 hingga 3 V dengan frekuensi yang bervariasi antara 50 hingga 500 KHz. Sumber tegangan ini berasal dari baterai isi ulang dengan kapasitas maksimum arus pengisian sebesar 350 mA. Setiap elektroda pada helm aparatur ECCT yang melingkupi setengah permukaan kepala memiliki luas sekitar 350 cm². Sistem ini menggunakan medan listrik frekuensi rendah yang dihasilkan oleh helm untuk mengganggu pertumbuhan dan perkembangan sel kanker. Helm ini dilengkapi dengan elektroda kapasitif yang ditempatkan di sekitar kepala, yang secara efektif menargetkan area yang terkena kanker tanpa mengganggu jaringan sehat di sekitarnya. Medan listrik yang dihasilkan menciptakan lingkungan yang tidak mendukung untuk sel kanker, sehingga mengurangi kemampuan mereka untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Selain itu, helm ini dirancang untuk kenyamanan penggunaan dalam jangka waktu lama, dengan bantalan lembut dan bahan yang ringan, memungkinkan pasien untuk menjalani terapi dengan lebih mudah tanpa merasa tidak nyaman. [22].



Gambar 2.9 Apparel ECCT Model Helmet [22]

2.2.8 *Electromagnetic Field Meter* (EMF Meter)

Electromagnetic Field Meter (EMF Meter) adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi medan elektromagnetik yang dihasilkan dari berbagai peralatan, seperti peralatan transmisi listrik, saluran listrik, oven listrik, AC, kulkas, monitor komputer, perangkat video/audio, dan lain-lain [26]. EMF Meter dapat mendeteksi berbagai frekuensi, termasuk *Extra Low Frequency* (ELF) yang berada di rentang 30 Hz hingga 300 Hz. Alat ini biasanya dilengkapi

dengan layar LCD untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung dan memiliki fitur-fitur seperti penyimpanan data, indikasi kelebihan beban, dan indikasi baterai rendah. EMF Meter digunakan untuk memantau medan elektromagnetik agar kondisi terjaga dengan baik dan untuk mengukur radiasi gelombang radio yang dapat berbahaya bagi kesehatan jika terpapar dalam jangka panjang [27].

Sistem kerja EMF Meter melibatkan sensor yang dapat menangkap variasi medan elektromagnetik dalam berbagai frekuensi, baik itu frekuensi rendah yang dihasilkan oleh peralatan listrik rumah tangga maupun frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh perangkat nirkabel dan menara komunikasi. Saat sensor mendeteksi medan elektromagnetik, data tersebut diolah dan ditampilkan dalam bentuk angka pada layar alat, memberikan pembacaan instan tentang intensitas medan tersebut. Beberapa EMF Meter juga dilengkapi dengan fitur tambahan seperti alarm yang berbunyi ketika level medan elektromagnetik melebihi batas aman tertentu. Dengan demikian, EMF Meter membantu pengguna untuk mengidentifikasi sumber medan elektromagnetik yang berpotensi berbahaya dan memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan pencegahan yang tepat untuk melindungi kesehatan dan keselamatan mereka.



Gambar 2.10 Smart sensor ST1393 EMF Meter [29]

Smart sensor ST1393 EMF Meter adalah salah satu jenis alat pengukur medan elektromagnetik (EMF) yang digunakan untuk mengukur intensitas medan elektromagnetik. Penggunaan alat *Smart sensor* ST1393 EMF Meter penting

untuk melakukan evaluasi paparan medan elektromagnetik dalam lingkungan kerja, rumah, atau tempat umum lainnya. Hal ini dapat membantu untuk memantau tingkat paparan dan memastikan bahwa tingkat medan elektromagnetik berada dalam batas yang aman sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku [29].