

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian yang berjudul “Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Hama Rayap menggunakan Metode *Forward Chaining* Berbasis GUI (Studi Kasus: Duta Jasa Pest & *Termite Control*)” yang diteliti oleh Fauzi (2020) bertujuan untuk dapat mengenali gejala kerusakan dan teknik untuk pemberantasan rayap agar tidak merugikan ekonomi masyarakat. Sistem pakar tersebut digunakan untuk mendiagnosa hama rayap dan mencegah terjadinya kerusakan dengan menggunakan metode *forward chaining* berbasis GUI. Tujuh data yang dilakukan uji coba menghasilkan sebesar 71% tingkat akurasi dan diperlukan adanya pengembangan serta pengayaan terhadap aplikasi untuk melengkapi kekurangan, minimnya data juga berpengaruh pada tingkat akurasi yang dihasilkan [11].

Pada penelitian lain yang berjudul “Penerapan Metode *Forward Chaining* dalam Sistem Pakar untuk Diagnosa Hama dan Penyakit Tanaman Tomat” yang dilakukan oleh Muhammad Arif dan Hartatik (2019), bertujuan untuk membantu petani dan masyarakat agar dapat mengetahui hama dan penyakit pada tomat. Sistem tersebut dibuat menggunakan metode *forward chaining* berbasis *website* dan menghasilkan tingkat akurasi sebesar 100%. Metode *forward chaining* pada penelitian tersebut berhasil diimplementasikan dalam sistem pakar untuk mendiagnosa hama dan penyakit pada tomat [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Rusdiansyah *et al.* (2019) dengan judul “*Diabetes Mellitus Diagnosis Expert System with Web-Based Forward Chaining*” meneliti tentang penggunaan sistem pakar untuk membantu dalam proses diagnosis penyakit menular sebagai pengganti seorang pakar. Kurangnya pengetahuan tentang gejala dan cara menangani penyakit diabetes melitus menjadi salah satu penyebab meningkatnya jumlah orang yang terkena penyakit tersebut, sehingga dibuatlah sistem pakar tersebut menggunakan metode *forward chaining* untuk membantu dalam mendiagnosa penyakit tersebut. Hasil yang diperoleh dari

pengujian perangkat lunak pada sistem tersebut memiliki tingkat akurasi sebesar 90% [13].

Penelitian lainnya dilakukan oleh Popi *et al.* (2021) yang berjudul “Sistem Pakar dengan Metode *Backward Chaining* untuk Optimalisasi Layanan *Helpdesk E-Government*” yang bertujuan untuk mengoptimalkan layanan *helpdesk e-government* agar dapat melakukan pelayanan tanpa melibatkan teknisi secara langsung. Metode yang digunakan pada sistem pakar ini adalah *backward chaining*, dimana sistem akan memulai pencarian dari tujuan yang ingin dicapai dan setiap kesimpulan yang diperoleh dari aturan mundur merupakan tahapan untuk mencapai kesimpulan akhir. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah 21 *rules* yang dapat diaplikasikan pada layanan dengan menghasilkan akurasi sebesar 92% [14].

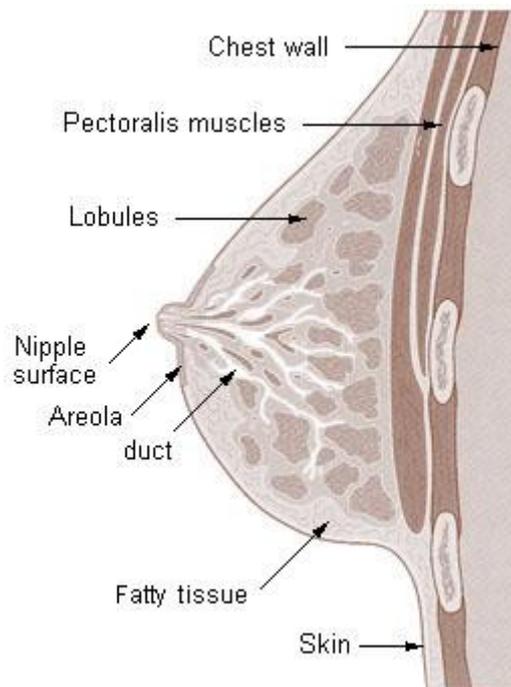
Sedangkan penelitian yang berjudul “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit ISPA Berbasis Web dengan Metode *Forward Chaining*” yang diteliti oleh Ramadhani, Teuku *et al.* (2020) membuat sebuah sistem pakar dengan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai *database* untuk mendiagnosa penyakit ISPA. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan *forward chaining*. Sistem diuji untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibuat sesuai dengan desain yang ditetapkan pada *flowchart*, *use case diagram*, serta *activity diagram* dari sistem pakar pada proses diagnosa. Penelitian tersebut memiliki tampilan *interface* yang sederhana yang bertujuan untuk memudahkan pengguna berinteraksi dengan sistem. Berdasarkan 100 data uji coba yang digunakan pada penelitian tersebut, hasil pengujian validitas menunjukkan tingkat akurasi sebesar 94% [15].

Penelitian-penelitian sebelumnya menjadi landasan untuk dapat memecahkan masalah yang dikaji. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa metode *forward chaining* dapat digunakan untuk mendiagnosa suatu masalah dan dapat menghasilkan tingkat akurasi yang besar. Perbedaan pada penelitian sebelumnya terletak pada objek penelitian, dimana pada penelitian sebelumnya objeknya ialah penyakit baik pada manusia maupun tanaman, dengan kesamaan metode yaitu *forward chaining*.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Payudara

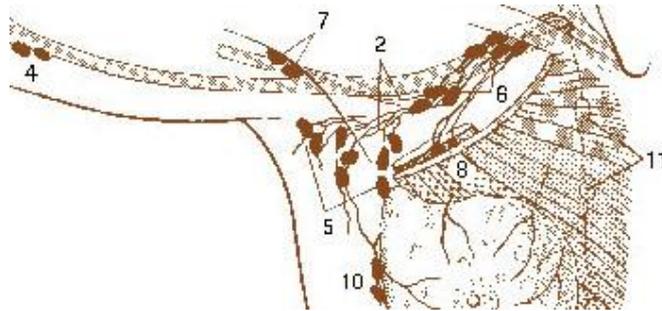
Payudara merupakan kelenjar penghasil susu, pada umumnya berbentuk seperti air mata (*tear-shaped*). Payudara melekat pada bagian depan dinding dada (*chest wall*) di kedua sisi tulang dada (*breast bone*) atau *sternum* di ligamen, dan bertumpu pada otot dada utama, *pectoralis mayor*. Payudara tidak memiliki otot dan dikelilingi oleh kelenjar yang ditutupi oleh lapisan lemak yang menyebar di seluruh payudara. Setiap payudara berisi 15 hingga 20 lobus yang tersusun melingkar. Bentuk dan ukuran payudara dipengaruhi oleh lemak yang merupakan jaringan adiposa subkutan yang menutupi lobus. Setiap lobus terdiri dari banyak lobulus, terdapat kelenjar kecil atau kantung disetiap ujungnya yang merupakan tempat susu diproduksi sebagai respon terhadap sinyal hormonal. Duktus (saluran) pada payudara menghubungkan lobus, lobulus, dan kelenjar pada saat menyusui, selain itu duktus juga mengalirkan susu pada puting susu. Area dengan pigmen lebih gelap di sekitar puting susu disebut areola [16].



Gambar 2.1 Anatomi Payudara [16]

Interaksi hormon yang kompleks pada payudara menyebabkan jaringan yang terdapat di payudara berkembang, membesar, dan memproduksi ASI.

Terdapat tiga hormon utama yang memengaruhi payudara, yaitu estrogen, progesteron, dan prolaktin, yang menyebabkan jaringan kelenjar di payudara dan rahim berubah selama siklus menstruasi. Payudara juga disusun oleh pembuluh darah dan getah bening. Jaringan pada payudara dialirkan oleh pembuluh limfatik yang menuju ke kelenjar getah bening aksila dan kelenjar susu internal (terletak di sepanjang tulang dada) [16].



Gambar 2.2 Daerah Kelenjar Getah Bening [16]

Tabel 2.1 Daerah Kelenjar Getah Bening [16]

Nomor	Keterangan
2	<i>Axillary lymphatic plexus</i>
4	<i>Cubital lymph nodes</i>
5	<i>Superficial axillary (low axillary)</i>
6	<i>Deep axillary lymph nodes</i>
7	<i>Brachial axillary lymph nodes</i>
8	<i>Interpectoral axillary lymph nodes (Rotter nodes)</i>
10	<i>Paramammary or intramammary lymph nodes</i>
11	<i>Parasternal lymph nodes (internal mammary nodes)</i>

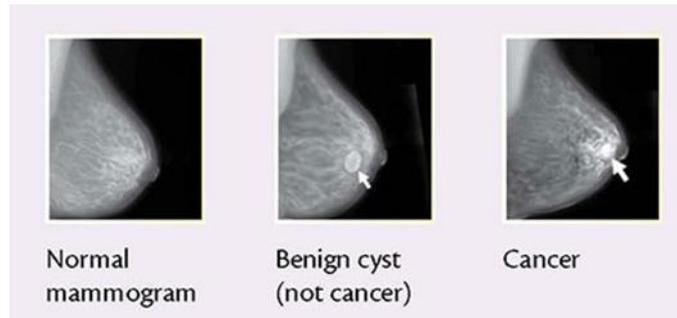
2.2.2 Kanker Payudara

Kanker yang terdapat dalam tubuh dapat disebabkan oleh karsinogenesis yang dapat terjadi pada semua jenis sel, jaringan, atau organ dan menyebabkan perubahan degeneratif [17]. Karsinogenesis merupakan proses multifaktorial yang sebagian besar dipicu oleh faktor lingkungan serta kecenderungan genetik. Proses utama yang memungkinkan hal tersebut terjadi, diantaranya memiliki proliferasi yang tak terbatas, peningkatan angiogenesis, menghindari apoptosis, resistensi terhadap sinyal anti-pertumbuhan dan aktivasi sinyal pertumbuhan itu sendiri, dan kemampuan untuk bermetastasis. Jumlah kematian yang sangat tinggi di seluruh dunia disebabkan oleh kanker, menjadikannya salah satu penyebab utama kematian

[18]. Kanker payudara merupakan salah satu kanker yang paling banyak didiagnosis dan penyebab kematian terkait kanker ke-5 dengan jumlah 2,26 juta kasus baru di seluruh dunia menurut data GLOBOCAN 2020 [19].

Sebesar 95% kanker payudara adalah karsinoma, yang berarti bahwa sel epitel payudara adalah sumber kanker. Untuk menciptakan mekanisme autokrin, reseptor hormon estrogen dan progesteron dalam epitel payudara berinteraksi dengan promotor pertumbuhan sel kanker, seperti *transforming growth factor alpha*, yang terkait dengan faktor pertumbuhan pada lapisan epitel, dan faktor pertumbuhan *fibroblast*, yang berasal dari sel kanker payudara, yang disekresikan oleh sel kanker payudara untuk menghasilkan lesi dan tumor. Jenis kanker payudara yang paling umum ditemukan, yaitu karsinoma invasif (menyebar) dan karsinoma *in situ*. Epitel duktal atau lobular dapat membentuk karsinoma *in situ*, tetapi mereka tetap berada di dalam epitel tersebut (kelenjar susu) dan tidak menginvasi membran basal di bawahnya, yang mengindikasikan adanya perluasan melewati batas epitel. Karsinoma duktal atau lobular invasif (menyebar) merupakan kelanjutan dari karsinoma *in situ* yang menyebar melalui dinding duktus dan menyerang jaringan payudara. Ketika terjadi kanker payudara, umumnya kanker akan menyebar ke kelenjar getah bening yang terletak di aksila dan kelenjar susu internal. Penyakit yang berhubungan dengan invasi memiliki kemampuan untuk menyebar dan pada akhirnya mengakibatkan kematian [16], [20].

Faktor risiko kanker payudara tidak diketahui secara pasti, namun terdapat beberapa faktor yang diperkirakan dapat memicu terjadinya kanker payudara. Wanita berisiko tinggi mengalami kanker payudara 100 kali lipat lebih besar dibandingkan laki-laki. Sekitar 5-10% dari semua kanker payudara diperkirakan berhubungan dengan kecenderungan genetik, jika wanita memiliki kerabat tingkat pertama yang menderita kanker payudara memiliki risiko lebih besar terkena kanker payudara. Risiko kanker payudara juga meningkat seiring bertambahnya usia, angka kejadian kanker payudara meningkat secara drastis pada wanita hingga mereka mencapai usia 45 hingga 50 tahun yang terjadi akibat dari perubahan hormon pada saat *menopause* [16], [21].



Gambar 2.3 Perbandingan Hasil Mamogram Payudara Normal (kiri), Tumor (tengah), dan Kanker (kanan) [22]

2.2.3 Kemoterapi

Kemoterapi adalah metode pengobatan kanker yang menggunakan obat-obatan untuk menarget dan menghentikan pertumbuhan sel-sel kanker yang tersisa dalam tubuh yang tidak dapat dihapus melalui operasi. Meskipun bertujuan untuk menghancurkan sel-sel kanker, pengobatan ini juga dapat merusak sel-sel sehat, terutama yang berkembang dengan cepat. Kemoterapi bisa disampaikan melalui suntikan langsung ke pembuluh darah atau dikonsumsi melalui mulut. Biasanya, pengobatan ini diberikan selama beberapa bulan dengan jeda waktu untuk pemulihan. Kombinasi beberapa obat sering digunakan karena dapat lebih efektif daripada satu obat tunggal.

Dampak fisik kemoterapi termasuk perubahan pada penampilan tubuh, kerontokan rambut, pigmentasi kulit, kesulitan menelan, hilangnya nafsu makan, mual, muntah, dan nyeri. Tingkat kecemasan yang tinggi dapat berdampak negatif pada sistem kekebalan tubuh pasien [23]. Individu yang menerima pengobatan kemoterapi untuk kanker payudara akan menghadapi perubahan pada aspek fisik, psikologis (misalnya, dampak seperti depresi dan kekhawatiran), interaksi sosial, kehidupan seksual, dan gangguan dalam menjalankan aktivitas harian [24].

2.2.4 Mastektomi (Pembedahan)

Penanganan kanker payudara melibatkan beberapa metode, seperti pembedahan, radioterapi, dan kemoterapi. adalah langkah utama dan dasar dalam penanganan kanker payudara, yang dipilih berdasarkan sejumlah faktor termasuk ukuran tumor, tingkat penyebaran penyakit, dan keinginan pasien. Sebagai contoh, pembedahan sering kali menjadi pilihan pertama bagi sebagian besar pasien kanker

payudara, terutama saat biopsi nodul kelenjar getah bening juga dilakukan untuk mengevaluasi penyebaran kanker ke area sekitarnya. Namun, sekitar dua pertiga dari pasien mengalami berbagai komplikasi setelah menjalani pembedahan, termasuk masalah seperti keterbatasan gerak lengan, kelemahan pada bagian tubuh atas, nyeri kronis, sensasi mati rasa, dan keterbatasan gerakan pada sendi bahu [25].

2.2.5 Radioterapi

Radioterapi adalah metode pengobatan yang umum digunakan pada pasien kanker untuk mengendalikan pertumbuhan sel kanker. Terapi ini menggunakan radiasi dengan dosis tinggi untuk membunuh sel kanker dan mengurangi ukuran tumor. Namun, radioterapi juga dapat menyebabkan efek samping pada pasien kanker. Radioterapi dapat diberikan melalui dua metode, yaitu radioterapi eksternal yang disampaikan ke tubuh dari luar menggunakan mesin perawatan, dan *brachytherapy* yang ditempatkan secara sementara atau permanen di dalam rongga tubuh [26], [27].

Efek samping dari radioterapi bervariasi tergantung pada kondisi fisik pasien. Beberapa mungkin hanya mengalami keluhan ringan, sementara yang lain mungkin mengalami efek samping yang sedang hingga parah. Selain itu, efek samping juga tergantung pada area tubuh yang diobati dan dosis radiasi yang diberikan. Efek samping ini bisa muncul segera setelah terapi, dikenal sebagai efek jangka pendek, atau bisa muncul setelah beberapa waktu, termasuk beberapa bulan atau tahun kemudian, dikenal sebagai efek jangka panjang. Keluhan yang paling umum dialami pasien setelah menjalani radioterapi adalah kelemahan, nyeri, dan dermatitis di area yang terkena radiasi [26].

2.2.6 *Electro-Capacitive Cancer Therapy (Ecct)*

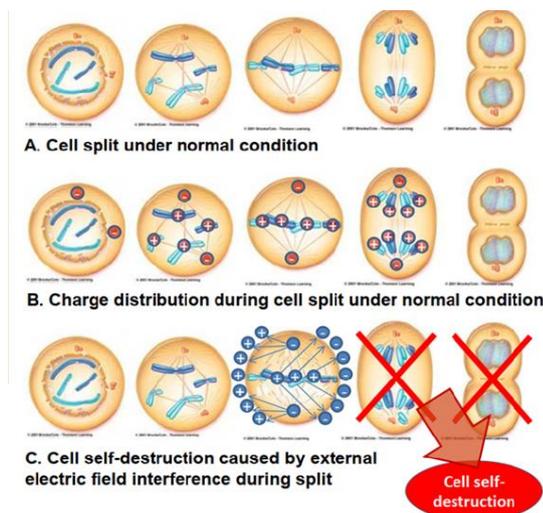
ECCT adalah alat terapi kanker berbasis kapasitansi listrik. Berbeda dengan pengobatan kanker pada umumnya, yaitu radioterapi yang menggunakan sinar-X dengan sumber energi yang relatif tinggi yaitu antara 10KV-300KV, dan kemoterapi yang menggunakan obat-obatan untuk membunuh kanker, ECCT menggunakan sumber gelombang elektro-statis intensitas rendah (<30Vpp) dan frekuensi rendah (<100kHz) yang kemudian menghasilkan polarisasi di bagian

medan listrik dan dibatasi oleh elektroda kapasitif yang ada pada pakaian yang dipakai oleh pasien [7], [28].



Gambar 2.4 Peralatan ECCT yaitu Apparel dan Osilator [7]

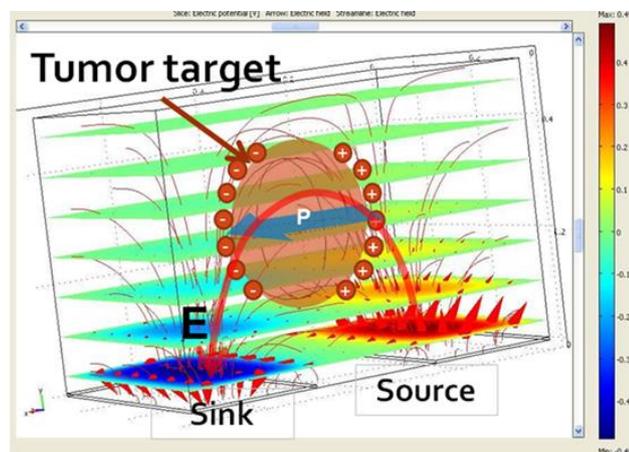
ECCT terdiri dari dua bagian, yaitu pakaian (*apparel*) sebagai penunjang elektroda kapasitif dan osilator sebagai *power supply* gelombang listrik dengan intensitas, panjang gelombang, dan frekuensi tertentu. Penggunaan pakaian dibagi dalam dua cara, yaitu cakupan global untuk pencegahan metastasis dan cakupan lokal yang disesuaikan sampai tumor hancur secara total. Durasi penggunaan ditentukan oleh tingkat keganasan kanker, patologi anatomi, dan sifat listrik sel kanker. Secara umum, semakin tinggi stadiumnya serta tingkat keganasannya, semakin baik respon kanker terhadap gelombang listrik dan semakin pendek durasinya karena tubuh memiliki kapasitas yang terbatas untuk menyerap dan membuang sel-sel mati yang ditimbulkan [7].



Gambar 2.5 Proses Mitosis Sel dan Mekanisme Gangguan Medan Listrik oleh ECCT hingga Menyebabkan Kematian Sel melalui Apoptosis [7]

Prinsip dasar dari teknik ECCT adalah menciptakan medan listrik dengan modulasi (intensitas dan pola frekuensi) tertentu pada area tumor yang ditargetkan. Distribusi medan listrik ini dirancang untuk mengganggu polarisasi listrik yang terjadi di dalam sel kanker selama mitosis, yang mengakibatkan penghentian mitosis yang menyebabkan sel-sel yang membelah menghancurkan dirinya sendiri. Metode ini juga dikenal sebagai stimulasi medan listrik yang tidak memerlukan kontak. Polaritas dan fleksibilitas sel terhadap rangsangan medan listrik eksternal menentukan bagaimana pengobatan ECCT merespons; semakin polar dan elastis sel, semakin besar reaksinya. Secara umum, reaksi terhadap ECCT terjadi lebih cepat jika semakin tinggi tingkat (lebih ganas) sel [7].

Dalam pembelahan sel dengan kondisi normal, benang-benang mikrotubulus (*microtubule spindles*) memainkan peran penting dalam mengarahkan kromosom yang direplikasi secara merata ke kedua sisi kutub sel untuk membentuk dua inti yang identik. Ketika sel membelah, sel menjadi sangat terpolarisasi secara elektrik, dengan muatan positif di tengah dan muatan negatif di kedua kutub tempat kromosom yang direplikasi disejajarkan. Kehadiran medan listrik eksternal (EF) dapat mengganggu distribusi muatan di dalam sel yang membelah. Hal ini dapat menyebabkan gangguan pada kesejajaran benang-benang mikrotubulus, yang pada gilirannya mengganggu proses pemisahan kromosom. Hasilnya adalah pembelahan kromosom yang tidak merata, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel melalui penghancuran diri atau apoptosis. Proses kematian sel yang berbeda dapat terjadi tergantung pada jenis sel, kecepatan mitosis (proliferasi sel), dan modifikasi EF eksternal (intensitas dan frekuensi) [7].



Gambar 2.6 Prinsip Teknik ECCT [7]

Persamaan (1) dan (2) merupakan persamaan yang digunakan pada ECCT dengan penjelasan sebagai berikut:

$$\nabla \cdot (\varepsilon + \sigma)\mathbf{E} = \rho \quad (2.1)$$

$$\mathbf{P} = \varepsilon\mathbf{E} \quad (2.2)$$

Keterangan:

ε : Permittivitas

σ : Konduktivitas

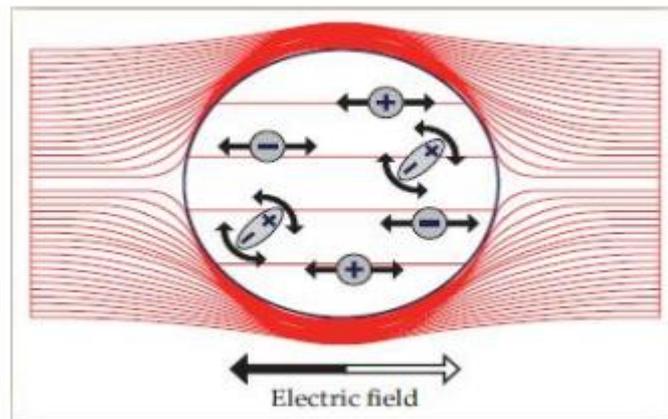
\mathbf{E} : *Electric field intensity* (V/m)

ρ : *Charge density*

\mathbf{P} : Tumor Target

Persamaan (1) dapat digunakan untuk menentukan nilai kerapatan muatan yang dimiliki oleh suatu material. Sel yang hidup di dalam tubuh memiliki nilai ρ tidak sama dengan 0, namun otak dan jantung, begitu pula dengan kanker dan inflamasi memiliki nilai ρ lebih besar dari 0 dan dari sel hidup lainnya di dalam tubuh. Persamaan (2) menghasilkan nilai muatan listrik yang dimiliki oleh tumor target [7].

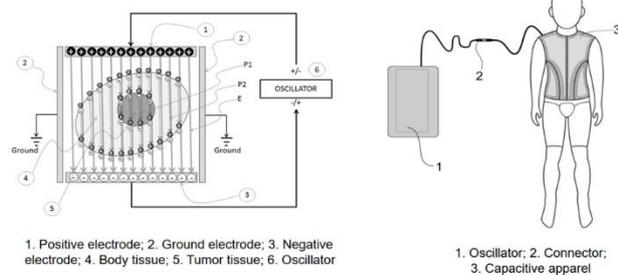
Sel normal dan sel kanker keduanya aktif membelah. Sel normal membelah saat mendapat sinyal dari mesin seluler, misalnya ketika terjadi kerusakan sel. Jika tidak ada sinyal untuk membelah, sel normal akan tetap diam. Sebaliknya, sel kanker terus membelah meskipun tanpa sinyal dari mesin seluler. Terdapat dua perbedaan utama pengaruh medan listrik pada sel diam dan sel yang membelah. Pada sel diam, medan listrik hanya menimbulkan getaran. Gambar 2.7 menunjukkan distribusi medan listrik pada sel diam, di mana medan listrik eksternal tidak memengaruhi medan listrik internal di dalam sel. Hal ini karena sel diam memiliki membran sel (lapisan lipid) yang bertindak sebagai kapasitor dengan impedansi 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 sedikit yang mampu melewati membran. Saat sel membelah, medan listrik eksternal dapat memengaruhi medan listrik internal, sehingga garis-garis medan listrik di dalam sel menjadi lebih rapat [29].



Gambar 2.7 Pengaruh medan listrik pada sel yang diam

Osilator pada ECCT berfungsi sebagai *power supply* dan pemberi medan listrik pada penggunaan *apparel* ECCT. 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 [30].

Schematic Diagram of ECCT system



Gambar 2.8 Skematik Diagram dari Sistem Elektroda (Kiri); Sistem ECCT yang terdiri dari Osilator, Apparel, Konektor (Kanan) [30]

Osilator memiliki 2 tipe yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda, yaitu:

- Osilator Standar, berfungsi untuk mendetoks tubuh dan mencegah pertumbuhan sel kanker. Tipe standar menggunakan frekuensi 100 kHz dan tegangan 18 Vpp.
- Osilator *High Voltage* (HV), berfungsi untuk mendetoks tubuh dan mencegah pertumbuhan sel kanker. Tipe HV menggunakan frekuensi 100kHz dengan

tegangan 30 Vpp yang juga berfungsi untuk terapi dan penetrasi sel kanker yang tinggi [31].

2.2.7 Sistem Pakar

Artificial Intelligence (AI) adalah cabang dari ilmu komputer dan juga teknologi komersial yang memungkinkan komputer untuk melakukan tindakan cerdas yang biasanya dikaitkan dengan manusia. Aplikasi komputer ini dibedakan dari program yang lebih tradisional dengan menggunakan *software* khusus untuk memodelkan dan meniru kemampuan manusia. Salah satu bidang yang paling potensial dalam AI terapan adalah sistem pakar. Sistem pakar adalah program yang memecahkan masalah yang biasanya membutuhkan keahlian manusia—kombinasi fakta dan pengalaman. Sistem pakar merekam pengetahuan dalam format yang dapat disimpan di komputer dan dimanipulasi untuk memecahkan masalah yang biasanya membutuhkan campur tangan manusia [32].

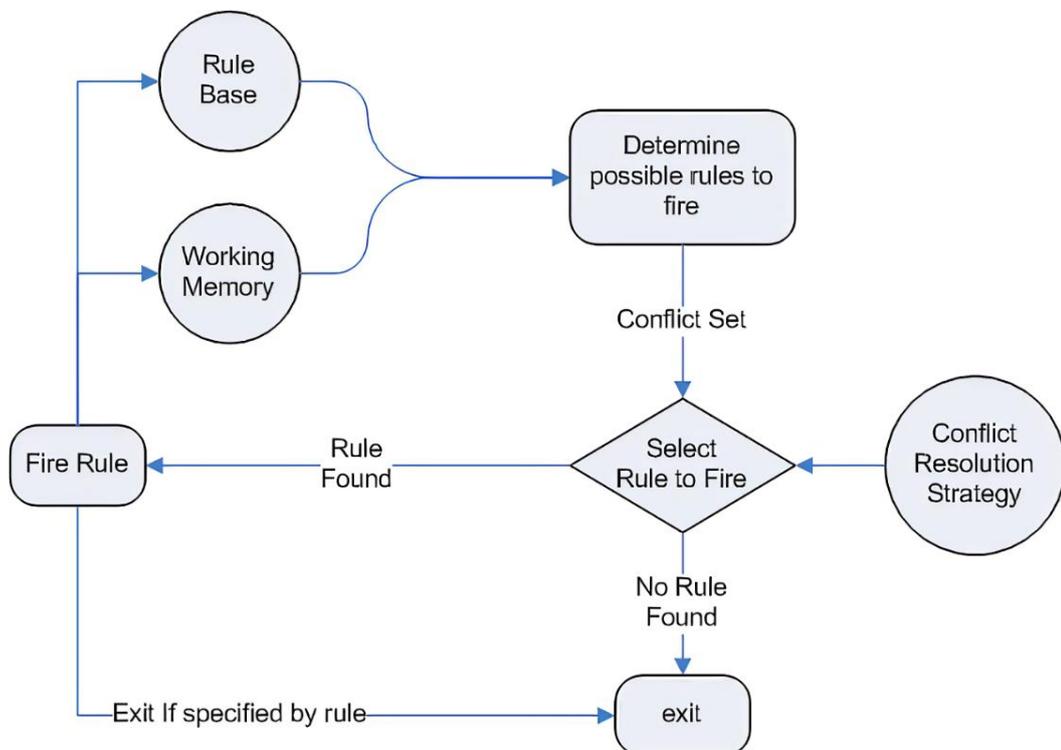
Struktur dasar sistem pakar terdiri dari beberapa komponen, diantaranya:

- a. *Knowledge base* (basis pengetahuan) adalah tempat penyimpanan keahlian sistem pakar, termasuk fakta dan aturan. Selama membuat *knowledge base*, *knowledge base* harus mampu memperoleh pengetahuan baru, mengekspresikan, dan menyimpan pengetahuan dengan cara yang dapat dilakukan oleh komputer.
- b. *Working memory* (memori kerja), bertugas menyimpan *input* berupa fakta.
- c. *Reasoning machine* (mesin penalaran), memperoleh informasi baru dengan mencocokkan fakta dalam *working memory* dengan pengetahuan. Selain itu, informasi perantara yang diperoleh selama pemrosesan harus disimpan dalam unit penyimpanan.
- d. *Interpreter* bertugas menafsirkan *output* dari mesin inferensi, termasuk menjelaskan kebenaran dan alasan di balik kesimpulan [33].

2.2.8 Forward Chaining

Forward-chaining merupakan salah satu dari dua metode penalaran utama ketika menggunakan mesin inferensi, secara logis dapat dicirikan sebagai aplikasi berulang dari *modus ponens* (sekumpulan aturan inferensi dan argumen yang valid). *Forward-chaining* dimulai dengan data yang tersedia dan menggunakan aturan

inferensi untuk mendapatkan data lebih lanjut hingga tujuan atau kesimpulan tercapai. Mesin inferensi *forward-chaining* mencari aturan inferensi hingga salah satu anteseden (hipotesis atau klausa *IF-THEN*) benar. Ketika aturan tersebut ditemukan, mesin keputusan dapat mencapai kesimpulan, atau konsekuensi (klausa *THEN*), yang menciptakan informasi tambahan baru dari data yang disediakan. Operasi ini akan diulang oleh mesin hingga mendapatkan kesimpulan. *Forward-chaining* adalah bentuk pemikiran berbasis data (*data-driven*), yaitu pemikiran yang fokus perhatiannya dimulai dari data yang ada. *Forward-chaining* dapat digunakan pada agen untuk membuat kesimpulan dari persepsi yang masuk, yang sering kali dilakukan tanpa menggunakan *query* tertentu [34].



Gambar 2.9 Flowchart Forward Chaining [35]

Gambar 2.8 merupakan proses interpretasi *rules* pada *forward chaining*. Fungsi pada setiap proses dijelaskan sebagai berikut:

a. *Rule Base*

Rule base adalah basis pengetahuan dalam sistem *forward chaining*. Basis pengetahuan ini berisi kumpulan aturan yang menjelaskan antara fakta-fakta. Aturan-aturan ini akan menentukan bagaimana sistem akan menyimpulkan fakta baru berdasarkan fakta-fakta yang sudah diketahui.

b. *Working Memory*

Fakta-fakta yang diketahui oleh sistem disimpan pada *working memory*, yang diperoleh dari *input* pengguna, hasil dari pencocokan aturan, dan fakta-fakta wal yang ditetapkan oleh program. *Working memory* bersifat dinamin, dimana fakta baru dapat ditambahkan atau dihapus selama proses inferensi.

c. *Determine possible rules to fire*

Pada tahap ini, sistem akan menganalisis semua aturan dalam *rule base* untuk menentukan aturan-aturan yang dapat diaktifkan (*fire*) berdasarkan data-data yang ada pada *working memory*. Hal ini dilakukan dengan cara mencocokkan premis (*IF*) dari setiap aturan dengan fakta-fakta di *working memory*. Apabila semua kondisi dalam premis terpenuhi, maka aturan tersebut dianggap sebagai kandidat untuk diaktifkan.

d. *Conflict Resolution Strategy*

Seringkali terdapat beberapa aturan yang dapat diaktifkan dalam satu waktu, maka sistem membutuhkan strategi untuk memilih aturan yang akan diaktifkan terlebih dahulu. Pada proses ini akan dicari aturan yang memiliki prioritas tertinggi dan berpotensi untuk dieksekusi atau diaktifkan.

e. *Fire Rule*

Pada proses ini, sistem akan menjalankan tindakan yang ditentukan dalam bagian *THEN* dari aturan yang dipilih. Tindakan ini dapat berupa menambahkan, menghapus, mengubah nilai fakta yang ada di *working memory*, serta memanggil fungsi eksternal.

f. *Exit*

Proses *forward chaining* akan terus berulang hingga menemukan salah satu kondisi sebagai berikut:

- Aturan yang diinginkan berhasil diaktifkan (fakta baru telah ditambahkan ke *working memory*)
- Tidak ada lagi aturan yang dapat diaktifkan (sistem tidak dapat menemukan solusi untuk masalah yang diberikan).

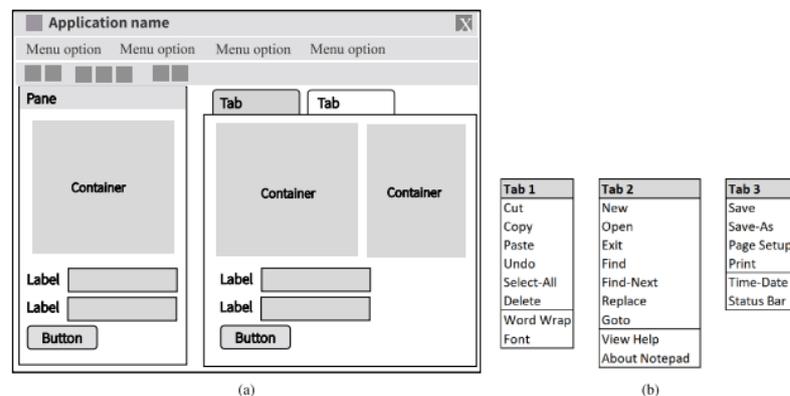
Pada kondisi ini, sistem akan berhenti dan menampilkan hasil yang diperoleh [36].

2.2.9 Bahasa Pemrograman *Python*

Python adalah bahasa pemrograman yang mudah dipelajari, *high-level*, *open-source*, dan banyak digunakan untuk berbagai alasan. *Python* memiliki banyak *library* dan telah digunakan untuk membuat berbagai macam perangkat lunak, termasuk *internet scripting*, *systems programming*, *user interfaces*, *product customization*, dan *numeric programming* [34], [35].

2.2.10 *Graphical User Interface (Gui)*

Seorang pengguna (*user*) dapat berinteraksi dengan perangkat elektronik, seperti komputer dan *smartphone* melalui penggunaan ikon, menu, dan indikator atau representasi visual lainnya (grafik) dengan menggunakan *graphical user interface (GUI)*. Tidak seperti antarmuka berbasis teks, dimana data dan instruksi hanya disajikan dalam bentuk tertulis, GUI menampilkan informasi dan kontrol secara grafis. Tampilan *user interface* dapat dimanipulasi dengan menggunakan perangkat penunjuk, seperti *mouse*, *trackball*, *stylus*, atau jari pada layar sentuh. Pada Gambar 2.9 merupakan contoh dari dua jenis GUI yaitu aplikasi dan menu [37], [38].



Gambar 2.10 Jenis GUI (a) Aplikasi Desktop; (b) *Hierarchical Menu* [38]