

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Diagnosa epilepsi perlu ditegakkan karena ada berbagai jenis serangan epilepsi yang seringkali tidak dikenali. Secara klinis epilepsi sangat sulit untuk di definisikan karena gejala klinis yang sangat bervariasi, mulai dari kejang umum, kejang fokal, penurunan kesadaran, gangguan tingkah laku sampai dengan gejala klinis yang aneh-aneh dengan latar belakang yang sulit dimengerti. Dengan semua gejala-gejala yang begitu kompleks dan samar, pendiagnosaan terhadap epilepsi menjadi sangat krusial untuk dilakukan. Dalam pendiagnosaan terhadap epilepsi ada beberapa metode yang dapat dilakukan antara lain anamnesis, *neuroimaging* dan elektroensefalografi(EEG)[5].

Anamnesis adalah kegiatan komunikasi yang dilakukan oleh dokter dengan pasien dengan tujuan mendapatkan informasi tentang penyakit yang diderita pasien dan juga informasi lainnya yang berkaitan sehingga dapat memudahkan dokter untuk mediagnosa penyakit yang digunakan pasien[7]. Penelitian mengenai pendiagnosaan epilepsi dengan Anamnesis telah dijelaskan oleh Adrian Setiaji[5] ada beberapa hal yang harus diungkap dari pasien yaitu:

- 1) Pola / bentuk serangan.
- 2) Lama serangan.
- 3) Gejala sebelum, selama, dan sesudah serangan.
- 4) Frekuensi serangan.

- 5) Faktor pencetus ada / tidaknya penyakit lain yang diderita sekarang.
- 6) Usia saat terjadinya serangan pertama.
- 7) Riwayat kehamilan, persalinan, dan perkembangan.
- 8) Riwayat penyakit, penyebab, dan terapi sebelumnya.
- 9) Riwayat penyakit epilepsi dalam keluarga.

Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Adrian Setiaji [5] metode anamnesis memiliki keunggulan yaitu tidak dibutuhkan alat bantu dalam pendiagnosaan karena dokter cukup berkomunikasi dengan penderita dan saksi yang ada dalam pengambilan data sebagai bahan analisis. Namun metode ini tidak mungkin sepenuhnya akurat karena info dari pasien dan saksi belum tentu 100% benar. Untuk mengatasi kekurangan ini maka peneliti tersebut mengungkapkan dalam melakukan diagnosis dengan anamnesis harus dilakukan dengan rinci, cermat dan menyeluruh.

Neuroimaging adalah pemeriksaan radiologis yang bertujuan untuk melihat struktur otak pada penderita epilepsi. Dalam pemeriksaan ini bisa menggunakan *Computer Tomography Scan* (CT Scan) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh I Gusti Ngurah Made Suwarba[8] pemeriksaan *CT Scan* kepala dapat mendeteksi beberapa kelainan struktur otak seperti fokus kalsifikasi, sedangkan MRI kepala dapat melihat kelainan otak dengan lebih baik terutama kelainan parenkim otak. Bila kedua alat ini dibandingkan maka MRI lebih sensitif dan secara anatomik akan lebih rinci.

Kekurangan dari metode ini adalah sangat mahalnya harga CT *Scan* dan MRI sehingga hanya rumah sakit besar saja yang memiliki alat ini.

Elektroensefalografi (EEG) adalah salah satu tes yang dilakukan untuk mengukur aktivitas kelistrikan dari otak untuk mendeteksi adanya kelainan dari otak. Tindakan ini menggunakan elektroda yang dipasang dikepala dan di hubungkan melalui kabel menuju komputer [9].Diagnosa menggunakan EEG adalah yang paling sering digunakan dirumah sakit karena hasil diagnosa epilepsi yang tepat dan harganya tidak semahal CT Scan atau MRI. Kekurangan alat ini adalah alat ini tidak bisa berdiri sendiri untuk dignosa epilepsi, dibutuhkan alat (*Photic Stimulator*) yang dapat melakukan penggiatan (aktifasi) sehingga gelombang *abnormal* dalam otak bisa terbaca oleh EEG. Sebelumnya alat bantu EEG ini sudah pernah dibuat oleh Luthfi Febriana [6] dengan sistem alat mengeluarkan frekuensi yang seharusnya yaitu 5,10,15,20, dan 15 Hz dengan delay antar frekuensi sebanyak 5 detik dan berbasis mikrokontroller AT89S51 untuk mengontrol semua blok rangkaian dari alat tersebut. Ketika dilakukan pengujian dengan oscilloscope untuk melihat hasil frekuensi yang dihasilkan ternyata masih didapatkan nilai *error* yang lumayan besar yaitu 24,2%.

Dari kronologi yang telah dijelaskan diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian sehingga bisa dihasilkan alat bantu EEG dengan frekuensi yang lebih akurat dengan menggunakan fitur PWM pada arduino. Dan juga penulis ingin menambah frekuensi pada alat tersebut sehingga dokter punya lebih banyak opsi dalam penggunaan frekuensi selama proses pendiagnosaan epilepsi.

2.2 Epilepsi

Epilepsi adalah perubahan parosisimal pada aktifitas sistem syaraf yang dapat dideteksi secara klinis[10]. Epilepsi adalah kelainan di otak yang ditandai oleh aktifitas otak yang terlampau tinggi yang tidak dapat dikawal. Tanda epilepsi biasanya dengan terjadinya kejang berulang tanpa adanya stimulus[11]. Epilepsi adalah terjadinya kelainan otak kronis yang banyak menyerang penduduk dunia. Penyakit ini ditandai dengan adanya kejang yang berulang-ulang, terjadi episode gerakan spontan singkat yang melibatkan sebagian tubuh atau semua bagian tubuh, kadang juga disertai dengan hilangnya kontrol kandung kemih dan kehilangan kesadaran. Selain kejang-kejang ada juga ada juga gejala lain yang dapat dilihat seperti mulut yang mengecap-ngecap, tidak merespon saat dipanggil dan sering mengalami bengong sesaat.

Epilepsi banyak terjadi pada masa anak-anak. Total ada lima persen anak di dunia pernah mengalami paling sedikit satu kali kejang dalam hidupnya. Dua puluh lima persen dari anak yang mengalami kejang tersebut, akan didiagnosa terkena penyakit epilepsi. Secara kognitif, anak-anak dengan penyakit epilepsi terlihat menunjukkan kekurangan pada fungsi ingatan, perhatian, intelektual dan fungsi-fungsi utama pada tubuh. Angka prevalensi dan insiden epilepsi di Indonesia belum diketahui secara pasti. Hasil penelitian kelompok studie epilepsi perhimpunan dokter saraf indonesia di beberapa RS di 5 pulau besar di Indonesia didapatkan 2.288 penyandang epilepsi dengan 21,3% merupakan pasien baru.

Klasifikasi epilepsi berdasarkan jenis bangkitan(tipe serangan epilepsi) dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1Klasifikasi epilepsi berdasarkan jenis bangkitan

Tipe epilepsi	Pembagian
Serangan parsial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Serangan parsial sederhana(kesadaran baik) <ol style="list-style-type: none"> 1) Dengan gejala motorik 2) Dengan gejala sensorik 3) Dengan gejala otonom 4) Dengan gejala psikis 2. Serangan parsial kompleks(kesadaran terganggu) <ol style="list-style-type: none"> 1) Serangan parsial sederhana diikuti dengan gangguan kesadaran 2) Gangguan kesadaran saat awal serangan 3. Serangan parsial dengan kejang umum <ol style="list-style-type: none"> 1) Parsial sederhana menjadi tonik klonik 2) Parsial kompleks menjadi tonik-klonik 3) Parsial sederhana menjadi parsial tonik-klonik
Serangan umum	<ol style="list-style-type: none"> 1. Absen(lena) 2. Klonik 3. Tonik 4. Atonik 5. Tonik klonik

Masyarakat di indonesia sering menyebut penyakit epilepsi dengan sebutan ayan. Penyakit epilepsi adalah penyakit yang tidak bisa menular, tetapi banyak masyarakat indonesia masih mempunyai stigma dan pandangan yang keliru terhadap penderita epilepsi. Mereka cenderung menjauhi penderita epilepsi dengan

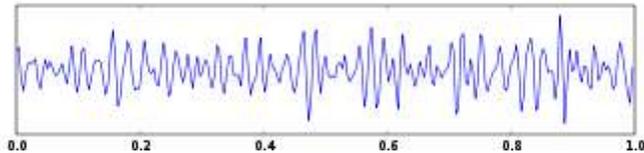
anggapan epilepsi sama seperti penyakit jiwa, bahkan banyak masyarakat meyakini bahwa epilepsi bisa menular melalui air liur yang keluar saat penderita epilepsi mengalami kejang-kejang[2]. Di berbagai negara dampak sosial yang muncul karena epilepsi sangat bervariasi, tetapi diskriminasi dan stigma yang buruk pada penderita epilepsi lebih sulit ditangani daripada mengobati penyakit epilepsi itu sendiri. Penderita epilepsi sering mendapat prasangka dan stigma yang buruk sehingga hal tersebut bisa memperlambat identifikasi dan pengobatan untuk penyakitnya, dan juga dapat menimbulkan dampak buruk pada kualitas hidup penderita epilepsi dan keluarganya. Seseorang yang didiagnosis mengidap epilepsi akan mendapat berbagai kesulitan psikologis. Kesedihan yang sangat mendalam akibat menderita penyakit epilepsi sering dimunculkan dalam bentuk kemarahan, depresi, penolakan, cemas, dan syok.

2.3 Gelombang Otak

Gelombang otak dihasilkan oleh aktivitas neuron di dalam otak manusia, aktivitas neuron ini menghasilkan sinyal listrik sebagai pembawa informasi sensori dan motorik. Gelombang otak merupakan rambatan dari potensial aksi sepanjang wilayah tertentu pada otak dan pada waktu tertentu. Gelombang otak manusia memiliki rentang frekuensi dan amplitudo yang bervariasi antara 0-30 Hz dan digolongkan menjadi gelombang delta, theta, alpha dan beta [12]. Setiap gelombang punya karakteristik yang berbeda-beda serta menandakan kondisi mental seseorang sehingga terbagi menjadi beberapa jenis gelombang seperti dibawah ini:

1. Gamma (16 Hz – 100 Hz)

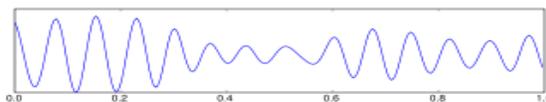
Gelombang Gamma cenderung merupakan yang terendah dalam amplitudo dan gelombang paling cepat. Adalah Gelombang Otak (Brainwave) yang terjadi pada saat seseorang mengalami aktifitas mental yang sangat tinggi, misalnya sedang berada di arena pertandingan, perebutan kejuaraan, tampil dimuka umum, sangat panik, ketakutan, kondisi ini dalam kesadaran penuh. Gelombang gamma dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2. 1 Gelombang gamma

2. Beta (12 – 19 Hz)

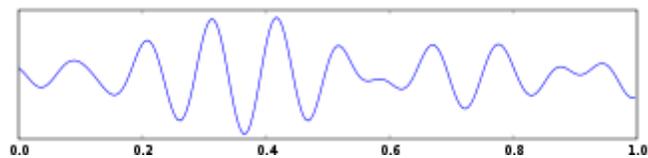
Gelombang beta terjadi pada saat seseorang mengalami aktifitas mental yang terjaga penuh. Gelombang beta dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu high beta (lebih dari 19 Hz) yang merupakan transisi dengan getaran gamma , lalu getaran beta (15 hz -18 hz) yang juga merupakan transisi dengan getaran gamma, dan selanjutnya lowbeta (12 hz ~ 15 hz). Gelombang Beta di perlukan otak ketika Anda berpikir, rasional, pemecahan masalah, dan keadaan pikiran di mana Anda telah menghabiskan sebagian besar hidup Anda . Gelombang beta dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2. 2 Gelombang beta

3. Alpha (8 hz – 12 hz)

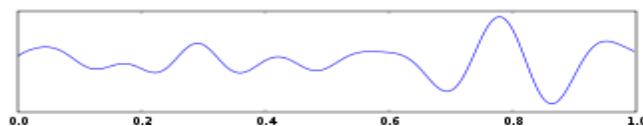
Adalah Gelombang Otak (Brainwave) yang terjadi pada saat seseorang yang mengalami relaksaksi atau mulai istirahat dengan tanda-tanda mata mulai menutup atau mulai mengantuk. Anda menghasilkan gelombang alpha setiap akan tidur, tepatnya masa peralihan antara sadar dan tidak sadar. Frekuensi alpha 8 -12 hz , merupakan frekuensi pengendali, penghubung pikiran sadar dan bawah sadar. Saat keadaan relaks, mata tertutup, mulai mengantuk. Gelombang Alpha dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2. 3 Gelombang alpha

4. Theta (4 – 7 Hz)

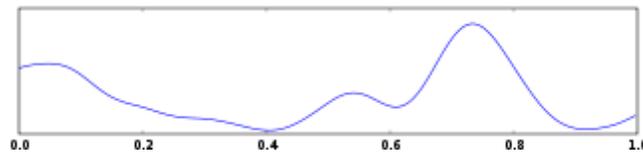
Adalah Gelombang Otak (Brainwave) yang terjadi pada saat seseorang mengalami tidur ringan, atau sangat mengantuk. Tanda-tandanya napas mulai melambat dan dalam. Selain orang yang sedang diambang tidur, beberapa orang juga menghasilkan Gelombang Otak (Brainwave) ini saat trance, hypnosis, meditasi dalam, berdoa, menjalani ritual agama dengan khusyu. Gelombang theta dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Gelombang theta

5. Delta (0.5 – 4 Hz)

Adalah Gelombang Otak (Brainwave) yang memiliki amplitudo yang besar dan frekwensi yang rendah, yaitu dibawah 3 hz. Otak Anda menghasilkan gelombang ini ketika Anda tertidur lelap, tanpa mimpi. Fase Delta adalah fase istirahat bagi tubuh dan pikiran. Tubuh Anda melakukan proses penyembuhan diri, memperbaiki kerusakan jaringan, dan aktif memproduksi sel-sel baru saat Anda tertidur lelap. Gelombang Delta adalah gelombang yang paling rendah pada otak anda, otak tidak akan pernah mencapai frekwensi 0 hz, karena jika otak anda dalam kasus ini Anda akan mati. Gelombang delta dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2. 5 Gelombang delta

Bentuk-bentuk gelombang diatas adalah contoh gelombang orang normal, sedangkan bagi penderita epilepsi terdapat penyimpangan pada gelombang-gelombang diatas. Pada rekam EEG umumnya pola gelombang abnormal tidak sepenuhnya menggantikan pola gelombang normal melainkan muncul dengan berlatar belakang pola gelombang normal tetapi terdapat penyimpangan nilai frekuensi, reaktivitas dan distribusi.

2.4 Karakteristik Gelombang Otak Normal dan Abnormal

Berdasarkan analisis gelombang otak yang telah didapatkan melalui EEG, kita dapat mengklasifikasikan karakteristik gelombang otak tersebut kedalam gelombang

otak normal dan gelombang otak abnormal . Hasil pemeriksaan EEG menunjukkan perbedaan pola gelombang otak sebagai berikut [12]:

1. Normal

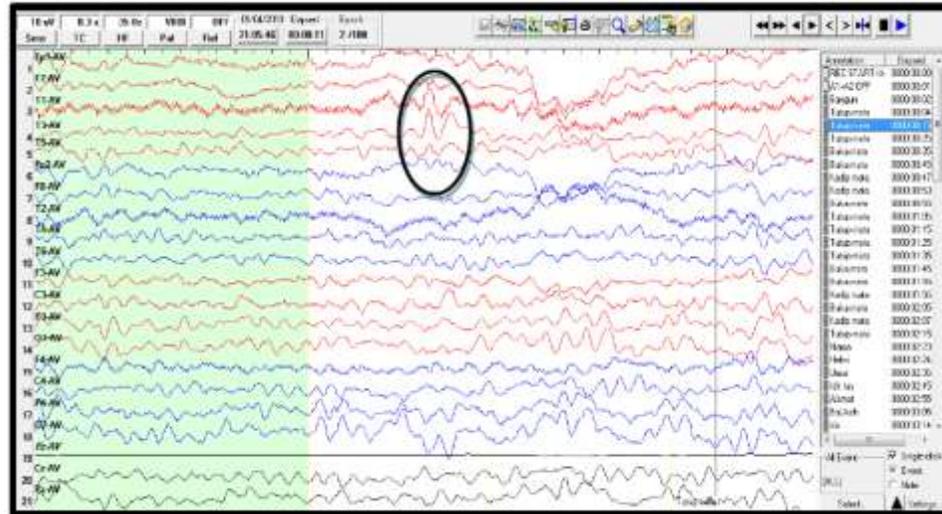
- 1) Hasil dua sisi otak menunjukkan pola serupa dari aktivitas elektrik
- 2) Orang dewasa yang terjaga, EEG menunjukkan gelombang alfa lebih banyak dibanding dengan gelombang beta.
- 3) Tidak ada gambaran gelombang abnormal dari aktivitas elektrik dan tidak ada gelombang yang lambat.
- 4) Jika pasien dirangsang dengan cahaya (photic) selama test maka hasil gelombang tetap normal.

2. Abnormal

- 1) Aktivitas bentuk epileptik menyerupai gelombang tajam (sharp waves), gelombang paku (spike waves), gelombang paku-ombak, gelombang paku majemuk, dan gelombang lambat yang timbul secara paraksimal.
- 2) Gelombang lambat terjadi saat irama gelombang tidak teratur atau irama gelombang lebih lambat dibanding seharusnya.
- 3) Kelainan amplitude terjadi pada saat besar tegangan gelombang otak pada daerah yang sama dikedua hemisphere otak tidak simetris.
- 4) Pola-pola tertentu yang menyerupai pola gelombang normal tetapi terdapat penyimpangan nilai frekuensi, reaktivitas dan distribusi.

Berikut Contoh gelombang otak abnormal penderita epilepsi dapat dilihat pada

Gambar 2.6:



Gambar 2. 6 Gelombang abnormal

Pada rekam EEG umumnya pola gelombang abnormal tidak sepenuhnya menggantikan pola gelombang normal melainkan muncul dengan berlatar belakang pola gelombang normal.

2.5 Pemicu Kejang Pada Epilepsi

Kejang-kejang pada epilepsi dapat dipicu dengan lampu berkedip dengan pola tertentu dengan cahaya yang kontras, hal tersebut akan memicu bagian-bagian otak untuk bertindak abnormal dan inilah yang menjadikan kejang-kejang pada penderita epilepsi. Berikut adalah hal-hal yang dapat memicu kejang-kejang penderita epilepsi:

1. Menonton televisi atau komputer dengan gambar yang berkedip atau berubah.

2. Video game atau acara televisi yang menampilkan gambar dengan pola tertentu atau warna tertentu.
3. Cahaya yang inten seperti cahaya pada lampu alarm kebakaran.
4. Cahaya matahari yang mengenai air atau pepohonan.
5. Yang paling utama yang dapat mencetuskan kejang adalah frekuensi cahaya yang berkedip dengan cepat.

Untuk mengatasi kondisi ini, beberapa anjuran berikut sangat disarankan bagi penderita epilepsi:

1. Jangan terlalu lama menonton televisi atau menatap komputer.
2. Atur pencahayaan ruangan agar mengurangi kontras antara cahaya ruangan dengan televisi atau komputer.
3. Kurangi pencahayaan pada televisi atau komputer.
4. Jangan duduk terlalu dekat dengan televisi atau komputer.
5. Gunakan lapisan yang mengurangi pencahayaan televisi dan komputer (screen glare guard).

2.6 Elektroensefalografi (EEG)

Istilah “*Elektroencephalograph*” berasal dari padanan kata elektro yang berarti listrik, ensefalo (*encephalo*) yang berarti kepala dan graf (*graph*) yang berarti gambaran, dengan demikian *Elektroencephalograph* dapat diartikan sebagai alat yang dapat merekam aktivitas listrik pada otak melalui elektroda yang diletakkan pada kulit kepala. Hasil rekaman dari *elektroencephalograph* adalah berupa grafik

gambaran aktivitas listrik otak yang biasa disebut dengan *elektroencephalogram* (EEG).

EEG direkam dengan menggunakan elektroda-elektroda yang biasanya berupa keping Ag-AgCl berukuran 1-3 mm yang direkatkan pada kulit kepala dengan gel atau pasta khusus. Strukturnya terdiri dari metal Ag dikelilingi oleh AgCl yang sedikit larut dalam air sehingga tetap stabil. Elektroda ini kemudian dicelupkan ke dalam bak elektrolit di mana anion elektrodanya adalah Cl^- . $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{AgCl} + \text{e}^-$ reaksi ini mempunyai beda potensial sebesar 0,223 V pada 25 °C. Bila dipakai bahan Cu maka beda potensialnya sebesar 0,34 V (Bahill, 1981). EEG direkam dengan cara membandingkan antar dua tegangan elektroda. Representasi sinyal EEG pada display dapat melalui berbagai cara antara lain:

1. *Bipolar Montage*

Berupa selisih antara dua elektroda yang berdekatan.

2. *Referential Montage*

Berupa selisih antara elektroda tertentu dan elektroda acuan yang telah dipilih.

3. *Average Reference Montage*

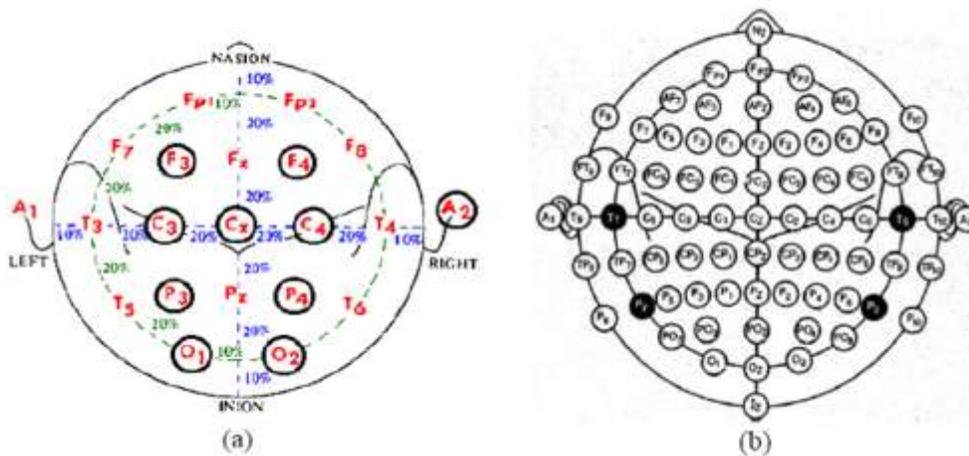
Sinyal dari semua amplifier dijumlahkan dan dirata-ratakan digunakan sebagai acuan umum untuk setiap channel.

4. *Lapalcian Montage*

Berupa selisih antar elektroda dan rata-rata dari elektroda sekitarnya. Sesuai dengan teorema nilai rata-rata potensial elektrostatik yang melalui permukaan bola

manapun adalah sama dengan nilai yang dimiliki oleh pusat bola asalkan tidak ada muatan yang terkandung dalam bola.

Terdapat beberapa sistem penempatan elektroda EEG diantaranya: *10-20 system*, *true anterior temporal electrode* dan *modified 10-20 system*. Sistem penempatan elektroda 10-20 mengatur letak titik-titik penempatan elektroda pada kulit kepala dengan menggunakan perbandingan jarak 10% pada elektroda pertama dan terakhir serta interval 20% untuk elektroda lainnya disepanjang garis utama yang dimulai dari pangkal hidung (nasion) hingga benjolan didepan kepala tepa diata leher (inion). Sistem *true anterior temporal electrode* hampir sama dengan sistem 10-20 dengan menggunakan elektroda tambahan T1 yang ditempatkan antara F7 dan T3 serta elektroda tambahan T2 diantara F8 dan T4, Sedangkan *modified 10-20 system* selain memberikan elektroda tambahan juga memberikan penamaan ulang pada empat elektroda T3, T4, T5 dan T6 menjadi T7, T8, P7 dan P8 . Penempatan elektroda dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2. 7 Penempatan elektroda. (a) *10-20 system*, (b) *modified 10-20 system*.

2.7 Photic Stimulator

Photic stimulator adalah alat yang dapat menghasilkan kilatan cahaya berfrekuensi(berpola) yang diarahkan ke mata penderita epilepsi dengan tujuan membangkitkan gelombang abnormal pada penderita epilepsi. Photic stimulator digunakan bersamaan dengan elektroensefalografi(EEG) dan berkontribusi dalam penanganan pasien yang dicurigai mengidap epilepsi. Selain itu juga membantu memprediksi kemungkinan kejang yang kambuh dan juga sebagai bahan rujukan dokter dalam memberikan konsultasi kepada pasien tentang faktor-faktor yang memicu kejang-kejang akibat cahaya. Frekuensi yang digunakan dalam photic stimulator adalah 1 sampai 30 Hz dengan intensitas cahaya 250 sampai 750 Lux dengan jarak mata ke lampu 30 CM[13].

2.8 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai. Berikut gambar arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2.8:



Gambar 2. 8 Arduino Uno

2.8.1 Spesifikasi Arduino

Berikut merupakan spesifikasi pada arduino uno dapat dilihat pada tabel 2.2:

Tabel 2. 2Spesifikasi arduino uno

Mikrokontroller	Atmega 328
Tegangan pengoperasian	5 V
Tegangan input yang disarankan	7-12 V
Batas tegangan input	6-20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digitat (6 PWM)
Jumlah pin input analog	6 PIN
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
<i>Memori Flash</i>	32 KB
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

2.8.2 Sumber Daya / Power

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Untuk sumber daya Eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor ini dapat

dihubungkan dengan memasukkan 2.1 mm jack DC ke colokan listrik board. Baterai dapat dimasukkan pada pin header Gnd dan Vin dari konektor daya.

Board dapat beroperasi pada pasokan eksternal dari 6 sampai 20 volt. Jika Anda menggunakan tegangan kurang dari 6 volt mungkin tidak akan stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Rentang yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt. Pin listrik yang tersedia adalah sebagai berikut:

1. VIN. Input tegangan ke board Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika Anda ingin memasok tegangan melalui colokan listrik, gunakan pin ini.
2. 5V. Pin ini merupakan output 5V yang telah diatur oleh regulator papan Arduino. Board dapat diaktifkan dengan daya, baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN board (7-12V). Jika Anda memasukan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung (tanpa melewati regulator) dapat merusak papan Arduino. Penulis tidak menyarankan itu.
3. Tegangan pada pin 3 sebesar 3.3Volt dihasilkan oleh regulator on-board. Menyediakan arus maksimum 50 mA.
4. GND. Pin Ground.

5. IOREF. Pin ini di papan Arduino memberikan tegangan referensi ketika mikrokontroler beroperasi. Sebuah shield yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca pin tegangan IOREF sehingga dapat memilih sumber daya yang tepat agar dapat bekerja dengan 5V atau 3.3V.

2.8.3 Memori Arduino

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader).

ATmega328 juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan / library EEPROM).

2.8.4 Input dan Output Arduino

Masing-masing dari 14 pin digital Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Mereka beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (terputus secara default) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi spesial:

1. Serial: pin 0 (RX) dan 1 (TX) Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung dengan pin ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.

2. Eksternal Interupsi: Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah (low value), rising atau falling edge, atau perubahan nilai. Lihat fungsi `attachInterrupt()` untuk rinciannya.
3. PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 Menyediakan 8-bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`
4. SPI: pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI
5. LED: pin 13. Built-in LED terhubung ke pin digital 13. LED akan menyala ketika diberi nilai HIGH

Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari ground sampai 5 volt, perubahan tegangan maksimal menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Selain itu, beberapa pin tersebut memiliki spesialisasi fungsi, yaitu TWI: pin A4 atau SDA dan A5 atau SCL mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan `Wire`. Ada beberapa pin lainnya yang tertulis di board:

1. AREF. Tegangan referensi untuk input analog. Dapat digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
2. Reset. Gunakan LOW untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset.

2.8.5 Komunikasi Arduino

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Pada ATmega16U2 saluran komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware 16U2 menggunakan standar driver USB COM, dan tidak ada driver eksternal diperlukan. Namun, pada Windows, diperlukan file .inf. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana akan dikirim ke dan dari papan Arduino. RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB komputer (kecuali pin 0 dan 1).

The ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Wire berfungsi menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

2.8.6 Perlindungan Arus USB

Arduino Uno memiliki polyfuse reset yang melindungi port USB komputer Anda dari arus pendek atau berlebih. Meskipun kebanyakan komputer memberikan perlindungan internal sendiri, sekering menyediakan lapisan perlindungan tambahan. Jika lebih dari 500 mA, sekering otomatis bekerja.

2.8.7 Karakteristik Fisik Arduino

Panjang maksimum dan lebar PCB Uno masing-masing adalah 2,7 dan 2,1 inci, dengan konektor USB dan colokan listrik yang melampaui dimensi tersebut. Empat lubang sekrup memungkinkan board harus terpasang ke permukaan. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 0,16", tidak seperti pin lainnya.

2.9 Lampu LED

Lampu LED adalah produk diode pancaran cahaya(LED) yang disusun menjadi sebuah lampu. Lampu LED memiliki usia pakai dan efisiensi listrik beberapa kali lipat lebih balik daripada lampu pijar dan tetap jauh lebih efisien daripada lampu neon, beberapa chip bahkan dapat menghasilkan lebih dari 300 lumen per watt. Lampu LED hanya butuh energi sebesar 10% dari energi yang dibutuhkan lampu pijar.

Tidak seperti lampu pijar dan lampu neon, lampu LED akan menghasilkan terang sepenuhnya tanpa perlu waktu pemanasan (*warm-up*); usia pakai lampu neon juga berkurang jika sering menyalakan dan mematikan lampu. Biaya awal lampu LED umumnya lebih mahal. Degradasi pewarna LED dan material pembungkus mengurangi keluaran cahaya seiring waktu. Berikut Gambar 2.9 adalah LED yang digunakan pada photic stimulator:



Gambar 2. 9LED

Untuk Polarisasi *chip* LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Bila LED diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewati chip LED. Ini menyebabkan chip LED tidak akan mengeluarkan emisi cahaya. Chip LED pada umumnya mempunyai tegangan rusak yang relatif rendah. Bila diberikan tegangan beberapa volt ke arah terbalik, biasanya sifat isolator searah LED akan jebol menyebabkan arus dapat mengalir ke arah sebaliknya.

Karakteristik chip LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju. Tegangan yang diperlukan sebuah dioda untuk dapat beroperasi adalah tegangan maju.

Lampu LED cocok digunakan pada photic stimulator karena pada lampu led dapat menyala sesuai *duty cycle* yang di program, misal pada program diatur *duty cycle* 50 banding 50 artinya lama lampu menyala sama dengan lampu mati. Hal ini berbeda dengan lampu xenon yang hidup lampunya seperti kilatan saja dan tidak dapat mengikuti *dutycycle* sesuai pada program. Selain itu lampu led dapat menghasilkan kilatan cahaya sebesar 750 Lux (intensitas yang diperlukan dalam pembangkitan gelombang epilepsi) dengan daya yang rendah.

2.10 LCD

Liquid Crystal Display (LCD) adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menampilkan teks atau angka. LCD dapat menampilkan teks *numerik* (biasa digunakan pada kalkulator jam tangan dan lain-lain) dan teks alfanumerik (biasa digunakan pada telephone genggam, mesin foto kopi dan lain-lain). Ketika menampilkan teks *numerik* kristal akan dibentuk menjadi bar, dan ketika menampilkan teks *alfanumerik* kristal akan diatur menjadi pola titik. Kristal dapat dikontrol secara independent karena setiap kristal memiliki sambungan listrik individu. Cahaya kristal akan terlihat sama dengan latar belakangnya dan menjadi tidak terlihat ketika arus menuju kristal di *off* kan. Tapi ketika arus ke kristal dihidupkan maka kristal akan terlihat lebih gelap dari penglihatan manusia sehingga perbedaan antara latar belakang dan bentuk titik atau bar dapat terlihat dengan jelas. LCD karakter 2x16 dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini:



Gambar 2. 10 Tampilan LCD

Berikut merupakan konfigurasi pin LCD 2x16 ke Arduino Uno dapat dilihat pada

Tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Data Pin LCD 2x16 ke Arduino

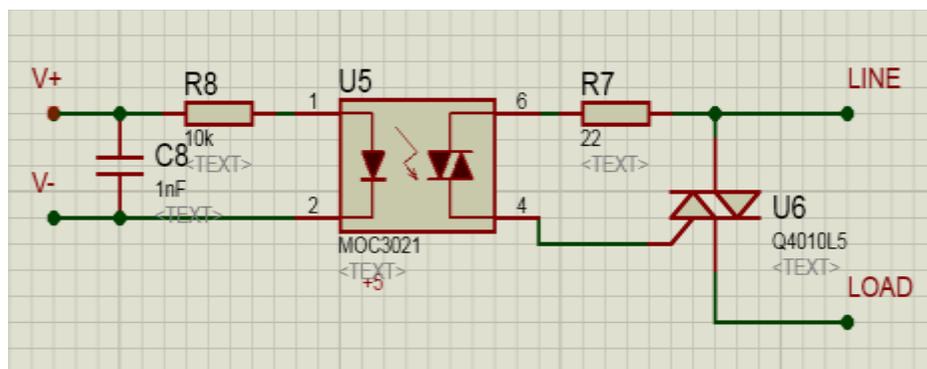
LCD I2C	Arduino uno
SDA	A4
SCL	A5
<i>Ground</i>	<i>Ground</i>
VCC	5v

2.11 Solid State Relay (SSR)

SSR adalah sakelar elektronik yang tidak memiliki kumparan dan bagian yang bergerak. SSR dibangun dengan isolator untuk memisahkan bagian *input* dan bagian sakelar. Dengan SSR dapat menghindari terjadinya percikan api dan sambungan tidak sempurna karena kontaktor keropos seperti pada relai elektromekanik. SSR biasanya mempunyai kemampuan mengisolasi listrik beberapa ribu volt antara kontrol dan beban. Karena isolasi ini, beban sendiri hanya diberi tegangan listrik dari sakelar line sendiri dan hanya kan terhubung apabila ada kontrol sinyal yang mengoperasikan relai.

SSR ada karena relai elektromekanik memiliki banyak keterbatasan seperti mengambil banyak ruang, siklus hidup kontak terbatas dan daya kontaktor terlalu besar. Input SSR biasanya berisi 1 atau lebih LED sedangkan output SSR menggunakan SCR, TRIAC dan transistor bukan dengan kontak mekanik untuk men-sakelar atau memindahkan control. Isolasi optik antara *input* dan *output* yang menjadi kelebihan SSR jika dibandingkan relai elektromekanik.

SSR terdiri dari sensor yang merespon input yang tepat (sinyal kontrol), perangkat *switching* elektronik *solid-state* yang mengalihkan daya ke sirkuit beban, dan mekanisme kopling untuk mengaktifkan sinyal kontrol untuk mengaktifkan sakelar ini tanpa komponen mekanis. Berikut merupakan rangkaian SSR dapat dilihat pada Gambar 2.11:



Gambar 2.11 Rangkaian SSR

Salah satu komponen utama dari solid state relay (SSR) adalah Opto-Isolator (*Opto coupler*) yang berisi satu (atau lebih) *infra-red light emitting diode*, atau sumber Cahaya LED, dan perangkat Sensitif foto dalam satu kasus. Opto-isolator mengisolasi *input* dari *output*, sumber cahaya LED terhubung ke bagian

driver input SSR dan menyediakan kopling optik melalui celah ke transistor sensitif foto yang berdekatan, pasangan darlington atau triac. Ketika arus melewati LED, menyala dan cahayanya terfokus di celah ke foto-transistor atau foto-triac.