

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ferry Suyatno pada tahun 2007 yang merancang suatu alat perekayasa sistem pesawat sinar-X *Fluoroscopy* bertujuan untuk mengurangi resiko radiasi pada operator dengan mentransfer data hasil pencitraan ke dalam sistem komputer dengan cara sinar-X yang ditembakkan menuju obyek, selanjutnya dibelakang obyek dipasang sebuah box tertutup yang berisi *screen* dan kamera type *Prolink PIC 1002 IP* [6]. Pada penelitian teknik *fluoroscopy* ini menggunakan sistem komputer. Gambar hasil dari *fluorescent screen* akan ditangkap oleh CCTV (*Close Circuit Television*) dan di transfer ke komputer sehingga gambar obyek akan terlihat di monitor yang ditempatkan di ruang kontrol. Kelebihan alat ini yaitu mengurangi paparan radiasi yang diterima user sebab user tidak terpapar langsung dengan alat. Kekurangan alat ini adalah metode ini hanya untuk penggunaan alat *fluoroscopy* yang belum terdapat pada pesawat sinar-X diagnostik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ferry Suyatno pada tahun 2010 yang bertujuan untuk merekayasa sistem *digital* dan mikrokontroler untuk menyempurnakan pengaturan parameter pada pesawat sinar-X yang menghasilkan kinerja pesawat sinar-X yang akurat. Pengaturan tegangan digunakan motor *stepper* yang dikontrol oleh mikrokontroler, sehingga pengaturan dapat dilakukan secara otomatis dan tegangan tepat nilainya. Begitu juga untuk parameter yang lain seperti arus dan *timer expose* dikontrol oleh

mikrokontroler, sehingga nilai besarannya akurat [1]. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan yang ada dipasaran lokal, sehingga jika terjadi kerusakan dan harus mengganti komponen dapat cepat serta mudah diatasi. Pengaturan tegangan (kV) untuk memasukan nilai besaran ke dalam sistem digunakan *keypad* 4 x 4 demikian juga untuk arus dan waktu. Pada saat pesawat akan dioperasikan lebih dulu harus mengatur parameter, misal mengatur tegangan, tekan angka 50 pada key pad, maka pada LCD terbaca angka 50 kemudian tekan enter berarti nilai 50 masuk ke memori mikrokontroler. Kelebihan alat ini adalah data yang diperoleh lebih akurat dari sistem pesawat sinar-X konvensional sebelumnya. Namun terdapat kekurangan pada penelitian ini yaitu pengendalian alat tersebut hanya bisa digunakan secara langsung dan belum menggunakan teknologi *wireless* yang akan berdampak langsung dalam bahaya dosis radiasi berlebih diterima oleh *radiographer*.

Pada penelitian Sujatno pada tahun 2013 yang bertujuan untuk membuat sistem pengendali pada pesawat sinar-X berbasis mikrokontroller dengan antarmuka *personal computer* dengan menggunakan *software BASCOM 8051* dan program dengan *software Visual Basic 6.0* untuk pengaturan nilai tegangan, arus dan pewaktu untuk mendapatkan kecepatan nilai data lebih akurat dibanding pesawat sinar-X terdahulu [7]. Perencanaan sistem pengendali dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 dan pengaturan nilai parameter melalui *personal computer*. Pada pengaturan tegangan terbatas hanya sampai pada pergerakan motor *stepper* yaitu yang menggerakkan rangkaian *dimmer*, pada pengujian dihasilkan besar sudut motor *stepper* dengan nilai tegangan 50 kV, 60

kV, 70 kV, 80 kV, 90 kV dan 100 kV berturut-turut sebesar 164°, 182°, 200°, 218°, 236° dan 258°. Pilihan arus sebanyak 4 pilihan yaitu 50 mA, 60 mA, 70 mA dan 80 mA dapat berhasil mengaktifkan relay. Pengaturan waktu paparan dalam rentang 0,01 s.d 1 detik yang diatur melalui program mikrokontroler dapat terealisasi dengan baik. Kelebihan alat ini adalah menggunakan pemilihan kV, mA, dan waktu menggunakan PC yang diolah mikrokontroller sehingga data yang diperoleh lebih akurat. Kekurangan alat ini yaitu masih menggunakan kabel pada tombol *expose*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rio Nugroho Febrianto, mahasiswa jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes Surabaya pada tahun 2017 yang dibuat sebagai tugas akhir dengan membuat modifikasi alat rontgen dengan sistem digital. Dengan menggunakan sistem kendali menggunakan sistem digital sebagai kontrol utama pada alat rontgen [5]. Penelitian model alat ini menggunakan metode pre-eksperimental dengan jenis penelitian *One group post test design*. Pada rancangan ini, peneliti hanya melihat hasil perlakuan pada satu kelompok obyek tanpa ada kelompok pembanding dan kelompok kontrol. Kelebihan alat ini yaitu menggunakan sistem digital dari alat sebelumnya yang masih menggunakan sistem analog. Kekurangan dari alat ini adalah masih menggunakan *rotary switch* untuk pemilihan kV, mA, dan timer *expose* dan tidak menampilkan hasil ukur dari mA.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mohammad Fatkhur Rahman, mahasiswa jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes Surabaya pada tahun 2016 yang dibuat sebagai tugas akhir dengan membuat simulator pesawat

X-ray condensator discharge untuk mengurangi resiko paparan radiasi sinar-X dan resiko lain yaitu sisa tegangan tinggi pada kapasitor tegangan tinggi setelah terjadinya proses *expose* [8]. Penelitian model alat ini menggunakan metode pre-eksperimental dengan jenis penelitian *One group post test design*. Pada rancangan ini, peneliti hanya melihat hasil perlakuan pada satu kelompok obyek tanpa ada kelompok pembanding dan kelompok kontrol. Kelebihan alat ini adalah mengurangi resiko terkena sisa tegangan tinggi pada kapasitor tegangan tinggi setelah terjadinya proses *exposure*. Namun pada alat ini tidak menampilkan hasil ukur dari mA pada alat dan alat ini tidak menggunakan relay arus pada *rotating anode* sehingga pada saat *rotating* anoda tidak berputar alat tetap bisa di lakukan proses *expose*.

Mengacu pada referensi penelitian di atas, maka dibuat alat “Sistem Kendali Pesawat Sinar-X Secara *Wireless* Berbasis Arduino” dengan membuat sistem digital berbasis arduino untuk mendapatkan nilai *output* dengan akurasi yang tinggi dan menambahkan teknologi *wireless* untuk menghemat penggunaan kabel.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Pesawat Sinar-X

Sinar X atau sinar Rontgen merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sangat pendek ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$), sehingga mempunyai daya tembus yang tinggi. Ada 2 tipe kejadian dalam proses menghasilkan sinar-X, yaitu sinar-X *Bremstrahlung* dan sinar-X Karakteristik. Sinar-X yang diproduksi dengan jalan menembaki target logam dengan elektron cepat dalam satu tabung

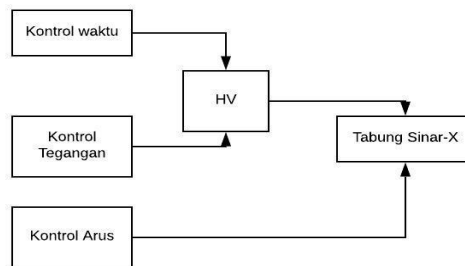
vakum sinar katoda. Ketika elektron menabrak target logam, maka sinar-X akan terpancar dari permukaan logam tersebut yang dikenal dengan sinar-X *Bremsstrahlung*. Sinar-X dapat juga terjadi melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat lebih tinggi menuju ke tingkat energi lebih rendah. Karena setiap jenis atom memiliki tingkat energi elektron yang berbeda-beda, maka sinar-X yang terbentuk disebut sinar-X karakteristik dengan spektrum energi diskrit [9].

Pesawat sinar-X atau pesawat Rontgen merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis yang memanfaatkan sinar-X. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film, sehingga akan terbentuk gambar dari bagian tubuh yang disinari.

Sinar-X dihasilkan di dalam suatu tabung gelas hampa udara dan secara umum terdiri dari sumber untuk memproduksi elektron, sumber energi untuk mempercepat elektron, lintas elektron bebas, pemokus berkas elektron, dan bahan untuk menghentikan elektron [10]. Berikut adalah salah satu bentuk fisik dari pesawat rontgen :



Gambar 2. 1. Pesawat Sinar-X Mobile[11].



Gambar 2. 2. Bagian utama sinar-X [12]

Bagian-bagian pesawat sinar-X terdiri dari tabung sinar-X, sumber tegangan tinggi (HV), dan unit pengatur. Tabung sinar-X berisi filamen yang juga sebagai katoda dan berisi anoda. Filamen terbuat dari tungsten, sedangkan anoda terbuat dari logam anoda (Cu, Fe atau Ni). Anoda biasanya dibuat berputar supaya permukaannya tidak cepat rusak yang disebabkan tumbukan elektron.

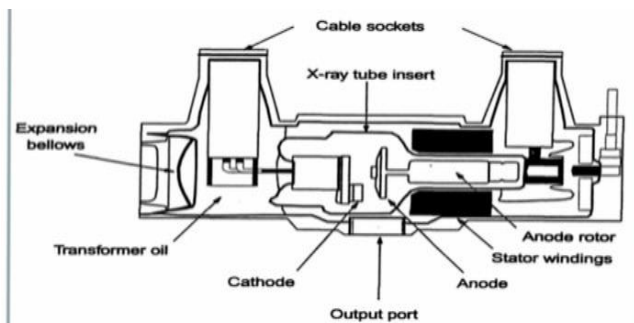
Proses terbentuknya sinar-X di dalam tabung sinar-X adalah sebagai berikut [10]:

1. Pelepasan elektron ketika filamen dialiri arus listrik yang cukup besar.
2. Percepatan elektron yang disebabkan oleh beda potensial yang tinggi antara katoda dan anoda.
3. Arus elektron dipusatkan ke target (anoda) dan berhenti seketika saat menumbuk target.
4. Energi kinetis elektron berubah menjadi panas dan sinar-X.

Untuk dapat menghasilkan suatu pencitraan sinar-X diperlukan beberapa instrumentasi yang baku sebagai berikut [2]:

1. Tabung sinar-X

Tabung sinar-X berisi filamen yang juga sebagai katoda dan berisi anoda. Filamen terbuat dari tungsten, sedangkan anoda terbuat dari logam anoda (Cu, Fe atau Ni). Anoda biasanya dibuat berputar supaya permukaannya tidak lekas rusak yang disebabkan tumbukan elektron. Tabung sinar-X ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Tabung sinar-X[11]

2. Trafo tegangan tinggi

Trafo tegangan tinggi berfungsi melipat tegangan rendah dari sumber menjadi tegangan tinggi antara 30 kV sampai 100 kV. Pada trafo tegangan tinggi diberi minyak sebagai media pendingin. Trafo tegangan tinggi berfungsi untuk mempercepat elektron di dalam tabung.

3. Instrumentasi kontrol

Sistem kontrol berfungsi sebagai pengatur parameter pada pengoperasian pesawat sinar-X. Instrumentasi kontrol terbagi menjadi 5 modul yaitu :

- a. modul *power supply* (catu daya DC)
- b. modul pengatur tegangan (kV)
- c. modul pengatur arus (mA)

d. modul pengatur waktu pencitraan (S)

e. modul kendali sistem

2.2.2. Efek Radiasi Terhadap Manusia

Optimasi dosis sangat penting untuk kualitas dan kuantitas dari tes kualitas kontrol pada peralatan X-ray. Meluasnya penggunaan X-ray dalam diagnosis dan manajemen pasien telah menyebabkan peningkatan paparan radiasi [13].

Radiasi yang mengenai tubuh manusia dapat menimbulkan kerugian bagi pekerja dari paling ringan hingga fatal. Paparan tingkat radiasi medis yang kecil sekalipun merupakan ancaman kesehatan masyarakat yang potensial dan dapat dihindari [14]. Derajat efek ini tergantung pada beberapa faktor yaitu jenis radiasi, lamanya penyinaran, jarak sumber dengan tubuh dan ada tidaknya penghalang (*shielding*) antara sumber radiasi dengan pekerja. Sedangkan menurut Kustiono (1991), efek biologis radiasi pengion tergantung pada; organ/bagian tubuh dan pola transfer terkena radiasi, kualitas radiasi dan pola transfer energi yang terjadi di dalam tubuh dan faktor modifikasi lainnya misalkan besarnya dosis, fraksinasi dosis dan distribusi zat radioaktif di dalam tubuh. Radiasi yang mengenai tubuh manusia dapat menimbulkan kerugian. Efek radiasi dapat terjadi karena paparan akut yaitu paparan yang terjadi karena dosis paparan berlebih tunggal yang besar dan paparan kronis yaitu paparan yang dapat terjadi karena dosis kecil yang terus menerus dikenakan secara bertahun-tahun [15].

Interaksi radiasi dapat terjadi secara langsung ataupun tidak langsung. Efek yang ditimbulkan dapat dialami oleh keturunan orang yang terkena radiasi, dan efek ini disebut efek genetik. Jika orang yang terkena radiasi yang menderita akibat radiasi, maka efeknya disebut sebagai efek *somatik*. Efek ini dapat terjadi segera setelah terkena radiasi ataupun tertunda setelah beberapa waktu. Berdasarkan kemungkinan munculnya efek negatif dikenal dua jenis efek yaitu efek *stokastik* dan efek *deterministik*. Efek *stokastik* adalah efek yang kemungkinan terjadinya sebanding dengan dosis yang diterima oleh seseorang dan tanpa suatu nilai ambang berapapun kecilnya dosis yang diterima oleh seseorang resiko efek radiasi selalu ada dan efek *non stokastik (deterministik)* adalah efek yang tingkat keparahan dari akibat radiasi tergantung dari dosis radiasi yang diterima seseorang dan diperlukan suatu nilai ambang, sehingga di bawah nilai ambang tidak terlihat akibat yang merugikan. Efek negatif dapat dikurangi dengan menciptakan suatu kondisi agar dosis radiasi persion yang mengenai manusia dan lingkungan hidup tidak melebihi nilai batas dosis maka dilakukan langkah-langkah antara lain [3]:

1. Mencegah terjadinya efek *non stokastik (deterministik)* dari radiasi yang membahayakan seseorang, dan membatasi peluang terjadinya efek *stokastik* atau resiko akibat penggunaan radiasi (sampai pada suatu nilai batas) yang dapat diterima oleh masyarakat.
2. Meyakinkan bahwa pekerjaan atau kegiatan yang berhubungan dengan penggunaan radiasi *persion* secara benar.

Penggunaan pesawat rontgen ini memiliki kerugian radiasi pengion yang memiliki efek biologis yang berbahaya pada tingkat dosis apa pun. Bahaya radiasi diagnostik ini biasanya berdampak pada orang dewasa. Namun, pasien muda lebih rentan terhadap dampak radiasi karena beberapa alasan. Pertama, sel-sel orang yang lebih muda memiliki tingkat *mitosis* yang lebih tinggi, oleh karena itu lebih rentan terhadap kerusakan radiasi. Kedua, anak-anak dan remaja dapat mengumpulkan dosis radiasi yang lebih tinggi selama jangka waktu yang lama, terutama jika pencitraan dilakukan berulang-ulang. Ketiga, dalam kasus *CT scan*, paparan radiasi dari pengaturan tetap dari hasil *parametrik* yang sama lebih tinggi untuk area *cross-sectional* anak yang lebih kecil daripada untuk orang dewasa. Selain itu, organ anak-anak dan bayi jauh lebih kecil, oleh karena itu sejumlah energi yang diberikan akan menghasilkan dosis efektif yang jauh lebih tinggi [16].

Paparan radiasi pengion sering menyebabkan penurunan sistem kekebalan tubuh, khususnya dengan dosis yang lebih rendah [17]. Paparan pasien terhadap sinar-X harus dibatasi, ada batas dari jumlah *foton* yang dapat melewati tubuh selama pemeriksaan dan jumlah informasi yang dapat diperoleh. Oleh karena itu, sangat penting bahwa metode pemeriksaan menggunakan pesawat rontgen memastikan bahwa semua informasi yang diperoleh sepenuhnya dapat dimanfaatkan dan diartikan dengan efisiensi maksimum [18].

2.2.3. Arduino

Arduino adalah pengendali *microcontroller single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan

penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki *processor Atmel AVR* dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri [19].

Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya.

Arduino menggunakan keluarga *microcontroller* ATmega yang dirilis oleh *Atmel* sebagai basis, namun ada individu atau perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan *microcontroller* lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk *bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram *microcontroller* secara langsung melalui *port ISP* (*internet service provider*).

2.2.4. Delphi

Delphi adalah suatu bahasa pemrograman yang menggunakan visualisasi sama seperti bahasa pemrograman *Visual Basic* (VB). Namun delphi menggunakan bahasa yang hampir sama dengan *pascal* (sering disebut objek *pascal*). Sehingga lebih mudah untuk digunakan. Bahasa pemrograman delphi dikembangkan oleh

Code Gear sebagai divisi pengembangan perangkat lunak milik *embarcadero*. Divisi tersebut awalnya milik *Borland*, sehingga biasa memiliki versi *Borland delphi*.

Delphi juga menggunakan konsep yang berorientasi objek (OOP) maksudnya pemrograman dengan membantu sebuah aplikasi yang mendekati keadaan dunia yang sesungguhnya. Hal itu bisa dilakukan dengan cara mendesain objek untuk menyelesaikan masalah. OOP ini memiliki beberapa unsur yaitu : *Encapsulation* (pemodelan), *Inheritance* (penurunan), *Polymorphism* (Polimorfisme) [20].

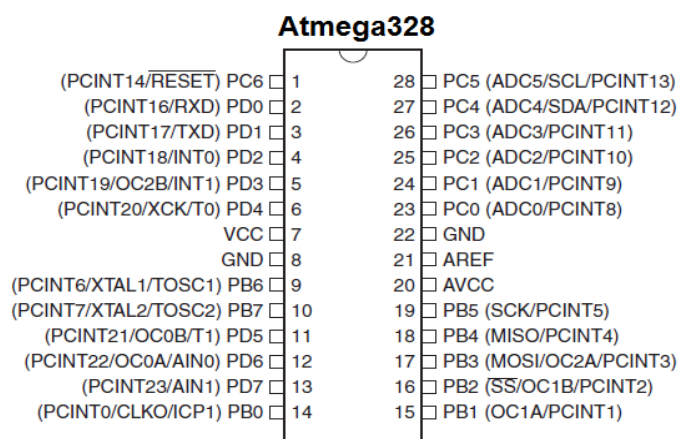
Awalnya bahasa pemrograman Delphi hanya dapat digunakan di *Microsoft Windows*, namun saat ini telah dikembangkan sehingga dapat digunakan juga di *Linux* dan di *Microsoft NET*. Dengan menggunakan *free pascal* yang merupakan proyek *Open Source*, bahasa pemrograman ini dapat membuat program di sistem operasi *Mac OS X* dan *Windows CE*.

Umumnya delphi hanya digunakan untuk pengembangan aplikasi *desktop*, enterprise berbasis *database* dan program-program kecil. Namun karena pengembangan delphi yang semakin pesat dan bersifat *general purpose* bahasa pemrograman ini mampu digunakan untuk berbagai jenis *software* dan Delphi ini juga disebut sebagai pelopor perkembangan *RadTool (Rapid Application Development)* tahun 1995. Sehingga banyak orang yang mulai mengenal dan menyukai bahasa pemrograman yang bersifat VCL (*Visual Component Library*).

2.3 Tinjauan Komponen

2.3.1. Konfigurasi IC ATmega 328p

ATmega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATmega8 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32, ATmega328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), peripheral (*USART, timer, counter, dll*). Dari segi ukuran fisik, ATmega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan peripheral lainnya ATmega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan peripheralnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas [21]. Berikut adalah gambar pin yang terdapat pada ATmega328p :



Gambar 2. 4. IC ATmega 328p

ATmega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat

difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai periperai lainnya.

1. Port B

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu *port B* juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
- e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk *timer*.
- f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

2. Port C

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif *port C* antara lain sebagai berikut.

- a. ADC6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah *input* yang berupa tegangan analog menjadi data digital

- b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, *accelerometer nunchuck*.

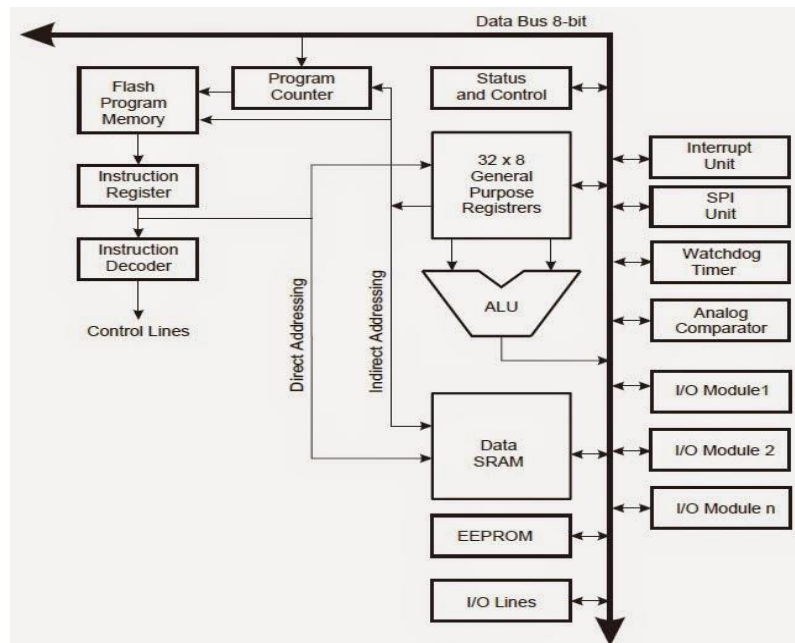
3. Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama seperti *Port B* dan *Port C*, *Port D* juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock*.
- d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer 1* dan *timer 0*.

- e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.

Berikut adalah blok diagram sistem IC ATmega 328p :



Gambar 2. 5. Blok diagram sistem IC ATmega 328p[22].

2.3.2. Fitur IC ATmega 328p

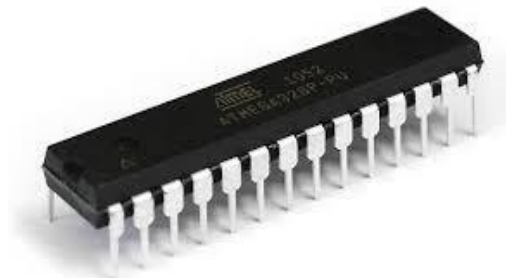
ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

1. Memiliki *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen

karena *EEPROM* tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.

2. Memiliki *SRAM (Static Random Access Memory)* sebesar 2KB.
3. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya *PWM (Pulse Width Modulation) output*.
4. 32 x 8-bit *register* serba guna.
5. Dengan *clock* 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
6. 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash* memori sebagai *bootloader*.
7. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.

Berikut adalah bentuk fisik dari IC ATmega328p :



Gambar 2. 6. IC ATmega 328p [23].

2.3.4. Modul *Bluetooth HC-05*

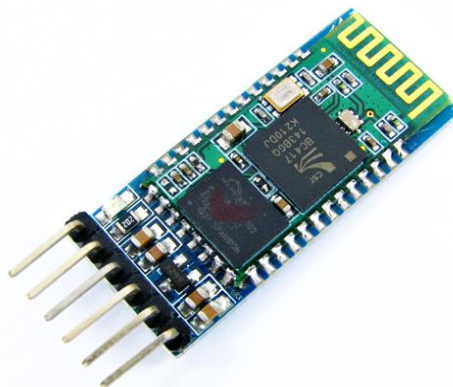
Modul *bluetooth to Serial HC05* adalah modul *bluetooth* yang dapat di set sebagai master atau *slave*. *Bluetooth to serial HC05* adalah versi pengembangan dari modul *bluetooth to serial HC 06*. Modul *bluetooth to serial HC05* ini dapat di

set sebagai master ataupun di set sebagai *slave*, berbeda dengan modul HC06 yang hanya dapat di gunakan sebagai *slave* [24].

Fitur-fitur pada modul *bluetooth* HC-05 :

- a. Menggunakan CSR *bluetooth chip*, dengan *bluetooth standard* ver.2.0
- b. *Low supply voltage* 3,3 VDC.
- c. *Baudrate* 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, dapat di set sesuai dengan kebutuhan *user*.
- d. Ukuran PCB : 28 mm x 15 mm x 2,35 mm.
- e. Kebutuhan arus : *pairing* 20 – 30 mA. Setelah *pair* : 8 mA.
- f. Aplikasi area : GPS *System*, Pembacaan Meter untuk Listrik, Air, dan Gas, Industri data *collection*.
- g. Dapat di gunakan dengan menggunakan komputer, *notebook*, dan perangkat lainnya yang dilengkapi dengan *bluetooth*.

Berikut adalah bentuk fisik dari modul *bluetooth* HC-05 :

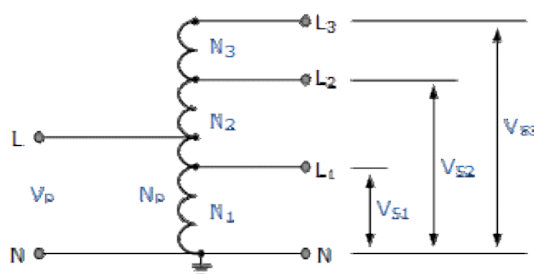


Gambar 2. 7. Modul *bluetooth* HC-05 [25].

2.3.5. Autotransformator

Berbeda dengan tegangan transformator sebelumnya yang memiliki dua lilitan elektrik yang diisolasi yang disebut: primer dan sekunder, *Autotransformator* hanya memiliki satu lilitan tegangan tunggal yang umum terjadi pada kedua sisi.

Lilitan tunggal ini disadap pada berbagai titik sepanjang panjangnya untuk memberikan persentase *supply* tegangan primer melintasi beban sekundernya. Kemudian *Autotransformator* memiliki inti magnetik biasa namun hanya memiliki satu belitan, yang umum terjadi pada rangkaian primer dan sekunder[26]. Berikut adalah sketsa gambar *autotransformator* :



Gambar 2. 8. *Autotransformator*

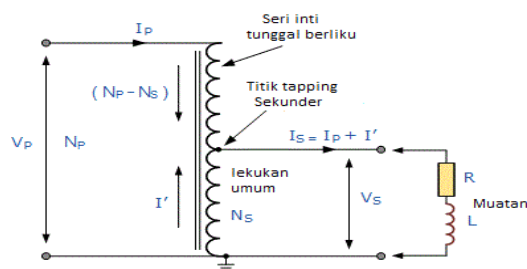
Oleh karena itu dalam *autotransformator*, lilitan primer dan sekunder dihubungkan secara elektrik dan magnetis. Keuntungan utama dari jenis desain transformator ini adalah dapat dibuat jauh lebih murah untuk tingkat VA yang sama, namun kerugian terbesar dari sebuah *autotransformator* adalah tidak memiliki isolasi lilitan primer atau sekunder dari transformator luka ganda konvensional.

Bagian lilitan yang ditunjuk sebagai bagian primer dari lilitan dihubungkan ke sumber listrik AC dengan bagian sekunder dari lilitan primer ini. Sebuah *autotransformator* juga dapat digunakan untuk menggerakkan tegangan *supply* ke atas atau ke bawah dengan membalikkan koneksi.

1. Rangkaian *autotransformator* Sederhana

Ketika arus primer I_P mengalir melalui lilitan tunggal ke arah panah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9, arus sekunder, I_S , mengalir ke arah yang berlawanan. Oleh karena itu, dalam porsi yang berkelok-kelok yang menghasilkan tegangan sekunder, V_S arus yang mengalir keluar dari belitan adalah perbedaan I_P dan I_S .

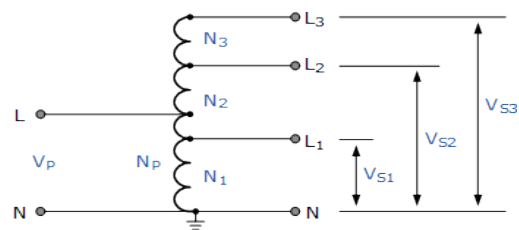
Autotransformator juga dapat dibangun dengan lebih dari satu titik penyadapan tunggal. *auto-transformator* dapat digunakan untuk memberikan titik tegangan yang berbeda sepanjang lilitannya atau meningkatkan *voltage supply* sehubungan dengan *voltage supply* V_P seperti yang ditunjukkan. Berikut adalah rangkaian *autotransformator* sederhana :



Gambar 2. 9. Rangkaian *autotransformator* sederhana

2. *Autotransformator* dengan Titik *Tapping* Ganda

Metode standar untuk menandai lilitan *autotransformator* adalah memberi label dengan huruf kapital (huruf besar). Jadi misalnya, A, B, Z, dll untuk mengidentifikasi *supply* akhir. Umumnya koneksi netral umum ditandai sebagai N atau n . Untuk penyadapan sekunder, nomor akhiran digunakan untuk semua titik penyadapan sepanjang lilitan *autotransformator* primer . Angka-angka ini umumnya dimulai di nomor 1 dan berlanjut dalam urutan menaik untuk semua titik penyadapan seperti yang ditunjukkan. Berikut adalah sketsa gambar *autotransformator* dengan titik *tapping* ganda:



Gambar 2. 10. *Autotransformator* dengan titik *tapping* Ganda