

## PEREKAYASAAN PROTOTIP PESAWAT SINAR-X DIAGNOSIS BERBASIS MIKROKONTROLER

Ferry Suyatno, Lely Yuniarsari, Beny Syawaludin  
PRPN – BATAN

Kawasan Puspitek Serpong, email : ontayus1@yahoo.com

### ABSTRAK

*PEREKAYASAAN PROTOTIP PESAWAT SINAR-X DIAGNOSIS BERBASIS MIKROKONTROLER, Telah dilakukan inovasi sistem pesawat sinar-X dari pesawat dengan sistem konvensional menjadi pesawat dengan sistem otomatis, dimana kontrol utamanya menggunakan mikrokontroler. Dengan sistem otomatis akan mempermudah operator dalam mengatur parameter pesawat sinar-X. Pada umumnya pesawat sinar-X dioperasikan dengan cara mengatur parameternya. Parameter-parameter pesawat sinar-X ada tiga yaitu tegangan (kV), arus (mA) dan waktu expose (S). Pada pesawat konvensional pengaturan parameternya menggunakan sistem analog, sehingga sistem kerjanya kurang akurat. Untuk memperbaiki sistem kerja pada pesawat konvensional perlu dilakukan inovasi pada sistemnya dengan menggunakan sistem digital dan mikrokontroler. Keakuratan dalam pengaturan parameter perlu dilakukan, agar di capai kinerja perangkat sinar-X yang presisi dalam pemakaiannya. Pada pesawat konvensional pengaturan tegangan (kV) dan arus dengan cara manual, sehingga ketepatan nilai tegangan dan arus tidak akurat. Apalagi pesawat sinar-X kalau sudah dipakai biasanya tidak pernah dikalibrasi ulang. Disamping itu sistem proteksi dan saklar penghubung untuk expose menggunakan magnet kontaktor yang pada dasarnya cara kerjanya menggunakan sistem mekanik. Komponen utama pesawat sinar-X adalah sistem kontrol, tegangan tinggi dan tabung sinar-X. Sistem kontrol berfungsi untuk mengatur parameter pesawat sinar-X, sedangkan tegangan tinggi untuk catu tegangan kerja pada tabung sinar-X, biasanya antara 30 kV sampai 200 kV. Tabung sinar-X merupakan generator penghasil sinar-X.*

*Kata kunci :Proteksi, konvensional, akurat, parameter*

### ABSTRACT

*AN ENGENERING DEVELOPMENT OF MICROCONTROLLER BASED X-RAY MACHINE PROTOTYPE FOR DIAGNOSIS, innovation system has been carried out to X-ray machine from a conventional system automated systems, where the main control using a microcontroller. With the automated system it will facilitate the operators to set parameters of X-ray machine. In general, the X-ray machine is operated in a way to set parameters. There are three parameters of the X-ray machine : voltage (kV), current (mA) and exposure time (S). In conventional machine, the parameters settings usis an analog system, so that the system works less accurate. To improve the working system on the conventional machine an innovation needs to be done on the system by using digital and microcontroller systems. The accuracy in setting the parameters needs to be improved, to accomlishe performance of the X-ray device that precision in its use. In conventional voltage setting (kV) and current manual way, so that the accuracy of the voltage and current values are not accurate. Moreover, the X-ray machine that is used normally never recalibrated. Besides, the protection system and connecting the switch to expose the magnetic contactor is basically using mechanical systems. The main components are the X-ray machine control systems, high voltage and X-ray tube. The control system serves to set the parameters of the X-ray machine, while the high voltage to supply voltage to the X-ray tube, usually between 30 kV to 200 kV. X-ray tube is producing x-ray generator.*

*Keywords: protections, conventional, accurate parameter*

## 1. PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X merupakan perangkat kedokteran yang digunakan sebagai alat diagnose pada pasien. Pesawat ini menggunakan tabung hampa sebagai sumber elektron. Elektron ini akan dipercepat dan menumbuk logam anoda. Tumbukan tak kenyal sempurna ini menghasilkan sinar-X. Sinar-X inilah yang digunakan sebagai alat diagnosis. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung akan menembus sasaran obyek berupa organ tubuh pasien. Hasil pencitraan ini akan ditangkap oleh sebuah film positif dan akan menghasilkan sebuah berkas gambar dari obyek. Berkas gambar inilah yang akan digunakan sebagai bahan diagnosis penyakit pada pasien. Di dalam tabung hampa terdapat tiga komponen utama sebagai pembangkit sinar-X, yaitu katoda, anoda dan filamen. Komponen utama yang menghasilkan elektron adalah filamen yang terbuat dari tungsten (Wolfram Oksida,  $WO_3$ ). Filamen ini jika dipanaskan dengan sumber listrik maka akan mengeluarkan elektron.

Pesawat sinar-X terdiri dari sistem kontrol, tegangan tinggi dan tabung sinar-X. Pada saat pesawat sinar-X akan dioperasikan maka perlu mengatur lebih dulu parameter-parameternya antara lain tegangan tinggi (kV), arus (mA) dan waktu expose. Sistem pengaturan tiga parameter ini harus mempunyai keakuratan yang tinggi, agar sinar-X yang dihasilkan memenuhi standart kedokteran. Pada pesawat sinar-X konvensional sistemnya masih menggunakan sistem analog. dimana sistem analog cara kerjanya masih rendah keakuratannya. Untuk itu perlu dilakukan inovasi pada sistemnya dari analog ke digital dan mikrokontroler.

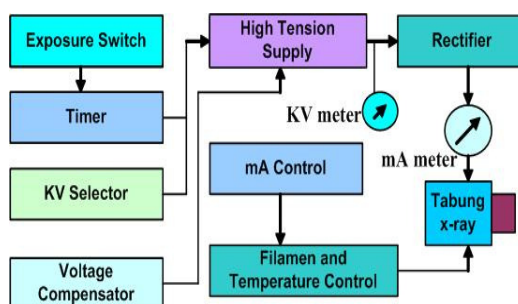
Perekayasa sistem digital dan mikrokontroler digunakan untuk memperbaiki cara mengatur parameter pada pesawat sinar-X, sehingga di hasilkan kinerja pesawat sinar-X yang akurat. Pengaturan tegangan digunakan motor stepper yang dikendalikan oleh mikrokontroler, sehingga pengaturan

dapat dilakukan secara otomatis dan tegangan tepat nilainya. Demikian juga untuk parameter yang lain arus dan waktu expose dikendalikan mikrokontroler, sehingga nilai besarnya tepat. Dengan demikian di harapkan hasil sinar-X yang di hasilkan tabung sesuai dengan standart yang berlaku.

## 2. TEORI

Pesawat sinar-X adalah pesawat yang dipakai untuk memproduksi sinar-X. Sinar-X dibangkitkan dengan jalan menembaki target logam dengan elektron cepat dalam suatu tabung hampa udara. Elektron di hasilkan dari filamen yang dipanaskan, dimana filamen juga sebagai katoda. Pada saat arus listrik dari sumber tegangan tinggi dihidupkan, filamen akan mengalami pemanasan, sehingga banyak elektron dari bahan filamen yang keluar di permukaan. Selanjutnya antara katoda dan anoda diberi beda potensial yang tinggi, maka elektron akan bergerak cepat dengan energi kinetik menuju anoda. Terjadilah tumbukan antara target (anoda) dengan elektron maka timbullah sinar-X.

Sistem pesawat sinar-X secara umum adalah seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar.1. Blok diagram Pesawat sinar-X

Dari gambar 1 terlihat ada exposure switch yang merupakan bagian dari pesawat sinar-X terdiri dari suatu rangkaian switch yang menghubungkan antara tegangan rendah dengan tegangan tinggi (HV). Jika switch ditekan maka akan ada

aliran tegangan dari autotransformator ke HV, sehingga timbul tegangan tinggi yang akan menjadi tegangan kerja pada tabung sinar-X. Pada pesawat sinar-X konvensional switch ini menggunakan magnet kontaktor, sehingga kerjanya agak lambat. Timer berfungsi sebagai pewaktu untuk lamanya pencitraan berlangsung. Pewaktu ini biasanya menggunakan sistem mekanik, jadi waktu yang di hasilkan kurang akurat. KV selector berfungsi untuk mengatur tegangan tinggi, untuk pesawat sinar-X konvensional masih secara manual dan analog. Rangkaian mA kontrol digunakan untuk mengatur dan mengontrol arus filamen. Tabung sinar-X merupakan generator penghasil sinar-X.

### 3. TATA KERJA

Komponen utama pesawat sinar-x adalah tabung, sistem kontrol dan generator tegangan tinggi (HV). Sistem kontrol terdiri dari modul pengatur tegangan, modul pengatur arus tabung, pengatur waktu exposure dan modul mikrokontroler. Peralatan yang digunakan osciloscope, multi meter, tang ampere, pulse generator dan tool set.

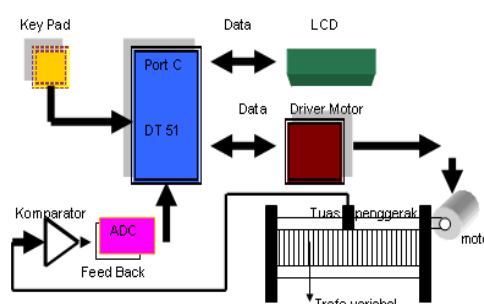
#### 3.1. CARA KERJA

- Menyiapkan alat dan bahan yang akan dipergunakan
- Menyiapkan box kontrol untuk tempat merangkai komponen
- Pembuatan PCB
- Menyiapkan mikrokontroler
- Instalasi pengkabelan pada box kontrol
- Merangkai driver motor
- Menyiapkan program
- Integrasi sistem elektrik dan elektronik
- Pengujian

#### 3.2. METODOLOGI

Dalam perancangan prototip pesawat sinar-x dilakukan dengan mendesain sistem kontrol, tampilan

pada panel kontrol, membuat stand tabung (*support stand*) dan pengatur parameter KV, mA dan waktu exposure. Kendali utama digunakan mikrokontroler keluarga dari MCS.51. 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 key pad 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. Selanjutnya mikrokontroler akan memproses dan akan memerintah driver motor untuk menggerakkan tuas pada trafo variabel untuk menyesuaikan nilai tegangan yang diminta. Setelah semua parameter selesai di seting, maka tinggal menekan tombol expose. Switch pencitraan (expose) untuk yang pesawat konvensional menggunakan magnet kontaktor, pada switch inovasi digunakan SCR sehingga lebih tepat dan akurat. Rangkaian sistem inovasi seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram Pengatur kV

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

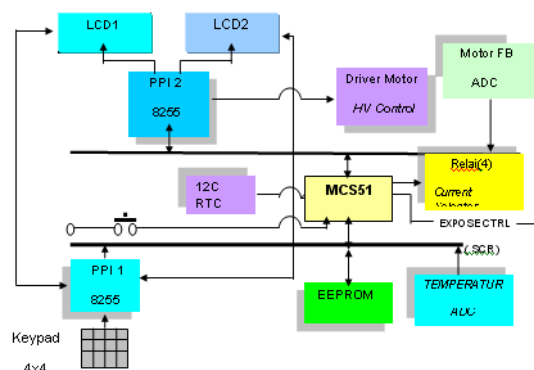
Sistem kontrol pesawat sinar-x dengan mikrokontroler akan meningkatkan unjuk kerja. Ini dikarenakan mikrokontroler dapat bekerja dengan tepat dan akurat.

Sistem kontrol berbasis mikrokontroler mempunyai beberapa bagian utama yaitu :

- Mikrokontroler keluarga MCS 51 sebagai pengontrol utama
- 2 (dua) buah grafik LCD untuk tampilan
- Keypad 4 x 4 untuk memasukkan setting dari operator
- Driver motor dan feedback A/D Converter ( 8-bit ) sebagai pengatur tegangan tinggi.
- EEPROM (4 KB) untuk menyimpan data setting dan sebagainya
- ADC (8-bit) yang dihubungkan dengan *thermocouple* untuk mengukur suhu tabung.
- RTC (*Real Time Clock*) sebagai penunjuk waktu
- *Exposure switch* dan *control* yang dihubungkan dengan SCR (*silicon Controlled Rectifier*)

Board kontrol dibagi menjadi 2 bagian yaitu board mikrokontroler yang menggunakan DT-51 MinSys dan board I/O yang didesain sendiri. Hanya saja board DT-51 di modifikasi dengan mengganti kristal 12 MHZ dan mengganti IC AT89C51 dengan AT89C55 (3 Timer/Counter dan 20 K EEPROM ). Mikrokontroler AT89C51 diproduksi oleh Atmel dengan menggunakan teknologi *high-density nonvolatile memory*. Mikrokontroler ini memiliki jumlah dan susunan pins dan intruksi pemrograman yang sesuai dengan standart untuk mikrokontroler keluarga 8051 (MCS 51). Mikrokontroler AT89C51 merupakan mikrokontroler dengan 4 K bytes *flash programmable* dan *EPROM*. Konsumsi daya mikrokontroler AT89C51 rendah. Flash memory pada chip mikrokontroler ini dapat diprogram ulang dengan menggunakan *programmer nonvolatile memori* konvensional maupun langsung terhubung dengan sistem. Mikrokontroler dapat diprogram dengan menggunakan beberapa bahasa antara lain : Bahasa Assembly, bahasa-C, bahasa Basic dan Bascom. Untuk mendapatkan program dalam bentuk kode mesin yang akan ditanam kedalam

ROM, program yang ditulis dalam bahasa assembly , C atau Basic memerlukan beberapa tahapan sebagai berikut :



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Kontrol Pesawat X-Ray

Tahapan proses urutan program:

1. Penulisan Program Sumber (Source code), Alat : editor teks.
2. Penterjemahan ke dalam kode mesin menjadi obyek module, alat : Assembler/compiler
3. Menggabungkan obyek module dengan module lain seperti library, alat : linker
4. Testing / debugging, alat : emulator / simulator

Penulisan program sumber dilakukan dengan menggunakan editor teks yang ada seperti EDIT, Notepad dan lainnya. Untuk menguji program yang telah dibuat dapat menggunakan emulator, System Development Kit (SDK) dan Simulator.

## 5. KESIMPULAN

Pesawat sinar-X konvensional dengan menggunakan sistem analog, ternyata hasil kerjanya kurang akurat. Untuk itu perlu ditingkatkan unjuk kerjanya dengan menggunakan sistem digital dan mikrokontroler, sehingga menjadi pesawat yang otomatisasi. Dengan demikian akan mempermudah operator dalam mengatur parameter pesawat sinar-X.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. AGFIANTO EKO PUTRA, Belajar Mikrokontroler, gaya media, 2002
- [2]. DARMAWAN, Pengetahuan Nuklir, Karunika Universitas Terbuka, Jakarta, 1987.
- [3]. KAPLAN, Fisika Atom, Karunika Universitas Terbuka, Jakarta, 1986
- [4]. KF. IBRAHIM, Teknik Digital, Penerbit Andi, Jogjakrta, 2001
- [5]. SUTRISNO, Elektronika II, Karunika Universitas Terbuka, Jakarta, 1986.
- [6]. RALPH J SMITH, Rangkaian Piranti dan Sistem, Erlangga, Jakarta, 1992.

## 7. LAMPIRAN



Pesawat sinar-X mikrokontroler Type XRM-01  
Spesifikasi :  
**Daya maksimum** : 10 KVA  
 Voltage : 220 V/50 Hz / 1 phase  
 Arus : 100 mA  
 Jenis tabung : single tank  
 Kapasitas tabung : 100 kV / 100 mA  
 Timer : 0,02 - 6 dt  
 Sistem kontrol : 2 box, 2 LCD, key pad  
 Penggerak tabung : otomatis (pakai motor)

Gambar 4. Prototip Pesawat Sinar-X Diagnostik ( Litbang 2005-2006 )



Pesawat sinar-X mikrokontroler Type XRM-01  
Spesifikasi :

Daya maksimum : 10 KVA  
 Voltage : 220 V/50 Hz / 1 phase  
 Arus : 100 mA  
 Jenis tabung : single tank  
 Kapasitas tabung : 100 kV / 100 mA  
 Timer : 0,02 - 6 dt  
 Sistem kontrol : 1 box dan PC  
 Penggerak tabung : manual

Gambar 5. Pesawat sinar-X Diagnostik mikrokontroler (Litbang 2008-2009)