

REKAYASA SISTEM PENGATUR PARAMETER PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK BERBASIS MIKROKONTROLER KELUARGA MCS 51

FERRY SUYATNO, ISTOFA, LELY YUNIARSARI
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN
Kawasan Puspitek, Serpong
Tangerang 15310, Banten Telp 021-7560896

Abstrak

REKAYASA SISTEM PENGATUR PARAMETER PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK BERBASIS MIKROKONTROLER KELUARGA MCS 51. Pesawat sinar-x atau pesawat Rontgen adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-x. Sinar-x yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh yang akan didiagnose. Berkas sinar-x tersebut akan menembus bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film, sehingga akan terbentuk gambar dari bagian tubuh yang disinari. Sebelum pengoperasian pesawat sinar-x perlu dilakukan seting parameter untuk mendapatkan sinar-x yang dikehendaki. Parameter-parameter tersebut adalah tegangan tinggi (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s). Bagian pokok dari pesawat sinar-x terdiri dari sistem kontrol, generator tegangan tinggi dan tabung sinar-x. Sistem pengatur pesawat sinar-x konvensional masih menggunakan sistem analog. Sistem ini mempunyai keakuratan yang masih rendah padahal pesawat sinar-x untuk diagnosa dituntut keakuratan yang tinggi. Oleh sebab itu sistem kontrol konvensional perlu di lakukan perekayasa agar dicapai kinerja yang akurat. Untuk itu perkayasaan dilakukan di bagian sistem pengatur parameter dengan menggunakan mikrokontroler dari keluarga MCS 51 yang banyak di pasaran, dengan tujuan jika terjadi kerusakan akan mudah mencari penggantinya.

Kata kunci : Diagnostik, mikrokontroler, parameter, sistem kontrol

Abstract

THE ENGINEERING OF AN MCS 51 MICROCONTROLLER BASED X-RAY DEVICE, EQUIPMENT FOR PARAMETER CONTROL SYSTEM. The x-ray or Rontgen apparatus is an equipment used for medical diagnosis. The x-ray emitted by the tube is focused on the examined organ. The x-ray passing through the organ is received by a film, forming a picture of the organ on the film. Before the x-ray apparatus is operated, its parameters need to be set to obtain desired x-ray characteristics. Those parameter are high voltage (kV), Tube current (mA), and exposure time (s). The main parts of the apparatus are the control system, the high voltage generator, and the x-ray tube. The control system in a conventional x-ray apparatus still uses analog system. Such a system have low accuracy. However a diagnostic x-ray apparatus is required to have a high accuracy. Thus it is necessary to engineer a more accurate control system. Here an MCS 51 microcontroller based control system for that use is engineered.

Keywords: Diagnostic, microcontroller, parameter, control system

PENDAHULUAN

Perangkat pesawat sinar-x sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri tentu saja dengan harga yang cukup tinggi. Pada hal didalam negeri alat ini sangat dibutuhkan. Jika

alat ini mengalami kerusakan maka rumah sakit mengalami kesulitan untuk memperbaikinya. Karena masih terbatasnya teknisi ahli dibidang peralatan ini di Indonesia. Untuk itu sangat diperlukan perekayasa pesawat sinar-x, supaya tidak tergantung dengan luar negeri.

Perangkat sinar-x pada bagian pokoknya terdiri dari *sistem kontrol, generator tegangan tinggi (HV) dan tabung sinar-x*. Sistem kontrol berfungsi mengatur dan mengendalikan operasi pesawat sinar-x dalam menghasilkan kuantitas dan kualitas sinar-x. Kuantitas dan kualitas sinar-x tergantung pada pengaturan parameter tegangan, arus dan waktu pencitraan. Kuantitas dan kualitas sinar-x tergantung dari elektron yang dihasilkan filamen dan energi sinar-x yang dihasilkan dari pengaturan tegangan tinggi.

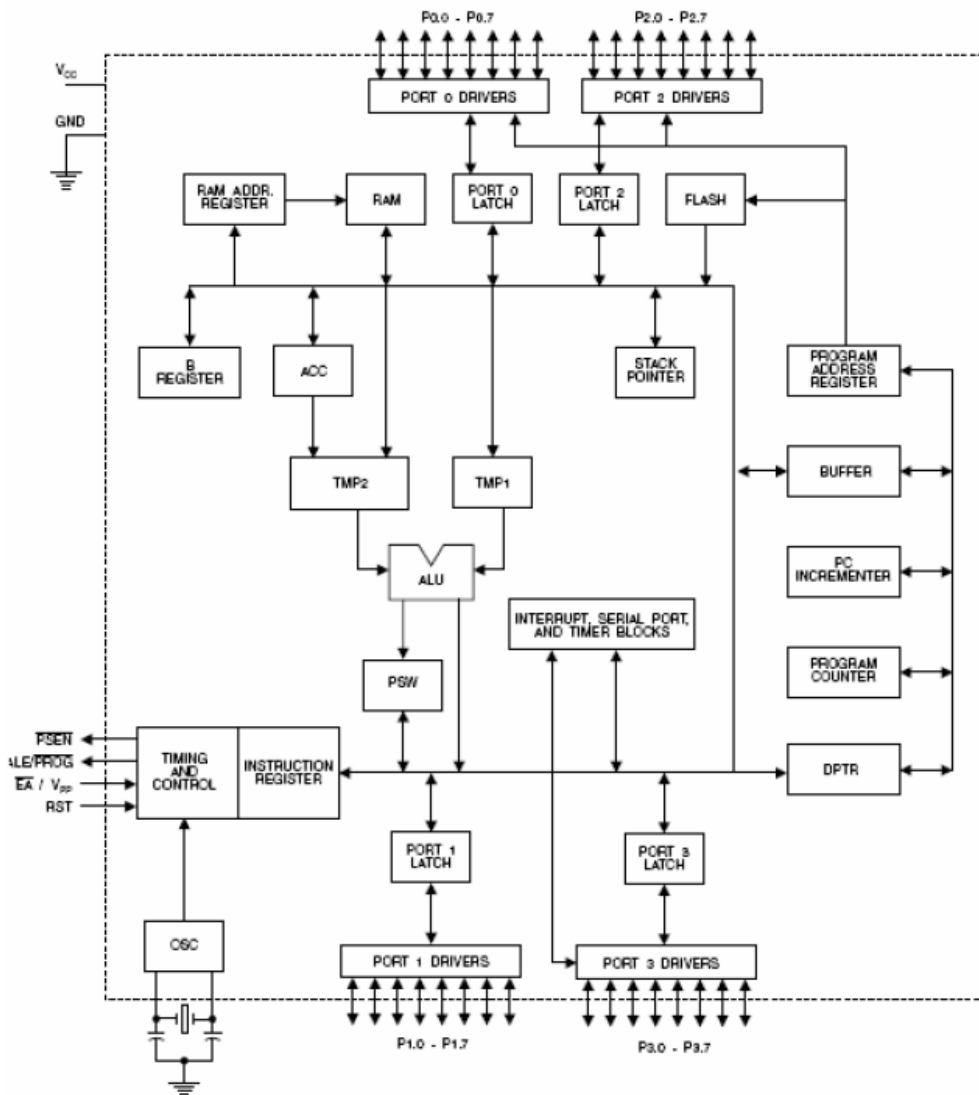
Pada sistem kontrol pesawat sinar-x konvensional pengaturan parameternya masih menggunakan sistem analog dan manual. Seperti kita ketahui bahwa sistem analog masih rendah keakuratannya, ini disebabkan *input* data dilakukan secara manual tidak secara otomatis,

sehingga ketepatan nilai data tidak akurat hal ini akan mempengaruhi sinar-x yang dihasilkan. Untuk itu perlu diadakan perbaikan kinerja pesawat sinar-x dengan menggunakan sistem mikrokontroler. Dalam sistem ini mikrokontroler dipergunakan sebagai pengatur parameter secara otomatis.

TEORI DASAR

Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam sebuah IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Perbedaan yang nyata dengan komputer adalah mikrokontroler mempunyai tugas yang spesifik.



Gambar 1. Blok Diagram AT89C51/52.

Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler. Dalam mikrokontroler ROM jauh lebih besar dibanding RAM, sedangkan dalam komputer RAM jauh lebih besar dibanding ROM. Beberapa mikrokontroler yang termasuk kedalam keluarga MCS-51 adalah sebagai berikut:

1. AT89C51/52/53
2. AT89C1051/2051/4051
3. AT89S51/52/53^[1]

Bahasa Pemrograman Mikrokontroler

Secara umum, bahasa yang digunakan untuk pemrograman adalah bahasa tingkat rendah, yaitu bahasa assembly. Untuk MCS 51 bahasa tingkat tinggi yang banyak dikembangkan antara lain BASIC, Pascal dan bahasa C^[1].

Mikrokontroler yang dipakai sebagai sistem pengatur merupakan keluarga dari mikrokontroler MCS 51 yang diproduksi oleh ATMEL yaitu AT89C51^[1]. Pada sistem pengatur ini menggunakan kompilator BASCOM-8051 yaitu kompilator yang menggunakan bahasa BASIC^[7]. Pada gambar 1 terlihat blok diagram arsitektur AT89C51/52

TATA KERJA

Komponen utama sistem pengatur parameter adalah mikrokontroler AT89C51, trafo variabel, *driver* motor dan motor dc.

Peralatan yang digunakan *oscilloscope*, multimeter, tang ampere, pulsa generator dan *tool set*.

Cara Kerja

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan dipergunakan
2. Menyiapkan box kontrol untuk tempat merangkai komponen
3. Menyiapkan mikrokontroler DT 51
4. Instalasi pengkabelan pada box kontrol
5. Merangkai *driver* motor
6. Menyiapkan program
7. Integrasi sistem elektrik dan elektronik
8. Pembuatan sistem mekanik
9. Pengujian

SISTEM PENGATUR

Sistem pengatur berguna untuk mengatur catu tegangan, arus dan waktu pencitraan. Intruksi pengatur dilakukan melalui *keypad* dan kontrol utama menggunakan mikrokontroler, sehingga dapat bekerja secara otomatis, sedangkan sistem pengatur model lama masih manual.

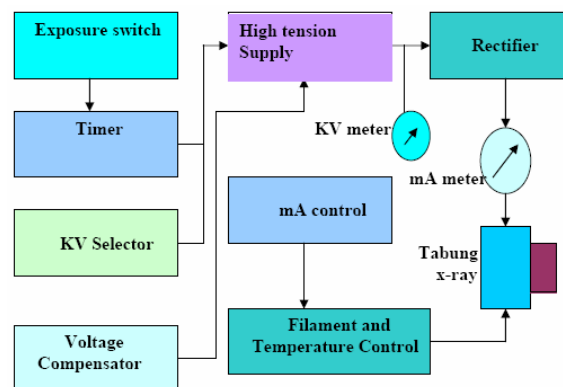
Metode Pengatur Tegangan (KV selektor)

Pengaturan tegangan melalui sebuah trafo variabel atau auto transformator dimana penggerakannya menggunakan motor *stepper*. Untuk proses sistem pengatur digunakan

mikrokontroler AT89C51/55 yang menggerakkan motor *stepper* untuk memutar trafo variabel. Keluaran trafo variabel masih berupa tegangan rendah antara 120 Volt sampai 240 volt. Tegangan hasil seting ini masuk kedalam lilitan primer trafo HV dan keluarannya dari HV berupa tegangan tinggi yang siap dimasukkan kedalam tabung. Hasil seting tegangan akan tampil pada displai, sedangkan blok diagram pesawat sinar-x secara lengkap seperti terlihat pada Gambar 2.

Perangkat sistem pengatur terdiri dari :

1. Trafo variabel (Auto transformator)
2. Trafo Regulator
3. *Keypad*
4. AT89C51/52
5. *A/ D conveter* sebagai *driver* motor dan *feedback*
6. *Display* (LCD)



Gambar 2. Blok Diagram Pesawat Sinar-X.

Cara Kerja Pesawat sinar-x

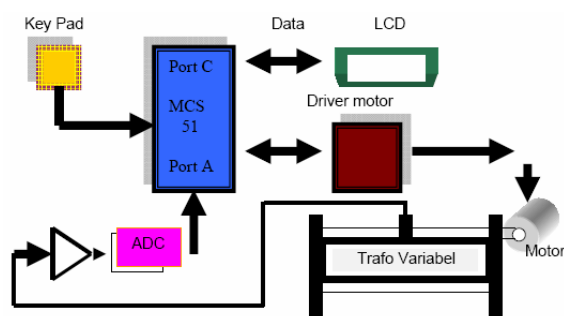
Sebelum pesawat sinar-x dioperasikan maka perlu diatur parameter parameternya antara lain tegangan tinggi, arus tabung dan

waktu *expose*. Hidupkan pesawat sinar-x dengan menekan tombol *power* utama (ON), selanjutnya atur tegangan tinggi melalui KV selektor, atur arus tabung melalui mA kontrol dan waktu *expose* lewat *timer*. Besaran hasil pengaturan akan ditampilkan di *display* pada panel kontrol. Setelah seting (pengaturan) parameter selesai, selanjutnya tekan tombol *expose* sekali maka lampu *ready* akan menyala tekan tombol *expose* dua kali, maka tabung akan memancarkan sinar-x.

Cara Kerja Pengatur Tegangan Tinggi

Seting tegangan dilakukan dengan cara data dimasukkan melalui *keypad* masuk ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan menggerakkan motor melalui *driver* motor dan kemudian akan menggerakkan tuas pada trafo variabel untuk merubah nilai tegangan. Untuk mengontrol keluaran tegangan dilakukan melalui *feed back* menggunakan *A/D Converter*. Motor penggerak digunakan motor *stepper*. Dipilihnya motor *stepper* karena motor dapat berhenti tepat pada posisinya sehingga tidak ada gerak lebih. Nilai tegangan hasil seting akan ditampilkan pada *display* dan tegangan ini sebagai tegangan kerja tabung untuk menghasilkan sinar-x.

Rangkaian berikut (Gambar 3) merupakan sistem pengatur tegangan tinggi yang akan memberikan *input* ke tabung sinar-x

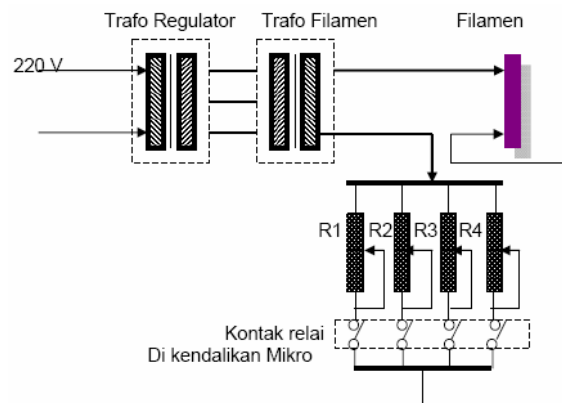


Gambar 3. Blok Diagram Pengatur Tegangan Tinggi

Metode Pengatur Arus Tabung (mA kontrol)

Arus yang masuk ke tabung akan memanaskan filamen sehingga menghasilkan elektron cepat (elektron yang bergerak dari katoda ke anoda)^[3]. Besar kecil arus yang masuk harus diatur untuk menentukan intensitas sinar-x yang dikeluarkan oleh tabung^[2]. Rangkaian pengatur arus seperti terlihat pada

Gambar 4. yang terdiri dari trafo regulator, trafo filamen (*step down*), Resistor variabel, *relay* dan filamen yang berada didalam tabung. Seting arus dilakukan menggunakan *keypad* yang mengatur mikrokontroler untuk menggerakkan *relay*. Pengatur arus ini dibuat empat posisi yaitu 15 mA, 30 mA, 50 mA, dan 100 mA. Trafo regulator berfungsi penstabil tegangan antara tegangan masuk dan tegangan keluaran yang akan masuk ke trafo filamen^[5]. Tegangan kerja filamen itu rendah yaitu antara 7 Volt sampai 11 Volt khususnya untuk tabung buatan china. Untuk itu sebelum masuk ke filamen di pasang trafo *step down* (trafo filamen)^[5]. Pengatur arus menggunakan resistor variabel R1, R2, R3 dan R4 yaitu untuk 15 mA, 30 mA, 50 mA serta 100 mA.



Gambar 4. Rangkaian Pengatur Arus.

Cara Kerja Pengatur Arus

Data seting arus dimasukkan melalui *keypad* ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan menggerakkan salah satu *relay* pada sistem pengatur. Ada empat buah *relay* yang dapat dipilih untuk masing-masing nilai antara lain 15 mA, 30 mA, 50 mA dan 100 mA. Arus hasil seting itu akan menghidupkan filamen dalam tabung yang selanjutnya akan menghasilkan elektron^[2]. Elektron ini dipercepat karena adanya tegangan tinggi, selanjutnya akan menumbuk katoda sehingga menghasilkan sinar-x^[2].

HASIL DAN PEMBAHASAN

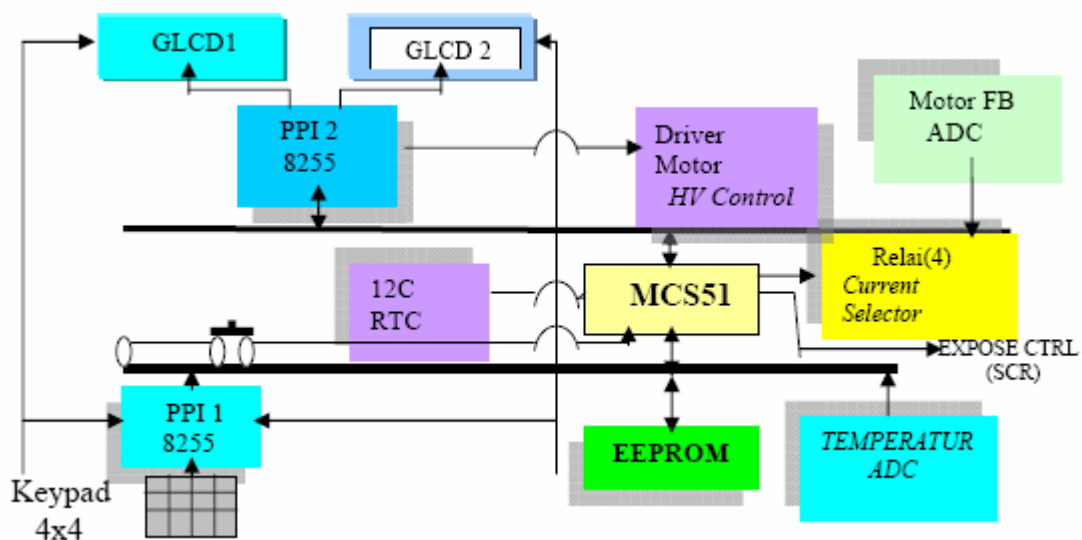
Sistem kontrol pesawat sinar-x dengan mikrokontroler akan meningkatkan unjuk kerja. Ini dikarenakan mikrokontroler dapat bekerja dengan tepat dan akurat^[4].

Sistem kontrol berbasis mikrokontroler mempunyai beberapa bagian utama yaitu:

1. Mikrokontroler keluarga MCS 51 sebagai pengontrol utama
2. 2 (dua) buah grafik LCD untuk tampilan
3. *Keypad* 4 x 4 untuk memasukkan seting dari operator
4. *Driver motor* dan *feedback A/D Converter* (8-bit) sebagai pengatur tegangan tinggi. (motor menggunakan motor *stepper* sehingga dapat tepat)
5. EEPROM (4 KB) untuk menyimpan data *setting* dan sebagainya

6. ADC (8-bit) yang dihubungkan dengan *thermocouple* untuk mengukur suhu.
7. RTC (*Real Time Clock*) sebagai penunjuk waktu
8. *Exposure switch* dan *control* yang dihubungkan dengan SCR (*silicon Controlled Rectifier*)

Mikrokontroler menggunakan osilator 12 MHZ sebagai basis pengaturan waktu *expose*. Blok diagram rangkaian hasil seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Sistem Kontrol Pesawat Sinar-X.

Board kontrol dibagi menjadi dua bagian yaitu *board* mikrokontroler yang menggunakan DT 51 Min Sys dan *board* I/O yang didisain sendiri. Hanya saja *board* DT 51 di modifikasi dengan mengganti kristal 12 MHZ dan mengganti IC AT89C52 (3 *timer/counter* dan 20 EEPROM). Konsumsi daya AT89C52 cukup rendah. *Flash memory* pada *chip* mikrokontroler ini dapat diprogram ulang dengan menggunakan *programmer nonvolatil memory* konvensional maupun langsung terhubung dengan sistem^[1].

Mikrokontroler dapat diprogram dengan menggunakan bahasa antara lain: Bahasa *Assembly*, bahasa C, khusus untuk mikro dan bahasa Bascom. Untuk mendapatkan program dalam bentuk kode mesin yang akan ditanam kedalam ROM, program yang ditulis dalam bentuk *assembly* atau Bascom memerlukan tahapan sebagai berikut^[7]

Tabel 1. Tahapan Proses Pemrograman.

No	Tahap Proses	Alat
1.	Penulisan program sumber(<i>Source</i> kode).	Editor teks
2.	Penterjemahan kedalam kode mesin menjadi obyek <i>module</i>	<i>Assembler</i>
3.	Gabung Obyek <i>module</i> dengan <i>module</i> lain	<i>Linker</i>
4.	<i>Testing / debugging</i>	Emulator

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

Hasil Rekayasa Sistem Pengatur

Kegiatan merekayasa sistem pengatur ini dilakukan dengan merubah seluruh sistem kontrol dari sistem konvensional ke sistem otomatis dengan menggunakan mikrokontroler.

Adapun hasil sistem pengatur yang di rekayasa antara lain:

Catu Daya AC

Komponen catu daya sebelum direkayasa menggunakan tujuh buah magnet kontaktor, lima buah untuk catu daya rendah sampai sedang dan dua buah untuk catu daya tinggi. Pada saat pesawat sinar-x dioperasikan maka akan banyak menimbulkan suara. Hal ini tentu saja akan mengganggu pasien yang sedang dilakukan pencitraan, untuk itu bunyi suara ini perlu dikurangi. Pada kegiatan rekayasa ini magnet kontaktor hanya menggunakan dua buah yaitu untuk catu daya yang masuk dari sumber tegangan PLN dan catu daya untuk filamen di dalam tabung. Untuk catu daya rendah digunakan *relay*, sedangkan kontak untuk catu daya tinggi yang digunakan *expose* adalah rangkaian SCR sebagai pengganti magnet kontaktor. Dengan demikian pada saat pesawat sinar-x di *expose* bunyi suara dapat dikurangi.

Pengatur Tegangan Tinggi

Pengatur ini berfungsi untuk mengatur catu tegangan tinggi sebagai tegangan kerja ke tabung pesawat sinar-x. Pengatur sebelum direkayasa menggunakan saklar putar untuk menggerakkan tuas pada trafo variabel. Rangkaian saklar putar dengan tuas pengatur menggunakan beberapa roda yang dihubungkan dengan tali benang sehingga pada saat saklar diputar maka tali akan menarik tuas pada trafo dan akan menimbulkan perubahan tegangan. Catu tegangan ini akan ditampilkan pada *display* dipanel kontrol menggunakan meter analog. Dari sistem rangkaian pengatur yang masih manual ini tentu saja masih rendah tingkat ketepatannya. Untuk memperbaiki unjuk kerja dari rangkaian pengatur dilakukan rekayasa dengan sistem otomatis. Kendali utama otomatisasi ini menggunakan mikrokontroler keluarga MCS 51 (Gambar 3).

Pengatur Arus (mA kontrol)

Sebelum rekayasa dilakukan pengatur arus untuk catu arus ke filamen menggunakan saklar geser untuk memilih nilai besaran yang telah ditetapkan yaitu 15 mA, 30 mA, 50 mA dan 100 mA. Hasil rekayasa untuk memilih menggunakan tombol yang akan mengaktifkan *relay* untuk menghubungkan ke resistor yang mengatur nilai besaran arus (Gambar 4).

Timer (waktu *expose*)

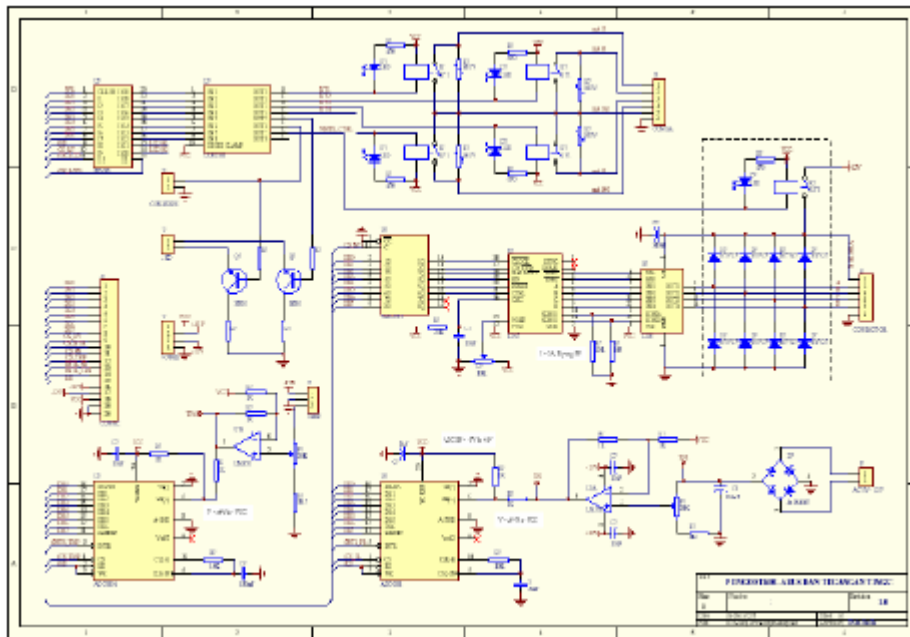
Waktu *expose* ditentukan oleh *timer*, pada pesawat sinar-x konvensional digunakan *timer* dengan sistem mekanik. Ketepatan sistem mekanik biasanya kurang karena adanya gesekan gesekan yang menghambat kerja *timer*, sehingga tingkat ke presisiannya rendah. Hal ini akan mempengaruhi hasil sinar-x yang dikeluarkan tabung. Hasil rekayasa *timer* diambil dari mikrokontroler. Mikrokontroler bekerja berdasarkan sistem digital sehingga tingkat ketepatannya lebih tinggi. Dengan hasil rekayasa diharapkan sinar-x yang dihasilkan oleh tabung sesuai dengan dosis yang mestinya diterima oleh pasien.

Tabel 2. Hasil Pengujian Paparan Radiasi Sinar-X.

No	Tegangan (KV)	Arus (mA)	Waktu (detik)	Paparan (mRem)	
				Lama	Baru
1.	60	50	0.5	350	400
2.	70	50	0.5	400	550
3.	80	50	0.5	600	700
4.	90	50	0.5	700	750
5.	100	50	0.5	800	850

Hasil gambar rangkaian pengatur secara lengkap seperti terlihat pada Gambar 6 yang terdiri dari:

1. Jalur rangkaian DT 51
2. Rangkaian penggerak *relay*
3. Rangkaian *driver* motor
4. Rangkaian ADC sebagai *feed back*
5. Rangkaian kontrol suhu.



Gambar 6. Rangkaian Sistem Pengatur Parameter.

KESIMPULAN

Perekayasa pada sistem kontrol dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler, diharapkan dapat memperbaiki unjuk kerja pesawat sinar-x konvensional baik ketepatan maupun efisiensi waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan banyak terima kasih terutama pada teman-teman BIKK yang membantu dalam penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

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

7. WIRANTO BUDI SANTOSA, "Aplikasi Mikrokontroler Dalam Instrumentasi Nuklir", P2PN-Batan, Jakarta, 2003

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Apa keunggulan antara model sebelum diadakan sistem yang baru ? (Sigit B)
2. Bagaimana terjadinya sinar-x pada pesawat sinar-x ? (Nugroho TS)
3. Apa alasan memilih menggunakan mikrokontroler AT 89C51 dari mikrokontroler jenis lain ? (Praptana)
4. Apa kelebihan dan kekurangan pengatur parameter pesawat sinar-x dengan menggunakan mikrokontroler dibanding dengan manual/analog? (Praptana)
5. Apakah mikrokontroler AT 89C51/52 merupakan mikrokontroler yang paling baik? Tolong jelaskan ? (Sutrisno)
6. Bagaimana cara menggunakan pesawat sinar-x diagnostik ? (Rachmad MM)
7. Apa saja alat yang perlu digunakan dalam melindungi kita sewaktu menggunakan pesawat sinar-x ? (Rachmad MM)
8. Apa alasan menggunakan mikrokontroler AT 89C51/52 ? (Rachmad MM).

Jawaban

1. Dalam sisi penampilan box kontrol beserta komponennya nampak lebih bagus, karena menggunakan tombol yang divariasikan dengan display dari *seven segment*. Dari sisi teknis dalam pengukuran lebih presisi dan akurat.
2. Filamen, juga sebagai katoda yang dipanaskan akan mengeluarkan elektron-elektron, dengan diberi beda potensial yang tinggi antara katoda dan anoda maka elektron akan bergerak cepat menumbuk anoda. Terjadinya tumbukan tersebut akan menghasilkan sinar-x.
3. Mikrokontroler AT 89C51 lebih praktis dan murah serta memorinya banyak.
4. Kelebihannya pengukuran dengan mikrokontroler memiliki hasil yang lebih presisi. Kekurangannya lebih sulit dalam sistemnya karena harus membuat program dan sistem pengaman harus lebih baik untuk melindungi komponen aktif.
5. Untuk penggunaan di sistem kontrol pada saat ini, mikrokontroler AT 89C51/52 merupakan mikrokontroler yang memiliki fitur praktis, memorinya banyak dan banyak dipasaran, sehingga jika terjadi kerusakan mudah mencari gantinya.
6. Pesawat sinar-x diagnostik digunakan pada ruangan tertutup yang telah diproteksi radiasi, sehingga aman terhadap lingkungan.
7. Alat yang perlu digunakan adalah apron (jas pelindung radiasi yang terbuat dari kulit dan timbal), Surveymeter dan film badge.
8. Memorinya cukup besar, memiliki 3 *timer/counter*, praktis dan banyak dipasaran.