

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Rujukan penelitian yang pertama yaitu terhadap tugas akhir Dwi Kurniawan dari Politeknik Kementrian Kesehatan Surabaya dengan judul Alat Kalibrasi X-ray Dengan Parameter Kilo Volt (KV) tahun 2010. Metode yang digunakan untuk mengukur tegangan tabung yaitu secara tidak langsung (*non-invasive*) mengubah sinar-X menjadi cahaya tampak dengan *intensifier screen* dan ditangkap oleh *solar cell* untuk dijadikan tegangan listrik dan diolah oleh mikrokontroler AT89951 dengan ADC eksternal 0884. Hasil pengukuran masih belum linier dan tidak presisi karena dipengaruhi salah satunya oleh detektor dan *after glow intensifier screen* [7]. Perbandingan dengan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan sangat berbeda baik dari segi desain rancangan teknis, maupun variable. Sehingga dengan menggunakan detektor, metode dan mikrokontroler yang berbeda diharapkan dihasilkan hasil pengukuran yang lebih baik.

Rujukan penelitian kedua terhadap penelitian Y. Ülgen dan M. Tümer dari Boğaziçi University, *Institute of Biomedical Engineering* dengan judul *Design of a Microcontroller Based and X-Ray Waveform Independent kVp-Meter* tahun 2012. Metode yang digunakan yaitu pengukuran secara tidak langsung (*non-invasive*) dengan merubah sinar-X ke besaran listrik menggunakan detektor semikonduktor. Ketepatan hasil pengukuran 1% dengan kesalahan terbesar 3% [6]. Kekurangan pada penelitian ini yaitu pengukuran dilakukan pada tegangan tabung diatas 60 kVp

dan menggunakan tiga detektor dengan 2 detektor untuk mengukur besaran sinar-X, satu detektor lagi sebagai saklar mulai nya pengukuran. Pada penelitian yang akan dilakukan, kekurangan ini akan diperbaiki dengan hanya menggunakan dua detektor sehingga diharapkan keseluruhan paparan sinar-X dapat terukur. Mikrokontroler yang digunakan akan diprogram menggunakan Arduino IDE yang merupakan *software* program yang sedang populer.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sinar-X

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 10^{-8} sampai 10^{-12} m yang dihasilkan oleh generator sinar-X yang disebut tabung sinar-X. Tabung sinar-X adalah suatu alat untuk menghasilkan elektron bebas, mempercepat dan akhirnya menabrakkan pada suatu target sehingga menghasilkan sinar-X[8].

Dalam pemanfaatanya, sinar-X harus dapat diatur intensitas dan tingkat daya tembus nya terhadap obyek dengan cara mengatur tegangan tabung pada pesawat sinar-X (kVp), untuk mengetahui kesesuaian antara tegangan tabung yang diatur dengan intensitas sinar-X yang dihasilkan maka harus dilakukan pengukuran terhadap sinar-X yang dihasilkan. Pengukuran intensitas sinar-X dapat dilakukan dengan menghitung nilai koefisien atenuasi bahan (μ), dimana μ akan sebanding dengan energi efektif sinar-X[6].

Koefisien atenuasi dapat diketahui dengan menggunakan hukum Beer-Lambert yaitu:

$$I=I_0.e^{-\mu t} \quad (2-1).$$

Dengan I adalah intensitas energi sinar-X (foton) yang diteruskan, I_0 adalah intensitas foton yang datang, μ adalah koefisien atenuasi dari bahan yang mana dalam penelitian ini digunakan aluminium, koefisien atenuasi disini maksudnya koefisien serapan bahan terhadap sinar-X dan t adalah tebal bahan/ materi (aluminium), semua variabel diatas dapat diketahui kecuali μ [9].

Koefisien atenuasi dapat dihitung dengan cara menghitung rasio dua data pengukuran, yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$I_1 = I_0 \cdot e^{-\mu t_1} \text{ dan } I_2 = I_0 \cdot e^{-\mu t_2} \quad (2-2).$$

Berdasarkan persamaan diatas maka I_0 tereliminasi sehingga diperoleh rumus

$$\mu_{Al} = \ln \frac{(I_1 / I_2)}{t_1 - t_2} [6]. \quad (2-3).$$

dimana:

I_1 = Intensitas foton detektor 1

I_2 = Intensitas foton detektor 2

\ln = Logaritma natural

μ_{Al} = Koefisien atenuasi Aluminium

2.2.2 Radiologi Diagnostik

Radiologi diagnostik adalah cabang ilmu radiologi yang berhubungan dengan penggunaan pesawat sinar-X untuk membantu prosedur diagnosis dan pengobatan suatu penyakit, sehingga dapat meningkatkan kesehatan masyarakat [10]. Pemeriksaan radiologi diagnostik pada dasarnya dilakukan untuk memperoleh citra obyek tubuh yang diperiksa. Dalam penggunaan sinar-X tentunya tidak terlepas dari energi radiasi. Sinar-X merupakan radiasi yang banyak dimanfaatkan dalam

tindakan medis dan memiliki panjang spektrum yang sangat pendek yaitu 10^{-8} hingga 10^{-12} m [11]. Pemanfaatan sinar-X dalam dunia kesehatan adalah kemampuannya dapat menembus bahan seperti jaringan tubuh dan menghitamkan plat film sehingga dapat menghasilkan suatu foto rontgen. Namun setiap pemanfaatan radiasi sinar-X selalu menghendaki adanya penerimaan dosis serendah mungkin terhadap pasien, pekerja radiasi maupun masyarakat. Sinar-X hanya dapat ditahan secara efektif oleh bahan yang mempunyai kerapatan tinggi, seperti timah hitam (Pb) atau beton tebal [12].

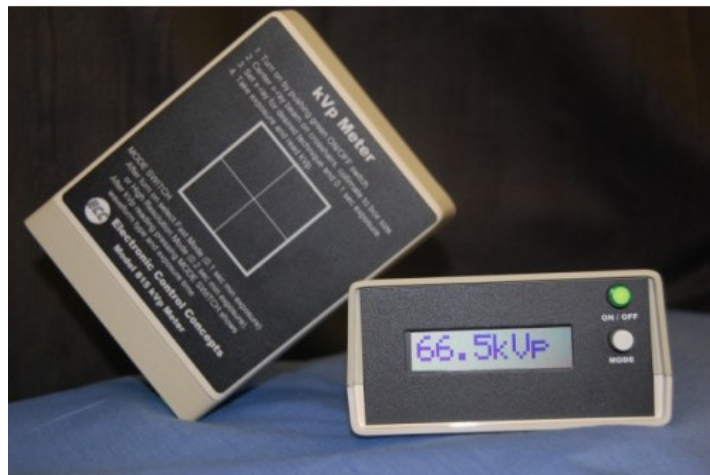
2.2.3 Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X

Uji kesesuaian merupakan salah satu upaya optimasi proteksi radiasi terhadap pasien. Dengan melakukan uji kesesuaian terhadap peralatan sinar-x yang dimiliki oleh fasilitas kesehatan, maka akan diketahui kualitas peralatan sinar-x yang digunakan dalam pelayanan. Parameter yang diuji pada uji kesesuaian ini di dalamnya terdapat pengujian keakurasian tegangan tabung dan akurasi waktu penembakan sinar-X [4]. Keakurasian tegangan tabung akan menentukan kualitas sinar-X dan daya tembus dari sinar-X, sedangkan keakurasian waktu penembakan sinar-X (*exposure time*) merupakan waktu untuk menentukan lamanya berkas sinar-X yang di paparkan pada objek, sehingga menentukan jumlah dosis radiasi yang diterima oleh pasien [13]. Tujuan dari uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah terjaminnya keselamatan radiasi dalam pemanfaatan pesawat sinar-X. Terdapat 2 (dua) hal yang harus diperhatikan pada pelayanan radiologi diagnostik yaitu bahwa setiap pemanfaatan pesawat sinar-X untuk pemeriksaan diagnostik harus

menghasilkan gambaran atau citra yang memenuhi kriteria, dan memberikan dosis radiasi minimal ke pasien [2].

2.2.4 kilovolt peak meter (kVp Meter)

kVp meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan puncak tabung (*kilovolt peak*) pesawat sinar-X saat proses penyinaran, sehingga data hasil pengukuran dapat diolah secara ilmiah untuk mengetahui kelayakan pesawat sinar-X khususnya keluaran tegangan tabung [14]. Contoh kVp meter yang umum digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 kVp Meter ECC Model 815 [14].

2.3 Komponen Teknologi

Komponen teknologi adalah bahan pokok yang digunakan dalam membuat rancang bangun kVp meter, baik komponen elektronika ataupun bahan lain seperti filter radiasi.

2.3.1 Photodiode BPW34

Photodiode BPW34 merupakan sensor atau detektor yang peka terhadap gelombang elektromagnetik. Photodiode BPW34 akan merubah pancaran sinar-X menjadi besaran listrik yang besarnya tergantung intensitas paparan sinar-X [15]. Photodiode BPW34 memiliki waktu respon sangat cepat (*nano second*). Dengan pancaran gelombang cahaya inframerah dari LED 940nm, photodiode BPW34 dapat menghasilkan tegangan 0.5 volt DC, sedangkan dalam ruangan dengan cahaya lampu dapat menghasilkan sekitar 250 mV DC [16]. Photodiode BPW34 yang digunakan sebagai detektor sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Photodiode BPW34 [17].

2.3.2 Filter Aluminium

Filter aluminium digunakan untuk menyerap sinar-X pada masing masing sensor photodiode sehingga akan menghasilkan arus dan tegangan yang berbeda untuk dikuatkan dan dihitung rasio nya[6]. Filter aluminium yang akan digunakan pada pembuatan alat memiliki kemurnian 99% yaitu filter bawaan pada pesawat sinar-X yang dipotong, filter dapat dilihat pada Gambar 2.3.



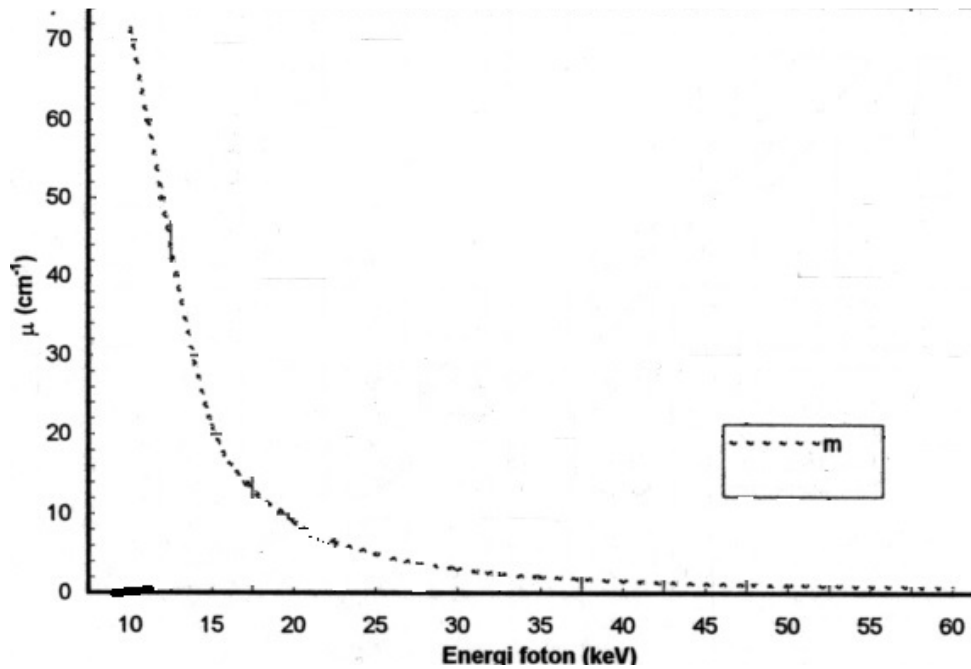
Gambar 2. 3 Filter Alumunium [18].

Tabel pengaruh ketebalan alumunium terhadap intensitas/ dosis sinar-X dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Pengaruh ketebalan alumunium terhadap intensitas radiasi sinar-X[9]

N0	Tegangan Tabung (kVp)	Intensitas (mR)				
		Tanpa Filter	0.1 cm Al	0.2 cm Al	0.3 cm Al	0.4 cm Al
1	40	0.93	0.47	0.2	0.2	0.1
2	50	3.77	2.4	1.6	1.1	0.7
3	60	8.5	6.1	4.4	3.3	2.3
4	70	15.27	11.07	8.6	6.6	5.27
5	80	23.33	17.3	13.33	10.97	8.9
6	90	31.23	23.7	19.3	15.73	12.83

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa semakin tebal filter/ semakin besar penampang lintang alumunium intensitas radiasi yang dilewatkan semakin kecil dan koefisien atenuasi μ semakin bertambah. Grafik hubungan antara koefisien atenuasi alumunium (μ) dengan energi foton (keV) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Grafik hubungan μ dengan energi foton sinar-X [9]

2.3.3 Integrated Circuit (IC) Log101

IC log101 merupakan produk dari *texas instrument* dengan desain layak untuk digunakan dalam pengembangan peralatan kesehatan khususnya untuk menghasilkan linieritas tegangan analog. IC Log101 memiliki akurasi tinggi yaitu 0,001 %. Log101 berfungsi untuk menghitung logaritma log *ratio* antara 2 masukan detektor, sekaligus memperkuat tegangan masukan tersebut dengan rumus 2-4.

$$V_{out} = 1V \times \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \quad (2-4).$$

Keterangan:

V = Tegangan

I_1 = Arus detektor 1

I_2 = Arus detektor 2

IC Log101 dapat menggunakan *photodiode* sebagai masukan dan tegangan referensi diatur dengan menggunakan resistor yang disusun secara seri dengan tegangan *external* [19]. IC Log101 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5 IC LOG101 [20].

2.3.4 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler *ATmega16* adalah *chip* tunggal yang telah diintegrasikan dengan fasilitas RAM, ROM, *port* I/O, dan *timer* yang sifatnya tetap. Mikrokontroler mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja *mikrokontroler* sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan *system computer* yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Dalam pembuatan rancang bangun alat ini digunakan mikrokontroler dengan IC ATmega16 yang diprogram dengan menggunakan *software* Arduino IDE, Sehingga dalam proses *coding* dengan Arduino IDE konfigurasi pin ICATmega16 mengalami sedikit perubahan karena saat menuliskan inialisasi hanya dengan menuliskan nomor pin nya saja tanpa harus port seperti penjelasan pada *datasheet* IC mikrokontroler ATmega16, berikut perubahan konfigurasi pin pada IC

ATMega16 saat diprogram dengan software Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2. 5.

(XCK/T0) PB0	1	0	31/A0	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	1	30/A1	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	2	29/A2	38	PA2 (ADC2)
PWM (OC0/AIN1) PB3	4	3	28/A3	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	4	27/A4	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	5	26/A5	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	6	25/A6	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	7	24/A7	33	PA7 (ADC7)
RESET	9			32	AREF
VCC	10			31	GND
GND	11			30	AVCC
XTAL2	12		23	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13		22	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	8	21	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	9	20	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	10	19	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	11	18	24	PC2 (TCK)
PWM (OC1B) PD4	18	12	17	23	PC1 (SDA)
PWM (OC1A) PD5	19	13	16	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	14	15	21	PD7 (OC2) PWM

Gambar 2. 6 Pin Mapping ATMega16 sebagai Arduino [21].



Gambar 2. 7 Bentuk Fisik Mikrokontroler ATMega16

2.3.5 IC 7660

ICL7660 merupakan IC yang difungsikan untuk pembalik fase (menghasilkan tegangan *negative*) dari tegangan positif, ic ini digunakan karena alat yang kan dibuat menggunakan baterai sebagai sumber daya, sehingga dengan IC ini rangkain dapat lebih ringkas, selain itu ICL7660 mudah digunakan. ICL7660 memiliki tegangan masukan maksimal yaitu 10.5 volt dan IC yang dapat bekerja dengan daya rendah. Besar arus yang dapat dikeluarkan oleh IC ini adalah 250 Ma, dimana arus tersebut sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan daya pada alat. Gambar ICL7660 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 8 Konfigurasi pin IC LM358 [22].

2.3.6 LCD 2X16

Modul LCD karakter dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti ATmega 16. LCD ini mempunyai lebar tampilan layar 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD *Character* 2x16, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut:

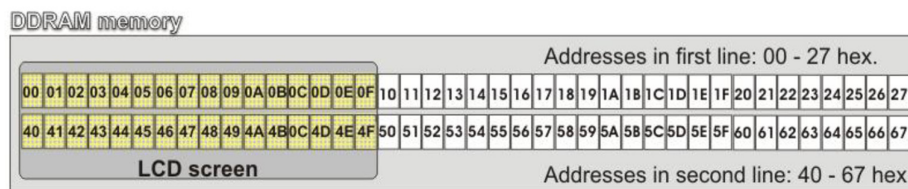
Tabel 1. 1 Datasheet LCD 2X16

PIN	Name	Function
1	VSS	Ground Voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast voltage
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register
5	R/W	Read/Write, to choose Read or Write mode 0 = Read mode 1 = Write mode
6	E	Enabel 0 = Start to launch data to LCD character 1 = Disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Back Plane Light
16	GND	Ground Voltage

Beberapa perintah dasar yang harus dipahami adalah inisialisasi LCD karakter adalah:

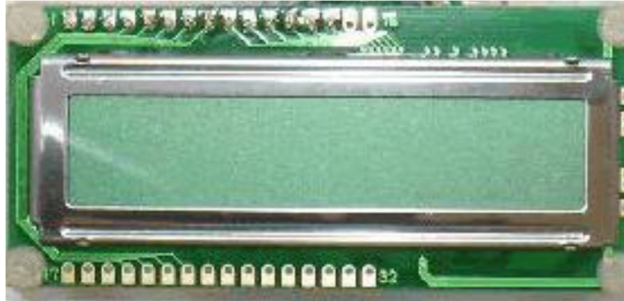
1. DDRAM (Display Data RAM)

Memori DDRAM digunakan untuk menyimpan karakter yang akan ditampilkan. Semua teks yang dituliskan ke modul LCD disimpan di dalam memori, dan modul LCD secara berurutan membaca memory ini untuk menampilkan teks ke modul LCD itu sendiri.



Gambar 2. 9 Lokasi memory display LCD character [23].

Pada peta memori tersebut, daerah yang berwarna kuning (00 s/d 0F dan 40 s/d 4F) adalah display yang tampak, jumlahnya sebanyak 16 karakter per baris dengan dua baris. Angka pada setiap kotak adalah alamat memori yang bersesuaian dengan posisi dari layar. Karakter pertama di sudut kiri atas menempati alamat 00h. Posisi karakter berikutnya mempunyai alamat 01h dan seterusnya [23].



Gambar 2. 10 Modul LCD Karakter 2x16 [23].

2.3.7 Komponen Elektronika

Komponen elektronika berupa sebuah alat berupa benda yang menjadi bagian pendukung suatu rangkaian elektronik yang dapat bekerja sesuai dengan kegunaannya dan karakteristik masing-masing, Mulai dari yang menempel langsung pada papan rangkaian baik berupa *PCB*, *CCB*, *Protoboard* maupun *Veroboard* dengan cara disolder atau tidak menempel langsung pada papan rangkaian (dengan alat penghubung lainnya, misalnya kabel). Komponen elektronika ini terdiri dari satu atau lebih bahan elektronika, yang terdiri dari satu atau beberapa unsur materi dan jika disatukan, untuk desain rangkaian yang diinginkan dapat berfungsi sesuai dengan fungsi masing-masing komponen, ada yang untuk mengatur arus dan tegangan, meratakan arus, menyekat arus, memperkuat sinyal arus dan masih banyak fungsi lainnya. Komponen elektronika dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 11 Komponen Elektronik [24].