

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Pengukuran

Setelah pembuatan *prototype* tugas akhir maka perlu diadakan pengujian dan pengukuran. Tujuan dari pengujian dan pengukuran adalah untuk mengetahui ketepatan masing-masing bagian komponen dari rangkaian *prototype* tugas akhir telah bekerja sesuai dengan fungsinya seperti yang telah direncanakan. Selain itu pengujian dan pengukuran juga berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pengukuran pada *prototype* tugas akhir. Berikut ini gambar *prototype* tugas akhir yang telah penulis buat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Prototype* Tugas akhir

Sebagai hasil penelitian dan pembuatan *prototype* tugas akhir, maka perlu dilakukan perbandingan hasil pengukuran terhadap alat pembanding yang relevan dan tertelusur. Alat pembanding yang penulis gunakan untuk membandingkan hasil pengukuran memiliki spesifikasi sebagai berikut seperti pada gambar 4.2.

Nama : BLiTH
Merk/Tipe : FS2011 Radiation Monitor
Buatan : China



Gambar 4.2 Alat pembanding

Alat pembanding ini sebagai acuan dalam pengukuran dan perhitungan nilai dosis radiasi yang diterima *radiographer* dari pesawat sinar-X dengan *prototype* tugas akhir. Pengujian dilakukan dengan mengukur *output* dosis radiasi paparan pesawat sinar-X yang sudah *disetting* nilai (kV) berubah, (mA) dan (s) dengan nilai yang tetap.

Langkah-langkah pengukuran dan pengujian *prototype* tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- 4.1.1 Menyiapkan peralatan yang diperlukan.
- 4.1.2 Merapikan kabel-kabel dan mengecek koneksi antar kabel agar tidak terjadi hubung singkat pada alat.
- 4.1.3 Menyiapkan tabel untuk mencatat hasil pengukuran.
- 4.1.4 Melakukan penempatan *prototype* tugas akhir dengan alat pembanding dengan dengan jarak 100 cm dari bawah tabung sinar-X.
- 4.1.5 Menyalakan alat pembanding dan *prototype* tugas akhir

4.1.6 Menguji dengan cara pendeteksian sinar-X yang dipaparkan berdasarkan *setting* mulai dari 50-90 kV, 40 mA dan 0,3 s.

4.1.7 Kemudian setelah dilakukan *expose*, selanjutnya mengambil data yang ditampilkan pada alat pembanding dan *prototype*.

4.1.8 Mencatat hasil-hasil pengukuran pada tabel yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pengukuran

Setelah melakukan pengujian seperti diatas, didapatkan hasil pengukuran *prototype* tugas akhir dengan alat pembanding seperti pada tabel 4.1. Pada tabel hasil pengukuran ini nilai *setting* (kV), (mA) dan (s) diatur pada pesawat sinar-X. Dan mencatat dosis radiasi yang dapat dibaca *prototype* tugas akhir saat dilakukan *expose* dari pesawat sinar-X.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Alat Standar BLiT dan *Prototype* Tugas Akhir

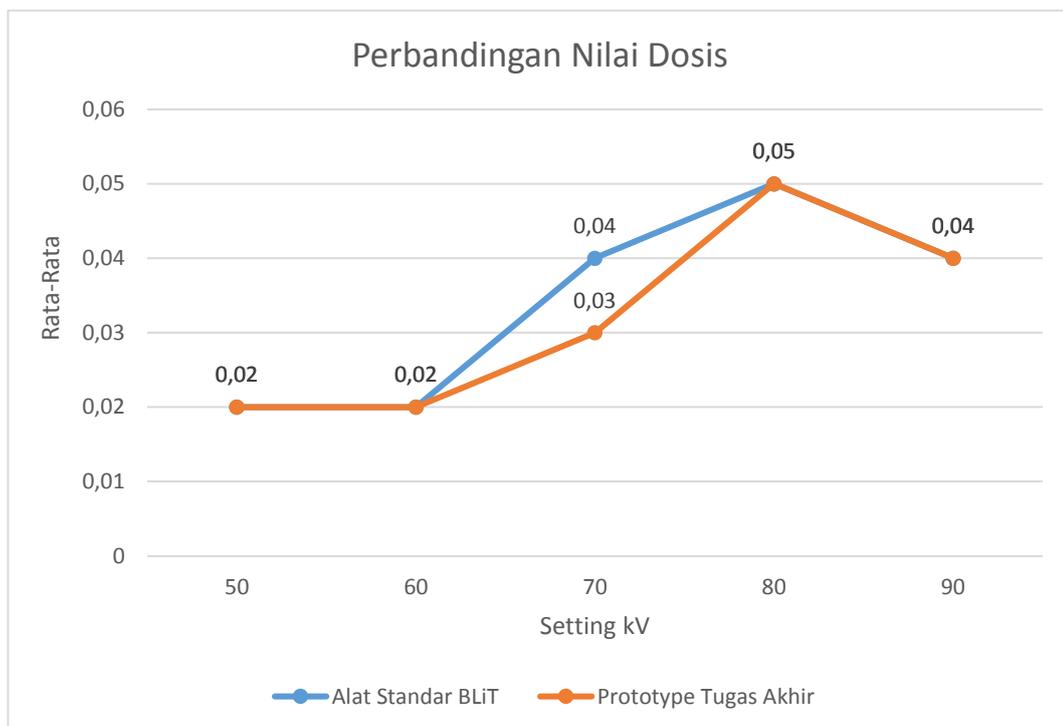
No	kV	mA	s	Alat Standar BLiT (μSv)			<i>Prototype</i> Tugas Akhir (μSv)		
				1	2	3	1	2	3
1.	50	40	0,3	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
2.	60			0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
3.	70			0,07	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02
4.	80			0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05
5.	90			0,04	0,06	0,04	0,03	0,06	0,05

Berdasarkan data hasil pengukuran tabel 4.1 di atas, maka dapat diambil nilai rata-rata disetiap poin hasil pengukuran. Perhitungan nilai rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang tertera pada bab 2, sub bab 2.4 teknik analisa data di pada rumus (2-1). Hasil perhitungan rata-rata seperti pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Rata – rata hasil pengukuran alat standar BLiT dan *prototype* tugas akhir

No	kV	mA	s	Rata-rata	
				Alat Standar BLiT (μSv)	<i>Prototype</i> Tugas Akhir (μSv)
1.	50	40	0,3	0,02	0,02
2.	60			0,02	0,02
3.	70			0,04	0,03
4.	80			0,05	0,05
5.	90			0,04	0,04

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata pada tabel 4.2 diatas, didapatkan grafik perbandingan seperti dibawah ini:

Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Alat Standar BLiT dan *Prototype* Tugas Akhir

4.3 Hasil Perhitungan Analisis Data

Perhitungan analisis data ini digunakan untuk mengetahui kualitas pengukuran pada *prototype* tugas akhir. Perhitungan dilakukan berdasarkan rumus-rumus statistik yang tercantum di bab 2, sub bab 2.4.analisa data statistik dengan

rumus (2-1) untuk simpangan, (2-3) untuk perhitungan validitas dan (2-4) untuk perhitungan reliabilitas. Hasil perhitungan analisis data dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan analisis data

kV	mA	s	\bar{Y}	\bar{X}	Simpangan	Validitas (%)	Reliabilitas (\pm)
50	40	0,3	0,02	0,02	0,00	0	0,00
60			0,02	0,02	0,00	0	0,00
70			0,04	0,03	0,01	25	0,00
80			0,05	0,05	0,00	0	0,00
90			0,04	0,04	0,00	0	0,01

Keterangan :

\bar{Y} = Rata-rata alat standar BLiT

\bar{X} = Rata-rata *prototype* tugas akhir

Pada tabel 4.3 hasil perhitungan analisis data di atas dapat diketahui bahwa hasil pengukuran *prototype* tugas akhir yang penulis buat tidak berbeda jauh dengan alat pembanding. Hal ini dapat dilihat melalui nilai simpangan, validitas dan reliabilitas yang dihasilkan.

Nilai simpangan yang dihasilkan *prototype* paling kecil adalah 0,00 pada *setting* kV 50, 60, 80 dan 90. Dan nilai simpangan paling besar adalah 0,01 pada saat 70 kV. Semakin kecil nilai simpangan yang dihasilkan maka semakin baik pula data hasil pengukurannya.

Nilai validitas disini jika nilai yang dihasilkan semakin kecil maka data hasil pengukuran *prototype* tugas akhir semakin baik pula. Pada tabel 4.3 hasil

perhitungan di atas, nilai validitas yang paling kecil adalah 0% pada *setting* kV 50, 60, 80 dan 90. Dan nilai validitas yang paling tinggi berdasarkan perhitungan pada bab 2 sub bab analisa data statistik persamaan (2-3) adalah 25% pada *setting* kV 70. Nilai validitas ini dipengaruhi oleh nilai simpangan yang dihasilkan.

Nilai reliabilitas digunakan untuk menentukan tingkat konsistensi pengukuran secara berulang dengan kondisi atau keadaan yang sama. Semakin kecil nilai reliabilitas yang dihasilkan maka tingkat pengukurannya semakin stabil. Pada tabel 4.3 diatas didapatkan nilai reliabilitas yang beragam disetiap point pengukuran, nilai reliabilitas yang kecil adalah $\pm 0,01$ terletak pada *setting* 90 kV, sedangkan nilai reliabilitas pada *setting* nilai kV yang lain bernilai $\pm 0,00$. Hal itu menunjukkan bahwa secara umum pengukuran pada *setting* 50 kV sampai 80 kV memiliki selisih +0,00 atau -0,00 dalam pengukurannya.

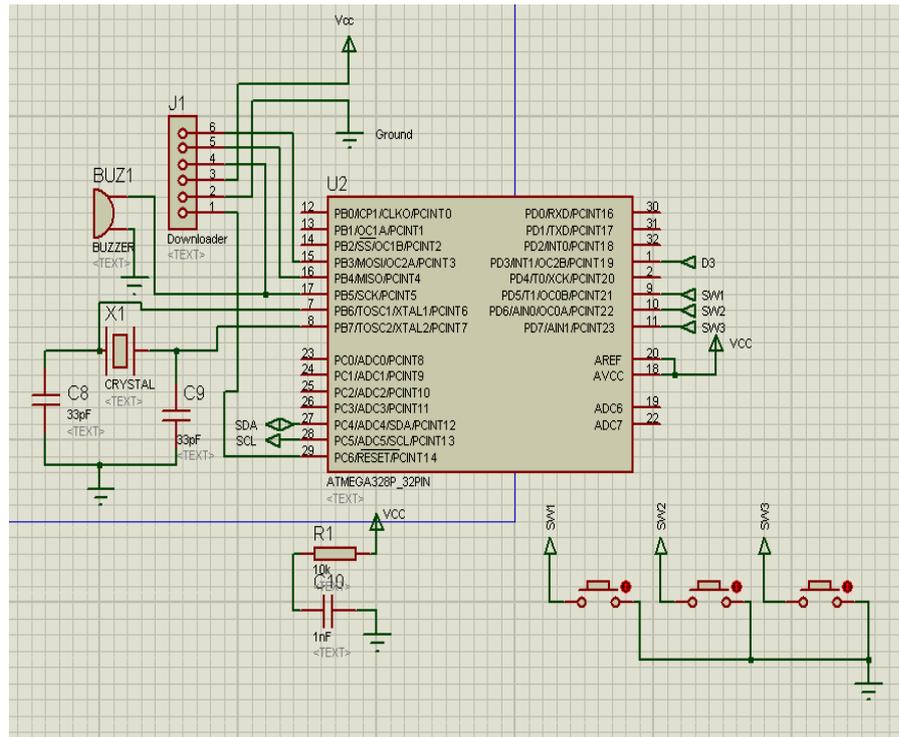
4.4 Pembahasan

4.4.1 Rangkaian Arduino Nano ATmega328P

Rangkaian ini adalah rangkaian mikrokontroller yang berfungsi mengatur jalannya sistem. Spesifikasi rangkaian minimum sistem *ATmega328P* yang diperlukan untuk memprogram adalah:

- a. Tegangan suplai yang dibutuhkan adalah 1.8 – 5.5 VDC.
- b. Membutuhkan koneksi MOSI, MISO, SCK, dan *Reset* untuk memasukkan program kedalam mikrokontroller.
- c. Membutuhkan tombol *ON/OFF* untuk mengaktifkan dan mematikan minimum sistem.

Dari spesifikasi diatas, maka didapatkan rangkaian seperti gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4.4 Rangkaian Minimum Sistem *ATmega328P*

Berdasarkan gambar 4.4 diatas fungsi bagian – bagian dari rangkaian arduino nano *ATmega328P* yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Konektor *programmer* yang terhubung dengan pin MOSI, MISO, SCK, dan *Reset* berfungsi untuk memasukkan dan menghapus program pada mikrokontroler menggunakan *downloader* USBASP.
2. Menggunakan kristal 16MHZ karena program arduino yang penulis gunakan hanya dapat bekerja pada kristal 16MHZ.
3. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator jika radiasi melebihi nilai batas dosis yang diatur pada program arduino.
4. *Push Button* berfungsi sebagai tombol pilihan, SW1 digunakan untuk mereset nilai dosis pada *display*, kemudian pada *display* muncul pilihan Y/N dan apabila memilih Y maka dapat menekan SW2 nilai dosis akan *direset* menjadi 0,00. Kemudian saat memilih N maka dapat menekan SW3 yang

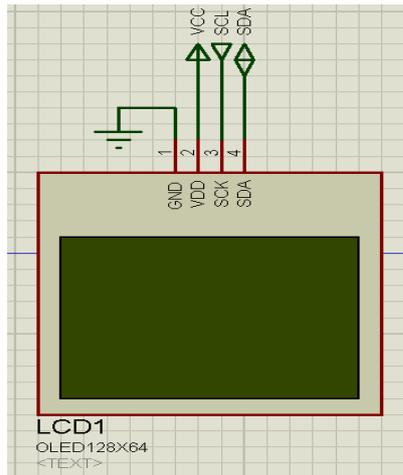
Pada gambar 4.5 rangkaian *HV Generator* menggunakan rangkaian *astable* dengan IC NE555. Biasanya hasil keluaran rangkaian *astable* digunakan sebagai input pemicu atau *clock* kebanyakan rangkaian elektronika digital seperti rangkaian *counter* atau pencacah. Selain itu juga sering digunakan untuk membangkitkan frekuensi tinggi.

Keluaran dari rangkaian *astable* masuk ke induktor untuk menghasilkan tegangan tinggi yang diseri dengan dioda dan kapasitor yang merupakan rangkaian *clamping*. Keluaran dari rangkaian *clamping* masuk ke resistor 4M7 yang dirokemendasikan pabrikan jika menggunakan detektor *geiger muller type* SBM-20 karena *output* keluaran dari resistor ini menghasilkan tegangan tinggi sesuai dengan *datasheet* tegangan yang dibutuhkan oleh detektor *geiger muller* agar dapat bekerja.

Output dari resistor 4M7 dihubungkan dengan anoda tabung *geiger muller* dan bagian katoda dihubungkan dengan resistor pembagi tegangan. Yang kemudian keluaran resistor pembagi tegangan ini dihubungkan ke katoda LED. Bagian anoda LED dihubungkan ke mikrokontroller PORTD.3. Sehingga apabila ada radiasi maka LED yang berwarna *orange* akan menyala bersamaan dengan menampilkan nilai dosis radiasi pada *display* sesuai dengan program yang telah dibuat.

4.4.3 Modul Display OLED

OLED merupakan sebuah modul *display* yang sudah disediakan oleh toko-toko elektronika. Namun modul OLED perlu dihubungkan dengan rangkaian minimum sistem agar dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Berikut ini gambar rangkaian untuk modul OLED:



Gambar 4.6 Rangkaian OLED

Pada modul OLED di atas dapat dijabarkan yakni:

- a. Pada *display* OLED hanya memiliki 4 kaki yang merupakan Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C. Merupakan standar komunikasi *serial* dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) yang dihubungkan dengan PORTC.5 dan SDA (*Serial Data*) yang dihubungkan dengan PORTC.4 pada rangkaian minimum sistem *ATmega328p*. Kemudian Vcc digunakan sebagai penguat tegangan pada common anoda LED pada *display* OLED agar *display* dapat menyala dan katoda LED dihubungkan ke Gnd rangkaian pada minimum sistem.

4.4.4 Program Konversi Nilai Dosis

Program konversi ini digunakan sebagai saklar untuk memulai pencacahan atau bisa disebut sebagai *trigger* untuk memulai pencacahan. Program konversi nilai dosis dapat dilihat seperti gambar 4.7:

```

#define CONV_FACTOR 0.0057 // Conversion Factor SBM-20
float usievert, usiv;
long cpm;
unsigned int cps;

void countPulse(){
cps++;
}
int tick=0;
void calculatecpm(){
detachInterrupt(1); //nonaktifkan interrupt 1
cpm=cps;
usievert=cpm*CONV_FACTOR*60.0*10;
usiv=usiv + usievert/3600.0;
tick++;
if (tick>59){ //setiap satu menit sekali disimpan
writeEEPROM(0, usiv);
tick=0; //reset kembali ke awal untuk count
}
cps=0;
attachInterrupt(1,countPulse,FALLING); //aktifkan INT1 terhubung ke sensor high ke low
}

```

Gambar 4.7 Listing Program Konversi Nilai Dosis

Pada program pencacahan ini memanfaatkan program void countPulse() pada *line* ke-6. Program countPulse() ini bekerja dengan menghitung nilai CPS (*Counter Per Second*). Dimana nilai cps ini memiliki tipe data *integer* dan diberikan *interrupt* dengan nilai awal cps=0 pada *line* ke-20. Apabila *prototype* tugas akhir baru dinyalakan maka akan langsung mengeksekusi perintah yang diberikan interupsi yaitu menghitung nilai cps dan nilai cps akan terus *counting* secara *counter up*. Pada program void calculatecpm() pada *line* ke-10, fungsi interupsi dimatikan pada *line* ke-11 sehingga mulai menjalankan perintah pada program calculatecpm(). Nilai cps sama dengan nilai cpm, namun nilai cpm menggunakan tipe data *long* yang memiliki lebar data lebih banyak dibandingkan tipe data *integer* seperti pada *line* ke-12.

Pada perintah usievert pada *line* ke-13 yang memiliki tipe data *float* (menghasilkan data koma) berfungsi untuk merubah nilai laju dosis, dimana nilai cpm dikalikan dengan variabel konversion faktor dari detektor *geiger muller* sesuai

yang didefinisikan pada *line* ke-1 yaitu nilai konversion faktornya 0,0057. Selanjutnya dikalikan dengan 60.0 agar mendapatkan nilai cpm dan dikalikan lagi dengan 10.0 yang merupakan *error* yang dimiliki oleh alat sinar-X yang ada di laboratorium radiologi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Kemudian untuk mendapatkan nilai dosis radiasi yaitu dengan fungsi usiv pada *line* ke-14 yang bertipe data *float* juga. Nilai usiv diakumulasi dengan nilai yang telah tersimpan sebelumnya pada fungsi *eeprom* dan ditambahkan dengan nilai usievert dibagi dengan 3600.0 yang merupakan detik karena waktu *expose* yang *disetting* hanya selama 0,3 s.

Pada *line* ke-15 merupakan variabel *tick++* yang memiliki tipe data *integer* yang akan terus counter up sampai dengan 59 pada *line* ke-16. Dan ketika lebih dari 59 detik maka nilai dosis akan disimpan pada *eeprom* seperti pada *line* ke-17. Dan kemudian variabel *tick* untuk menghitung waktu akan mengulang lagi dari 0 seperti pada *line* ke-18. *Setting Timer1 disetting* satu detik pada *line* ke-21 dapat dilihat pada gambar 4.8.

```

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sw1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(sw2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(sw3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(13, OUTPUT);
  // by default, we'll generate the high voltage from the 3.3v line internally! (neat!)
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // initialize with the I2C addr 0x3D (for the 128x64)
  // init done
  usiv=readEEPROM(0);

  // Show image buffer on the display hardware.
  // Since the buffer is intialized with an Adafruit splashscreen
  // internally, this will display the splashscreen.
  display.clearDisplay();
  display.drawBitmap(0, 0, logo_umy, 128, 64, 1);
  display.display();
  delay(5000);

  Timer1.initialize(1000000); //buat calculate cpm tiap 1 detik
  Timer1.attachInterrupt(calculatecpm);
  attachInterrupt(1, countPulse, FALLING);
  // Clear the buffer.
  display.clearDisplay();
}

```

Gambar 4.8 Listing Program *Setting Timer1*

Pemberian kondisi seperti gambar 4.9 pada *line* ke-15 adalah ketika nilai laju dosis melebihi nilai 2000 μSv atau 2 mSv sesuai dengan aturan badan pengawas tenaga nuklir (BAPETEN) maka akan ada indikator *buzzer* yang tetap berbunyi. Hingga kita mematikan *buzzer* dengan menekan tombol *push button* 3 (SW3) pada *line* ke-21 yang merupakan fungsi *mute*.

```
// put your main code here, to run repeatedly:
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,16);
display.setTextSize(2);
display.println( usievert,3);
display.setCursor(0,32);
display.println(usiv,2);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(96,22);
display.println("uSv/h");
display.setCursor(96,38);
display.println("uSv");
bat_indicator();
if (usiv>2000 && flag_mute==false){digitalWrite(buz,HIGH);}
else {digitalWrite(buz,LOW);}

if (usievert>20 && flag_mute==false){digitalWrite(buz,HIGH);}
else {digitalWrite(buz,LOW);}

if (digitalRead(sw3)==LOW) {
if (flag_mute==false){flag_mute=true;}
else {flag_mute=false;}
beep();
while(digitalRead(sw3)==LOW){}
}
if (digitalRead(sw1)==LOW) {
beep();
reset_usiv();
}
}
```

Gambar 4.9 Listing Program Batas Dosis