

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Dan Pengukuran

Setelah pembuatan modul tugas akhir maka perlu diadakan pengujian dan pengukuran. Tujuan dari pengujian dan pengukuran adalah untuk mengetahui ketepatan masing-masing bagian komponen dari rangkaian modul 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 modul tugas akhir. Berikut ini gambar modul tugas akhir yang telah penulis buat:



Gambar 4.1 Modul Tugas akhir

Sebagai hasil penelitian dan pembuatan modul 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:

Nama : Multi-Function Meter

Merk/Tipe : RMI 240A



Gambar 4.2 Alat pembanding

Alat pembanding ini sebagai acuan dalam pengukuran dan perhitungan lama waktu paparan sinar-X pada modul tugas akhir. Pengujian dilakukan dengan mengukur *output* lama paparan pesawat sinar-X yang sudah *disetting* sebelumnya secara *non-invasive*.

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

- 1) Menyiapkan peralatan yang diperlukan.
- 2) Merapikan kabel-kabel dan mengecek koneksi antar kabel agar tidak terjadi hubung singkat pada alat.
- 3) Menyiapkan tabel untuk mencatat hasil pengukuran.

- 4) Melakukan penempatan modul tugas akhir dengan alat pembanding tepat dibawah tabung sinar-X (100 cm dari tabung sinar-X).
- 5) Mengkoneksikan bluetooth pada android dengan bluetooth HC-05.
- 6) Menguji dengan cara pendeteksian sinar-X yang dipaparkan.
- 7) Memantau proses pengukuran dengan android dibalik dinding yang terproteksi radiasi dengan jarak  $\pm 6$  meter.
- 8) Mencatat hasil-hasil pengukuran pada tabel yang telah dibuat.

## 4.2 Hasil Pengukuran

Setelah melakukan pengujian seperti diatas, didapatkan hasil pengukuran modul tugas akhir dengan alat pembanding seperti pada tabel 4.1. Pada tabel hasil pengukuran ini nilai *setting* waktu adalah parameter waktu paparan yang diatur pada pesawat sinar-X dengan satuan ms. Nilai alat pembanding adalah hasil waktu paparan yang tertampil pada alat pembanding. Nilai modul adalah hasil waktu *paparan* yang tertampil pada modul tugas akhir.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran modul tugas akhir dan alat pembanding

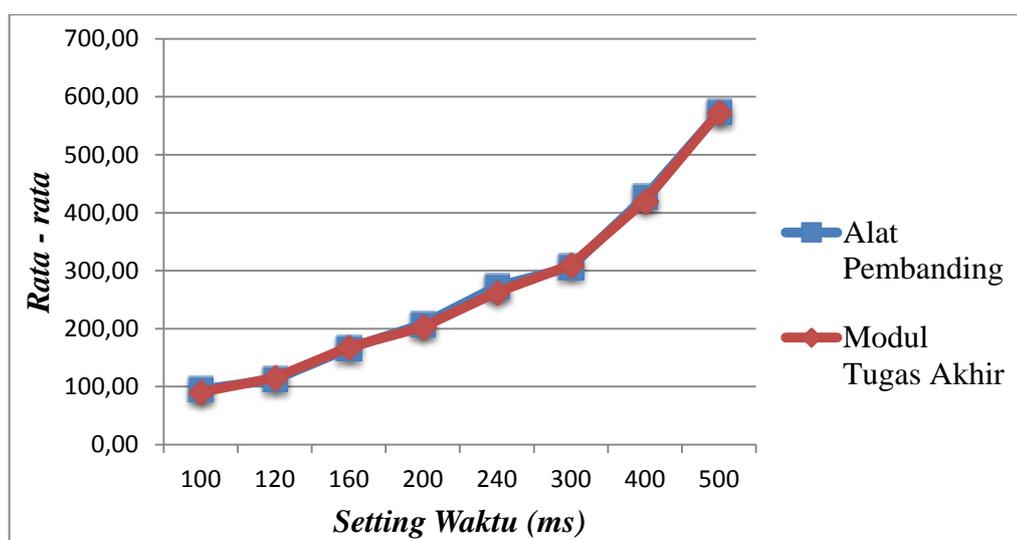
No	Setting waktu (ms)	Alat pembanding (ms)			Modul Tugas Akhir (ms)		
		1	2	3	1	2	3
1.	100 ms	92,6	92,5	100,7	86	87	99
2.	120 ms	112,8	112,9	111,6	114	114	118
3.	160 ms	161,6	172,9	163,4	168	169	168
4.	200 ms	212,2	213,2	198,8	209	205	194
5.	240 ms	273,2	271,8	273,2	263	263	263
6.	300 ms	312,9	303,2	303,3	307	307	315
7.	400 ms	423,7	433,5	423,8	416	426	419
8.	500 ms	564,2	564,3	592,6	565	570	586

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 teknik analisa data di bab 3. Hasil perhitungan rata – rata seperti pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Rata – rata hasil pengukuran modul tugas akhir dan alat pembanding

No	Setting waktu (ms)	Rata - Rata	
		Alat pembanding (ms)	Modul Tugas Akhir (ms)
1.	100	95,27	90,67
2.	120	112,43	115,33
3.	160	165,97	168,33
4.	200	208,07	202,67
5.	240	272,73	263,00
6.	300	306,47	309,67
7.	400	427,00	420,33
8.	500	573,70	573,67

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



Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran modul tugas akhir dan alat pembanding

### 4.3 Hasil Perhitungan Analisis Data

Perhitungan analisis data ini digunakan untuk mengetahui kualitas pengukuran pada modul tugas akhir. Perhitungan dilakukan berdasarkan rumus-rumus statistik yang tercantum di bab 3 pada sub bab teknik analisa data. Hasil perhitungan analisis data dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan analisis data

<i>Setting waktu (ms)</i>	$\bar{Y}$	$\bar{X}$	Simpangan	Validitas (%)	Reliabilitas ( $\pm$ )
100	95,27	90,67	-4,60	4,83	5,56
120	112,43	115,33	2,90	2,58	1,78
160	165,97	168,33	2,37	1,43	0,44
200	208,07	202,67	-5,40	2,60	5,78
240	272,73	263,00	-9,73	3,57	0,00
300	306,47	309,67	3,20	1,04	3,56
400	427,00	420,33	-6,67	1,56	3,78
500	573,70	573,67	-0,03	0,0058	6,89

Keterangan :

$\bar{Y}$  = Rata – rata alat pembanding

$\bar{X}$  = Rata – rata modul tugas akhir

Pada tabel 4.3 hasil perhitungan analisis data di atas dapat diketahui bahwa hasil pengukuran modul 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 modul tugas akhir paling kecil adalah -0,03 pada *setting* waktu 500ms dan nilai simpangan paling besar adalah -9,73 pada *setting* waktu 240ms. 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 modul tugas akhir semakin baik pula. Pada tabel 4.3 hasil perhitungan di atas, nilai validitas yang paling kecil adalah 0,0058% pada *setting* waktu 500ms dan nilai validitas yang paling tinggi adalah 4,83% pada *setting* waktu 100ms. 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  $\pm 0,00$  terletak pada *setting* waktu 240ms, sedangkan nilai reliabilitas yang tinggi adalah  $\pm 6,89$  terletak pada *setting* waktu 500ms. Hal itu menunjukkan bahwa secara umum pengukuran pada *setting* waktu 500ms memiliki selisih +6,89 atau -6,89 dalam pengukurannya.

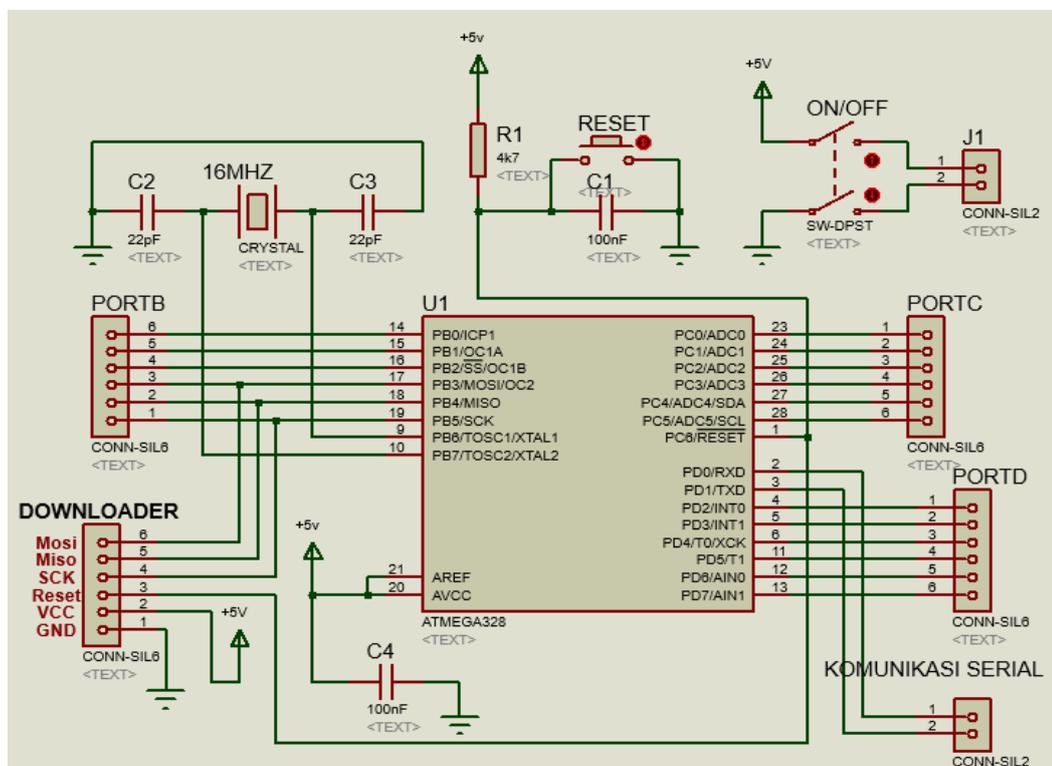
## 4.4 Pembahasan

### 4.4.1 Rangkaian Minimum Sistem ATmega328P

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

- Tegangan suplai yang dibutuhkan adalah 1.8 – 5.5 VDC.
- Mebutuhkan koneksi MOSI, MISO, SCK, dan *Reset* untuk memasukkan program kedalam mikrokontroler.
- Mebutuhkan 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 minimum sistem ATmega328P yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

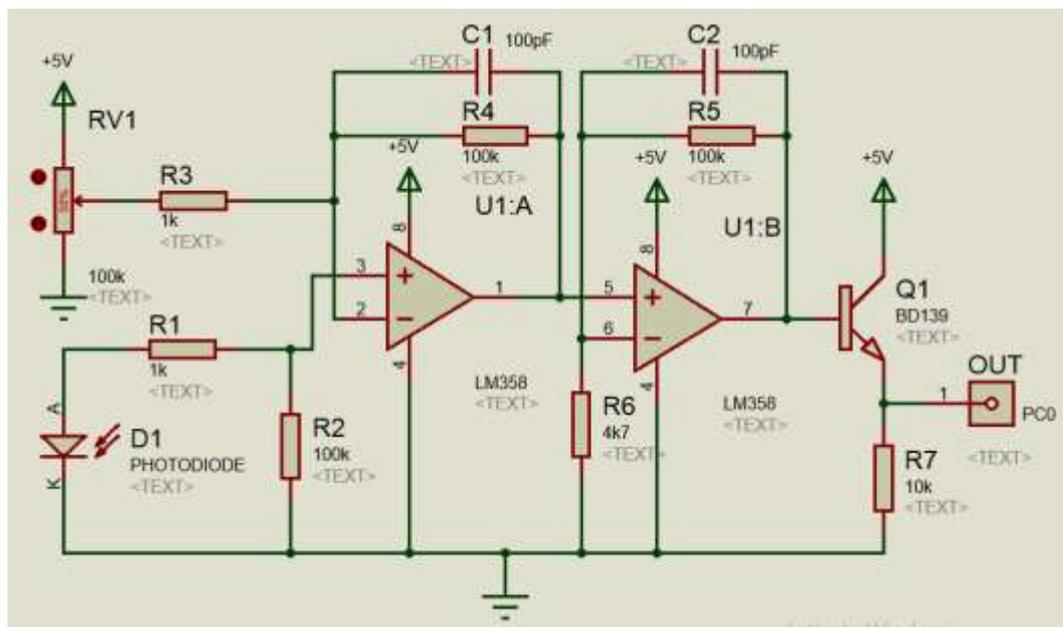
1. Saklar *ON/OFF* bertujuan untuk menghubungkan dan memutuskan tegangan suplai.
2. Tombol *Reset* berfungsi mengembalikan sistem ke kondisi *default* tanpa mematikan (*OFF*). Pin *reset* ATmega328P cara kerjanya menggunakan logika 1 / *high* agar minimum sistem dapat bekerja. Jika pin *reset* mendapat *trigger* (saklar *reset* ditekan) maka pin *reset* akan terhubung langsung dengan ground dan mendapatkan logika 0 / *low*. Kapasitor yang diparalelkan dengan tombol *reset* adalah untuk memberikan delay saat *reset*.
3. Konektor programmer yang terhubung dengan pin MOSI, MISO, SCK, dan *Reset* berfungsi untuk memasukkan dan menghapus program pada mikrokontroller.
4. Menggunakan kristal 16MHZ karena program arduino yang penulis gunakan hanya dapat bekerja pada kristal 16MHZ.
5. Komunikasi serial merupakan pin yang digunakan untuk mengirim atau menerima data antar mikrokontroller dengan *device* lain.

#### **4.4.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Analog (PSA)**

Rangkaian ini merupakan rangkaian untuk menguatkan sinyal dari tegangan *output* sensor *photodiode*. Spesifikasi dari rangkaian pengkondisi sinyal analog (PSA) yang diperlukan antara lain:

1. Membutuhkan minimal tegangan suplai sebesar 3V dan ground untuk mengaktifkan IC op-amp LM358.
2. Membutuhkan tegangan *input* dari sensor minimal 2 mV.
3. Membutuhkan 2 rangkaian penguatan untuk menguatkan tegangan dari *output* sensor agar tegangan *ouput* rangkaian PSA dapat terbaca oleh mikrokontroller.

Dari spesifikasi diatas, maka didapatkan rangkaian seperti pada gambar 4.5 dibawah ini:



Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Analog (PSA)

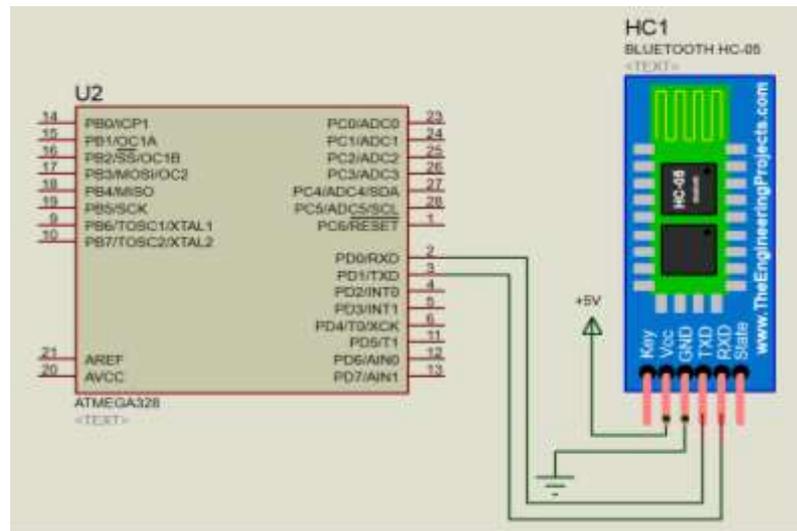
Pada gambar 4.5 diatas menggunakan 2 rangkaian penguatan untuk menghasilkan output yang dapat dibaca oleh mikrokontroller. Pada penguatan pertama merupakan rangkaian penguat diferensial dan penguatan kedua merupakan rangkaian penguat *non-inverting*.

Rangkaian penguat diferensial pada gambar 4.5 diatas merupakan rangkaian yang dapat menghasilkan tegangan *output* dengan polaritas (+) atau (-), dimana polaritas ini dapat diatur besar kecilnya menggunakan komponen trimpot RV1. Ketika LM358 mendapat tegangan *input* (+) kaki 3 lebih besar daripada *input* (-) kaki 2, maka akan menghasilkan *output* kaki 1 bernilai positif. Begitu juga sebaliknya, jika tegangan input (-) kaki 2 lebih besar daripada input (+) kaki 3, maka akan menghasilkan *output* kaki 1 bernilai negatif.

Kemudian pada penguat *non-inverting* digunakan untuk menguatkan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian penguat diferensial. Penguat *non-inverting* disini akan menguatkan tegangan sekitar 22 kali penguatan. Penguatan sebesar ini supaya dapat mentrigger kaki basis transistor BD139. Setelah mendapat trigger, BD139 akan saturasi untuk menghubungkan kaki kolektor dan emitor, yakni kolektor yang terhubung ke  $V_{cc} +5V$  akan menuju ke input mikrokontroller *PortC0*. Kemudian resistor R7 berfungsi untuk *pull down* agar *PortC0* mendapat logika 0 / *low* ketika transistor BD139 tidak saturasi.

#### 4.4.3 Rangkaian Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan fitur yang digunakan untuk mengirim atau menerima data antar mikrokontroller dengan *device* lain. Pin – pin yang digunakan untuk mengirim dan menerima data adalah pin RX dan TX, dimana pin RX digunakan untuk menerima data, sedangkan pin TX digunakan untuk mengirim data. Modul HC-05 merupakan modul bluetooth yang penulis gunakan untuk komunikasi antara mikrokontroller ATmega328P dengan android. Berikut ini gambar rangkaian komunikasi serial dengan modul bluetooth HC-05:

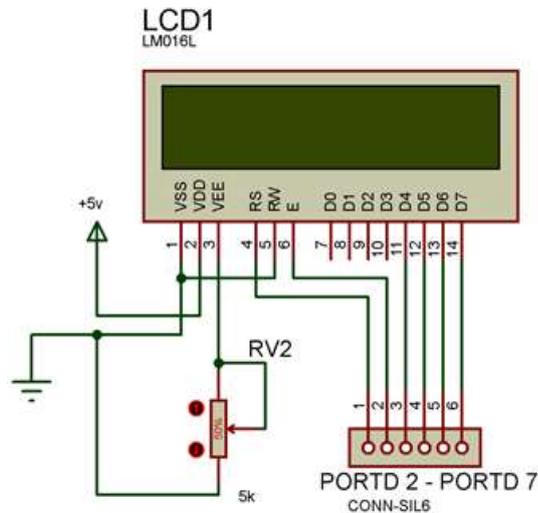


Gambar 4.6 Rangkaian komunikasi serial HC-05

Pada gambar 4.6 diatas fitur komunikasi serial menggunakan pin – pin RX dan TX pada mikrokontroller dan modul bluetooth HC-05. Pin RX di mikrokontroller akan terhubung dengan pin TX bluetooth HC-05, maka mikrokontroller akan menerima data dari bluetooth HC-05. Sedangkan pin TX di mikrokontroller akan terhubung ke pin RX di bluetooth HC-05, maka mikrokontroller akan mengirim data ke bluetooth HC-05. Setelah itu, modul bluetooth HC-05 akan mengirim atau menerima data ke/dari *device* lain yakni android.

#### 4.4.4 Rangkaian LCD 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan sebuah modul penampil yang sudah disediakan oleh toko – toko elektronika. Namun modul LCD 16x2 perlu dirangkai dengan beberapa komponen elektronika lainnya agar dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Berikut ini gambar rangkaian untuk modul LCD 16x2:



Gambar 4.7 Rangkaian LCD 16x2

Pada rangkaian LCD 16x2 di atas dapat dijabarkan yakni:

1. Untuk mengatur kontras LCD 16x2 menggunakan potensiometer RV2.
2. Pin RS, E, dan D4 – D7 pada LCD 16x2 terhubung ke *PortD2* – *PortD7* mikrokontroler ATmega328P.

#### 4.4.5 Program Konversi ADC

Program konversi (*Analog to Digital Converter*) ADC ini hanya digunakan sebagai saklar untuk memulai pencacahan atau bisa disebut sebagai *trigger* untuk memulai pencacahan. Program konversi ADC dapat dilihat seperti *listing 4.1*:

```
x = analogRead (0);
if (x < 800 && x > 20.46 )
{
  //Program cacah
  {
```

*Listing 4.1* Program konversi ADC

Pada program *Listing 4.1* diatas dapat dilihat bahwa  $x$  berfungsi sebagai variabel yang digunakan untuk membaca tegangan di *PortC0* (*analogRead* (0)), tegangan ini berasal dari *output* detektor atau rangkaian pengkondisi sinyal analog (PSA). Kemudian nilai 800 dan 20.46 diatas merupakan data ADC hasil konversi tegangan analog di *PortC0*. Berikut rumus untuk mendapatkan data ADC :

$$\text{Data ADC} = \text{Vin} \cdot 1023 \div \text{Vref} \quad (4-1)$$

Data ADC 800 merupakan tegangan analog di *PortC0* sebesar 3.9V (maksimal), sedangkan data ADC 20.46 merupakan tegangan analog di *PortC0* sebesar 0.1V (minimal). Jadi jika tegangan *output* detektor melebihi 0.1V maka variabel  $x$  sebagai *trigger* akan memulai program cacah. Mengingat pesawat sinar-X periodenya adalah *milisecond* maka dibutuhkan tegangan minimal 0.1V untuk memulai pencacahannya agar meminimalisir hilangnya pembacaan pada periode *milisecond*.

#### 4.4.6 Program Cacah Milli Detik

Pada program pencacahan ini memanfaatkan fungsi `millis()` yang disediakan oleh software arduino. Fungsi `millis()` ini bekerja dengan menghitung waktu yang digunakan oleh arduino untuk mengeksekusi setiap program yang berjalan dalam satuan mili detik. Setiap mili detik arduino bekerja, maka setiap mili detik pula nilainya akan dibaca oleh fungsi `millis()` ini. Pencacahan yang digunakan adalah cacah atas atau *counter up*. Program pencacahan milli detik dapat dilihat pada *listing 4.2* sebagai berikut :

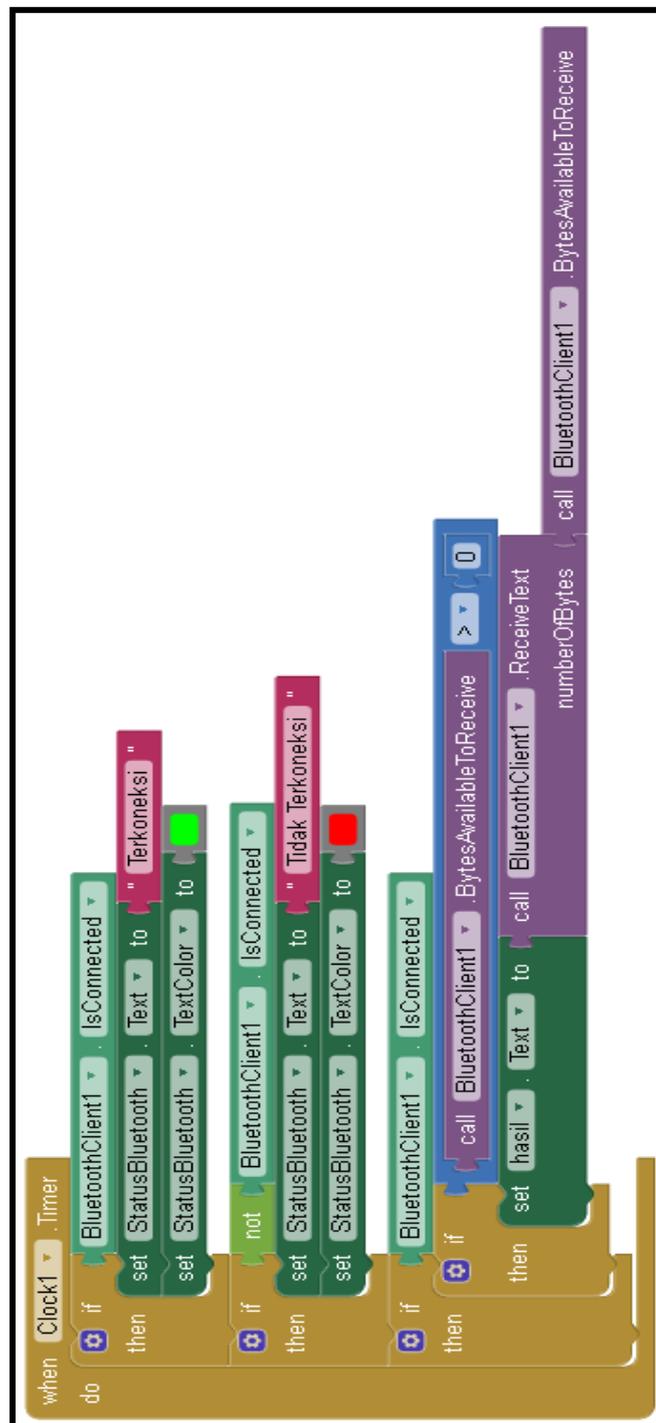
```
if ((millis() - lastButtonPressTime) > debounceDelay)
{
    start = millis();
}
```

*Listing 4.2* Program cacah milli detik

Program fungsi `millis()` ini langsung aktif ketika arduino dinyalakan atau di-*reset*, maka dari itu harus diberi kondisi tertentu terlebih dahulu jika ingin memanfaatkan fungsi `millis()` ini. Pada program *listing 4.2* diatas, variabel `lastButtonPressTime` merupakan variabel dengan inisialisasi bernilai awal 0 (nol) dan variabel `debounceDelay` merupakan variabel dengan inisialisasi bernilai awal 50. Jika pengurangan nilai `millis()` dengan `lastButtonPressTime` melebihi nilai `debounceDelay` maka `millis()` akan baru memulai proses cacah atas atau *counter up*.

#### **4.4.7 Program Tampilan di Android**

Software yang penulis pakai untuk memprogram tampilan di android adalah MIT App Inventor. App Inventor adalah aplikasi web memungkinkan penggunaanya untuk memprogram komputer untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak bagi sistem operasi android. Berikut ini program tampilan alat ukur waktu paparan sinar-X di android dengan MIT App Inventor:



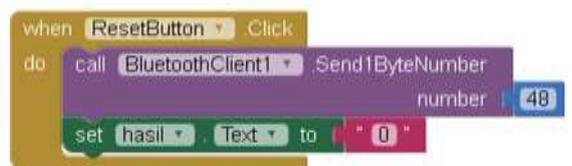
Listing 4.3 Program tampilan di android

Pada program *listing* 4.3 diatas dapat dijelaskan bahwa jika bluetooth sudah terkoneksi maka tulisan akan berwarna hijau, sedangkan jika bluetooth tidak terkoneksi maka tulisan akan berwarna merah.

Kemudian jika bluetooth sudah terkoneksi maka akan mengeksekusi program selanjutnya yaitu jika nilai yang diterima bluetooth lebih dari nol (0) maka variabel *hasil* akan menampilkan teks dari nilai yang diterima bluetooth tersebut. Nilai yang diterima oleh bluetooth ini merupakan data hasil olahan mikrokontroller ATmega328P yang dikirim oleh bluetooth HC-05.

#### 4.4.8 Program Reset di Android

Program ini digunakan untuk me-reset program yang ada pada mikrokontroller ATmega328P. Dimana android akan mengirimkan sinyal yang digunakan untuk mengaktifkan program reset di mikrokontroller ATmega328P. Berikut program reset di android seperti pada *listing 4.4*:



*Listing 4.4* Program Reset di Android

Berdasarkan *listing 4.4* diatas dapat dijabarkan yakni saat tombol *Reset* di android di tekan maka android akan mengirimkan 1 *byte number* yaitu angka desimal 48. Angka desimal 48 ini merupakan angka yang dikenal oleh arduino berupa karakter nol (0), dimana karakter ini sesuai ketentuan pada Tabel ASCII (terlampir). Kemudian setelah arduino menerima karakter nol (0) maka dilakukan *reset* program pada arduino. Selain mengirimkan 1 *byte number*, android juga akan mengubah teks hasil pengukuran data dari mikrokontroller ATmega328P menjadi nol (0), sehingga dapat dilakukan pengukuran kembali dari awal.