

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat Tugas Akhir

Bentuk fisik dari alat tugas akhir ini ditunjukkan oleh Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Alat tugas akhir

Tegangan Input : 220 VAC

Pilihan kV : 60 kV, 65 kV, 70 kV, 75 kV dan 80 kV

Pilihan mA : 50 mA dan 60 mA

Pilihan mAs : 1, 2 dan 4 mAs

Sistem kendali : Dilakukan secara *wireless* pada *Personal Computer (PC)*

4.1 Spesifikasi tabung X-ray

Berikut adalah gambar tabung x-ray model XD4-2 :



Gambar 4. 2 Tabung x-ray XD4-2

Model	: XD4-2,9 / 100 mA
Tegangan nominal	: 100 kV
Karakteristik filamen	: 4.5 A, $10 \pm 1V$
Maksimal Isi Panas Anoda	: 55000 J
Daya input anoda nominal	: 10000 W

Dari spesifikasi diatas, tabung XD4-2 akan dijadikan acuan untuk menentukan nilai yang akan dijadikan tegangan *output* pada alat tugas akhir dengan melakukan pengukuran *input* tegangan pada HTT yang ada didalam tabung XD4-2. Berikut tabel data pengukuran nilai tegangan referensi untuk *input* tegangan HTT pada tabung XD4-2.

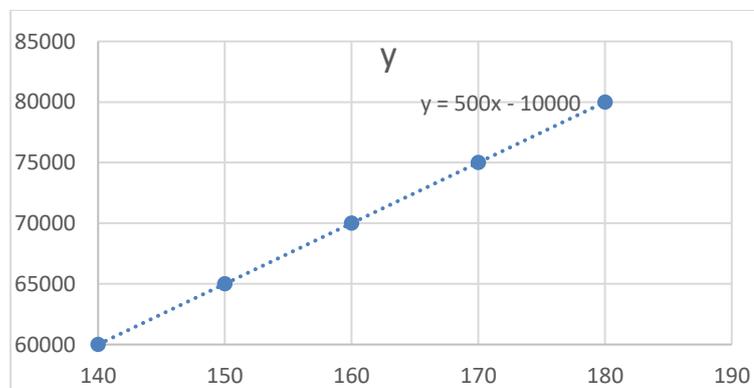
Tabel 4. 1 Tabel pengukuran nilai referensi tegangan *input* HTT tabung XD4-2

Input HTT(V)	Output HTT (kV)
140	60
150	65
160	70
170	75
180	80

Pengukuran ini dilakukan dengan cara mengukur kontrol sinar-X yang memiliki tabung XD4-2 dengan melepas socket penghubung antara sistem kontrol dan tabung. Alat ukur yang digunakan adalah multimeter. Ada beberapa pilihan

nilai parameter kV pada selektor kV. Berdasarkan tabel diatas, diambil nilai-nilai 60,65,70,75, dan 80 kV untuk menyesuaikan *autotrafo* yang digunakan pada alat tugas akhir. Pengukuran dilakukan dengan mengarahkan selektor kV ke nilai yang ingin diukur. Setelah itu arahkan selektor timer ke waktu maksimal agar nilai yang diukur bisa terlihat lebih lama pada multimeter. Tekan *expose* agar nilai tegangan terlihat pada multimeter. Nilai pada tabel diatas dijadikan referensi untuk menentukan variasi nilai tegangan yang akan dijadikan *output* pada alat tugas akhir.

Untuk mengkonversi tegangan *output* HTT, maka diperlukan persamaan $y=mx+c$, dimana y adalah nilai tegangan *output* HTT yang akan dicari, sedangkan nilai x adalah nilai tegangan *input* HTT. Berikut adalah tabel grafik persamaan fungsi :



Gambar 4. 3 Grafik persamaan fungsi konversi

Berdasarkan grafik diatas, sumbu x merupakan nilai tegangan *input* pada HTT, sedangkan sumbu y merupakan nilai tegangan *ouput* pada HTT. Pada gambar 4.1 didapatkan konstanta $c = 10000$ dan gradien $m=500$. Nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam rumus konversi nilai output tegangan HTT.

4.3 Pengukuran tegangan *output* pada alat

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan *output* pada alat parameter kV pada saat proses *expose* dilakukan sebanyak 20 kali menggunakan multimeter. Tegangan input adalah tegangan yang berasal dari autotrafo yang akan dimasukkan ke *driver* kV. Dari *driver* kV, tegangan akan masuk ke kontaktor yang akan menjadi tegangan *output* alat.

4.3.1 Pengukuran tegangan 60 kV/140 V

Berikut adalah tabel data pengukuran 60 kV/140V dengan tegangan PLN 228 VAC untuk mengetahui nilai rata-rata dan koreksi tegangan *output* parameter kV pada alat.

Tabel 4. 2 data pengukuran 60 kV/140

Percobaan	Tegangan <i>input</i> (V)	Tegangan <i>output</i> (V)	Konversi kV
1	139	141	60,5
2	140	140	60
3	140	139	59,5
4	142	139	59,5
5	142	140	60
6	140	140	60
7	141	139	59,5
8	142	141	60,5
9	139	141	60,5
10	139	141	60,5
11	140	140	60
12	140	140	60
13	139	140	60
14	141	142	61
15	140	139	59,5
16	142	142	61
17	142	141	60,5
18	140	141	60,5
19	140	139	59,5
20	141	140	60
Rata-rata		140,25	60,13
Koreksi		0,25	0,13

Pengukuran dengan pilihan parameter 60 kV. Dari tabel diatas didapatkan rata-rata sebesar 140,25 V dengan nilai koreksi sebesar +0,25 V. Nilai *error* yang paling besar didapatkan pada percobaan keempat dengan nilai selisih tegangan sebesar 3 V. Nilai rata-rata pada konversi sebesar 60,13 kV dengan koreksi sebesar +0,13 kV. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan menjadi input pada HTT yang ada pada tabung sinar-X.

4.3.2 Pengukuran tegangan 65 kV/150 V

Berikut adalah tabel data pengukuran 65 kV/150V dengan tegangan PLN 228 VAC untuk mengetahui nilai rata-rata dan koreksi tegangan *output* parameter kV pada alat.:

Tabel 4. 3 Data pengukuran 65kV/150V

Percobaan	Tegangan <i>input</i> (V)	Tegangan <i>output</i> (V)	Konversi kV
1	152	153	66,5
2	152	151	65,5
3	151	152	66
4	151	153	66,5
5	152	153	66,5
6	151	150	65
7	150	153	66,5
8	152	151	65,5
9	151	152	66
10	151	151	65,5
11	150	151	65,5
12	150	150	65
13	151	150	65
14	150	151	65,5
15	152	151	65,5
16	149	149	64,5
17	152	151	65,5
18	151	150	65
19	150	151	65,5
20	150	150	65
Rata-rata		151,15	65,58
Koreksi		1,15	0,58

Pengukuran dengan pilihan parameter 65 kV. Dari tabel diatas didapatkan rata-rata sebesar 151,15 V dengan nilai koreksi sebesar +1,15 V. Nilai *error* yang paling besar didapatkan pada percobaan ketujuh dengan nilai selisih tegangan sebesar 3 V. Nilai rata-rata pada konversi sebesar 65,58 kV dengan koreksi sebesar +0,66 kV. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan menjadi input pada HTT yang ada pada tabung sinar-X.

4.3.3 Pengukuran tegangan 70 kV/160 V

Berikut adalah tabel data pengukuran 70 kV/160V dengan tegangan PLN 229 VAC untuk mengetahui nilai rata-rata dan koreksi tegangan *output* parameter kV pada alat. :

Tabel 4. 4 Data pengukuran 70kV/160V

Percobaan	Tegangan <i>input</i> (V)	Tegangan <i>output</i> (V)	Konversi kV
1	161	162	71,
2	161	161	70,5
3	160	160	70
4	160	160	70
5	162	161	70,5
6	161	162	71
7	160	161	70,5
8	162	162	71
9	162	161	70,5
10	160	161	70,5
11	161	160	70
12	160	161	70,5
13	160	161	70,5
14	162	160	70
15	161	162	71
16	161	162	71
17	162	161	70,5
18	160	161	70,5
19	159	160	70
20	160	160	70
Rata-rata		160,95	70,48
Koreksi		0,95	0,48

Pengukuran dengan pilihan parameter 70 kV. Dari tabel diatas didapatkan rata-rata sebesar 160,95 V dengan nilai koreksi sebesar +0,95 V. Nilai *error* yang didapatkan pada sebagian besar percobaan hampir sama dengan nilai selisih tegangan rata-rata sebesar 1 V. Nilai rata-rata pada konversi sebesar 70,48 kV dengan koreksi sebesar +0,48 kV. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan menjadi input pada HTT yang ada pada tabung sinar-X.

4.3.4 Pengukuran tegangan 75 kV/170 V

Berikut adalah tabel data pengukuran 75 kV/170V dengan tegangan PLN 230 VAC untuk mengetahui nilai rata-rata dan koreksi tegangan *output* parameter kV pada alat.:

Tabel 4. 5 Data pengukuran 75 kV/170 V

Percobaan	Tegangan <i>input</i> (V)	Tegangan <i>output</i> (V)	Konversi kV
1	170	172	76
2	170	168	74
3	170	167	73,5
4	171	169	74,5
5	169	170	75
6	171	170	75
7	170	170	75
8	171	169	74,5
9	169	171	75,5
10	169	170	75
11	171	170	75
12	171	171	75,5
13	170	171	75,5
14	169	170	75,5
15	171	172	76
16	170	169	74,5
17	170	170	75
18	169	170	75
19	169	170	75
20	170	171	75,5
	Rata-rata	170	75,03
	Koreksi	0	0,03

Pengukuran dengan pilihan parameter 75 kV .Dari tabel diatas didapatkan rata-rata sebesar 170 V dengan nilai koreksi sebesar 0 V. Nilai *error* yang paling besar didapatkan pada percobaan ketiga dengan nilai selisih tegangan sebesar 3 V. Nilai rata-rata pada konversi sebesar 75,54 kV dengan koreksi sebesar +0,03 kV. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan menjadi input pada HTT yang ada pada tabung sinar-X

4.3.5 Pengukuran tegangan 80 kV/180 V

Berikut adalah tabel data pengukuran 80 kV/180V dengan tegangan PLN 230 VAC untuk mengetahui nilai rata-rata dan koreksi tegangan *output* parameter kV pada alat.:

Tabel 4. 6 Data pengukuran 80 kV/180 V

Percobaan	Tegangan <i>input</i> (V)	Tegangan <i>output</i> (V)	Konversi kV
1	179	178	79
2	179	178	79
3	178	178	79
4	179	178	79
5	177	179	79,5
6	179	178	79
7	178	179	79,5
8	179	180	80
9	180	180	80
10	180	180	80
11	179	180	80
12	178	179	79,5
13	179	179	79,5
14	180	180	80
15	177	179	79,5
16	179	178	79
17	179	178	79
18	178	180	80
19	179	180	80
20	180	180	80
Rata-rata		179,05	79,53
Koreksi		0,95	0,47

Pengukuran dengan pilihan parameter 80 kV. Dari tabel diatas didapatkan rata-rata sebesar 179,05 V dengan nilai koreksi sebesar -0,95 V. Nilai *error* yang paling besar didapatkan pada percobaan kelima dan kesepuluh dengan nilai selisih tegangan sebesar 3 V. Nilai rata-rata pada konversi sebesar 79,53 kV dengan koreksi sebesar -0,47 kV. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan menjadi input pada HTT yang ada pada tabung sinar-X

4.3.6 Pengujian sistem kerja alat

Pengujian bertujuan untuk mengetahui proses pada alat yaitu *stand by*, *ready*, dan *expose* dengan memberikan lampu indikator yang berbeda pada masing-masih proses yaitu lampu hijau untuk *stand by*, lampu kuning untuk *ready*, dan lampu merah untuk *expose*. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali. Berikut adalah tabel pengujian sistem kerja alat dengan melihat lampu indikator sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Sistem kerja alat

Proses	Lampu hijau (<i>stand by</i>)	Lampu kuning (<i>Ready</i>)	Lampu merah (<i>expose</i>)
<i>Stand by</i>	Hidup	mati	mati
<i>Ready</i>	Mati	hidup	mati
<i>Expose</i>	Mati	mati	hidup

Berdasarkan tabel diatas, setelah 20 kali pengujian, lampu hijau selalu hidup pada saat keadaan *stand by* dan lampu yang lain mati. Setelah *stand by* , maka proses *ready* akan dilakukan. Proses *ready* mempunyai waktu selama 3 detik. Setelah proses *ready* selesai, maka lampu kuning hidup dan lampu yang lain mati.

Ketika *expose* ditekan maka lampu merah hidup dan setelah waktu tercapai lampu *stand by* hidup kembali. Berikut adalah gambar pada saat alat beroperasi :



Gambar 4. 4 Keadaan *stand by*

Pada saat keadaan *stand by*, lampu indikator hijau dan lampu simulasi filament menyala redup karena arus belum sepenuhnya masuk pada filamen.



Gambar 4. 5 Keadaan *ready*

Pada saat tombol *ready* ditekan, arus akan sepenuhnya masuk ke filamen dan lampu simulasi filament akan menyala terang. Proses ini mempunyai proses selama 1.5 detik. Ketika proses selesai maka lampu indikator kuning menyala yang menandakan proses *expose* siap dilakukan.



Gambar 4. 6 Keadaan *expose*

Pada saat tombol *expose* ditekan, lampu indikator merah akan menyala dan lampu simulasi HTT akan menyala dalam beberapa detik sesuai waktu yang dipilih. Setelah waktu selesai, maka alat akan kembali dalam keadaan *stand by*.

4.3.7 Pengukuran jarak komunikasi serial *bluetooth* HC-05 dan PC (*Personal Computer*)

Berikut adalah tabel pengukuran jarak komunikasi serial antara *bluetooth* dan PC(*Personal Computer*) tanpa adanya penghalang sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Jarak komunikasi serial tanpa adanya penghalang

No	Jarak(m)	Koneksi(Ya/Tidak)
1	2	Ya
2	4	Ya
3	6	Ya
4	8	Ya
5	10	Ya

Berikut adalah tabel pengukuran jarak komunikasi serial *bluetooth* dan PC(*Personal Computer*) dengan adanya penghalang dinding dengan ketebalan 9,5 cm sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Jarak komunikasi serial dengan penghalang

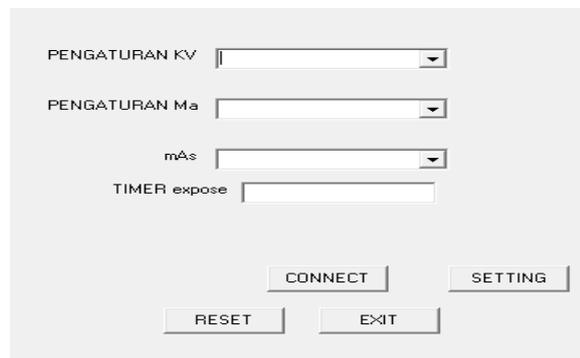
No	Jarak(m)	Koneksi (Ya/Tidak)
1	2	Ya
2	3	Ya
3	4	Ya
4	5	Ya
5	6	Ya
6	7	Tidak

Berdasarkan kedua tabel diatas, pengukuran komunikasi serial antara *Bluetooth* HC-05 dan PC menggunakan alat ukur meteran. Pengukuran pertama jarak komunikasi serial dari *blueooth* berhasil mencapai jarak 10 meter tanpa adanya penghalang. Mengacu pada spesifikasi *bluetooth* HC-05 dengan jarak maksimal ± 10 meter, ini menunjukkan *bluetooth* bekerja dengan baik. Pengukuran kedua jarak komunikasi serial dari *bluetooth* dengan ketebalan dinding penghalang sebesar 9,5 cm berhasil menempuh jarak maksimal sebesar 6

meter, apabila jarak lebih dari 6 meter maka koneksi antara *bluetooth* dan PC akan *error*/tidak terkoneksi.

4.3.8 Tampilan pada PC(*Personal Computer*) ketika sistem bekerja

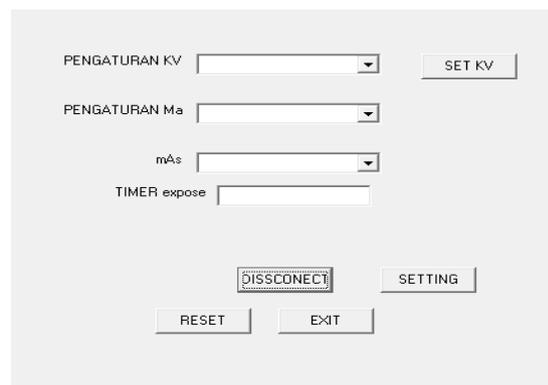
Berikut adalah tampilan program saat dijalankan :



Gambar 4. 7 Tampilan awal aplikasi

Pada alat ini menggunakan *software* delphi yang dijalankan pada PC.

Gambar diatas menunjukkan keadaan awal ketika aplikasi dibuka.



Gambar 4. 8 Tampilan ketika komunikasi serial berhasil

Gambar diatas menunjukkan, aplikasi sedang melakukan komunikasi serial dengan *bluetooth*. Jika berhasil maka perintah *setting* kV akan muncul dan jika koneksi gagal maka program akan *error*.

PENGATURAN KV
 PENGATURAN Ma
 mAs
 TIMER expose

Gambar 4. 9 Tampilan ketika setelah setting parameter

Setelah koneksi berhasil maka proses setting parameter akan muncul. Ada beberapa parameter yang diatur sesuai dengan keinginan operator yaitu tegangan tinggi (kV), arus (mA), dan perkalian antara mA dan *timer* (mAs).

PENGATURAN KV
 PENGATURAN Ma
 mAs
 TIMER expose

Gambar 4. 10 Tampilan sebelum proses *ready*

Ketika proses setting berhasil, maka ketika menekan tombol “hitung timer” maka program akan otomatis menghitung timer yang diperlukan. Apabila hasil perhitungan telah ditemukan maka proses ready siap dilakukan.

The image shows a control panel with the following elements:

- PENGATURAN KV: 60 (dropdown menu) [SET KV]
- PENGATURAN Ma: 50 (dropdown menu) [SET mA]
- mAs: 4 (dropdown menu) [Hitung timer]
- TIMER expose: 0,08 (text input)
- [READY] (button)
- [EXPOSE] (button)
- [DISCONNECT] (button)
- [SETTING] (button)
- [RESET] (button)
- [EXIT] (button)

Gambar 4. 11 Tampilan ketika proses expose siap dilakukan

Apabila proses *ready* telah selesai, maka tombol “expose” akan muncul yang berarti bahwa proses *expose* siap dilakukan. Apabila proses *expose* berhasil maka tampilan akan kembali pada saat proses *expose* belum dilakukan dan jika *expose* gagal maka tampilan tidak akan berubah.