



RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA SUMBER ELEKTRON DAN SISTEM VAKUM UNTUK FASILITAS LINAC DI PRTA – BRIN

Bayu Pamungkas^{1a}, M. Khoiri¹, Taxwim²

¹Program Studi Elektronika Instrumentasi, Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia

²Badan Riset dan Inovasi Nasional

Korespondensi:

^aProgram Studi Elektronika Instrumentasi, Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia
pamungkasbayu4455@gmail.com

ABSTRAK

PRTA – BRIN telah memiliki fasilitas *linear accelerator* (*linac*) melalui hibah dari RSCM. *Linac* tersebut baru terpasang bagian mekaniknya saja, namun untuk bagian instrumentasi dan kontrol belum dapat dilakukan pemasangan karena kompleksitasnya. Maksud dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem akuisisi data untuk sumber elektron dan sistem vakum untuk fasilitas linac PRTA – BRIN dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW dan basis data MySQL. Adam 4017+ dan 4520 serta TPG 300 digunakan untuk mengambil data sumber elektron dan kevakuman yang selanjutnya dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial untuk ditampilkan melalui LabVIEW dan disimpan pada basis data MySQL. Untuk menguji sistem akuisisi data yang dirancang-bangun, dilakukan perbandingan antara nilai yang diakuisisi dengan nilai yang diukur melalui alat ukur standar. Pada penelitian ini, dihasilkan akurasi 98% untuk parameter sumber elektron dan 100% untuk parameter sistem vakum.

Kata kunci: Sistem Akuisisi Data, Linac, Sumber Elektron, Sistem Vakum, Adam 4017+, TPG 300

ABSTRACT

PRTA -BRIN has been given *linear accelerator* (*linac*) facility from Cipto Mangunkusumo Hospital. Mechanically, this *linac* is builded. But, in instrument and control system aspect, this *linac* is not builded yet, due to its complexity. The aim of this research is to design and built the data acquisition system of *linac*'s electron source and vacuum system using LabVIEW and MYSQL. In this research, the data acquisition modules which are Adam 4017+ dan 4520 also TPG 300 could receive data of electron source and level of vacuum, then transmit it to computer using serial communication to display it in the interface of LabVIEW and save it in MySQL database. To validate the data acquisition system, the acquired data is compared to data of standard instrument. The builded data acquisition sytem has the accuracy of 98% at measured electron beam data and 100% on each read vacuum sensor.

Keywords: Data Acquisition System, Linac, Electron Source, Vacuum System, Adam 4017+, TPG 300

1. PENDAHULUAN

PRTA merupakan pusat riset di bawah naungan BRIN yang memiliki fokus pada riset akselerator, utamanya riset mengenai *linear accelerator* (linac). Linac merupakan alat yang dirancang untuk mempercepat pergerakan elektron secara linier sehingga dapat menghasilkan berkas foton dan berkas elektron [1]. Adapun electron berkas electron berenergi tinggi tersebut dapat digunakan untuk pengobatan tumor pada kedalaman tubuh yang dangkal, atau dapat digunakan untuk menembak target yang dapat menghasilkan sinar x untuk pengobatan tumor yang lebih dalam [2]. Untuk menunjang risetnya, PRTA mendapatkan seperangkat linac dari Rumah Sakit Ciptomangunkusumo melalui mekanisme hibah. Namun, linac milik PRTA belum dapat beroperasi normal karena hanya terpasang bagian mekaniknya saja, bagian instrumentasi dan kontrolnya belum di-*install* hingga saat ini.

Pada saat ini, dilakukan riset pengembangan sistem instrumentasi linac di PRTA. Hasil dari pengembangan sistem instrumentasi ini nantinya akan diaplikasikan langsung pada linac ketika sudah dapat dioperasikan. Salah satu pengembangan sistem instrumentasi yang dilakukan adalah pengembangan sistem akuisisi data untuk linac.

Linac memiliki beberapa parameter operasi yang harus dipantau pada saat beroperasi. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem akuisisi data untuk parameter operasi linac. Pada saat ini, berkenaan dengan belum dapat dioperasikannya linac milik PRTA, maka pada pengembangan sistem akuisisi data parameter operasi linac diperlukan perangkat pengganti linac yang memiliki kesesuaian dengan karakteristik parameter operasi linac. Dua perangkat yang dapat dijadikan pengganti fungsi linac untuk uji coba sistem akuisisi data yang akan dibangun adalah power supply yang dapat menggantikan sumber elektron dan sistem vakum Mesin Berkas Elektron Eksperimen (MBE Eksperimen) milik DPL – BRIN yang dapat menggantikan sistem vakum pada linac.

Sumber elektron (electron gun) merupakan bagian dari linac yang menghasilkan berkas elektron yang akan dipercepat. Pada perangkat linac, sumber elektron menghasilkan berkas elektron yang kemudian dipercepat dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Setelah dipercepat, berkas elektron akan dilewatkan sebuah Faraday cup untuk diukur arus berkasnya untuk penentuan besarnya dosis radiasi yang diterima bahan.

Catu daya (power supply) adalah sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik [2]. Pada umumnya, power supply, mempunyai keluaran berupa tegangan maupun arus listrik yang dapat diatur besar-kecilnya. Berkenaan dengan penggantian sumber elektron, power supply dapat digunakan untuk menggantikan besarnya arus berkas elektron yang ditangkap oleh Faraday cup. Komponen utama dari Faraday cup adalah kolektor yang mengukur arus yang dihasilkan oleh ion atau elektron yang melewatinya [3].

Sistem vakum terdiri atas pompa-pompa vakum dan instrumen pengukur vakum. Perangkat tersebut berfungsi untuk mengeluarkan gas-gas yang berada di dalam sistem bejana vakum agar berkas elektron tidak mengalami banyak hambatan/tumbukan dalam perjalanan dari sumber elektron sampai sasaran/target, sehingga bisa dicapai panjang jejak rata-rata (*mean free path*) yang besar [4]. Pengukuran pada sistem vakum dilakukan dengan menggunakan manometer Pirani dan Penning dengan *interface* TPG300. *Pfeiffer* TPG 300 dan *Balzars* TPG 300 merupakan perangkat yang mirip dan digunakan dalam sistem vakum akselerator [5].

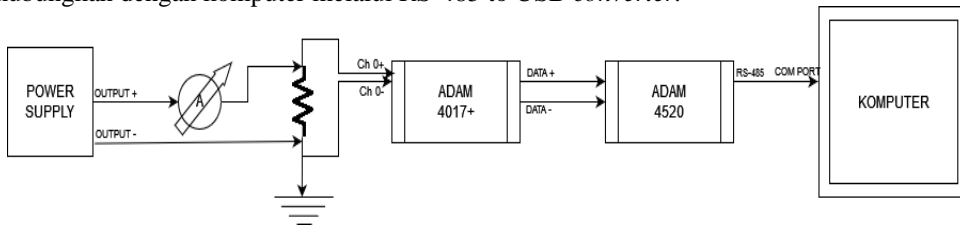
2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan perancang-bangunan sistem akuisisi data untuk mengukur besarnya arus berkas elektron dan Tingkat kevakuman pada linac. Sistem akuisisi data merupakan sistem instrumentasi elektronik yang terdiri dari beberapa elemen, seperti elemen pengukuran, pengolah data, hingga penyimpanan data. Tugas utama dari sistem akuisisi data adalah mengakuisisi sinyal sensor yang biasanya berupa sinyal analog, mengubahnya menjadi sinyal digital dan memberikannya ke pada sistem monitoring ataupun sistem pengendalian [6].

2.1 Akuisisi Data Arus Berkas Sumber Elektron

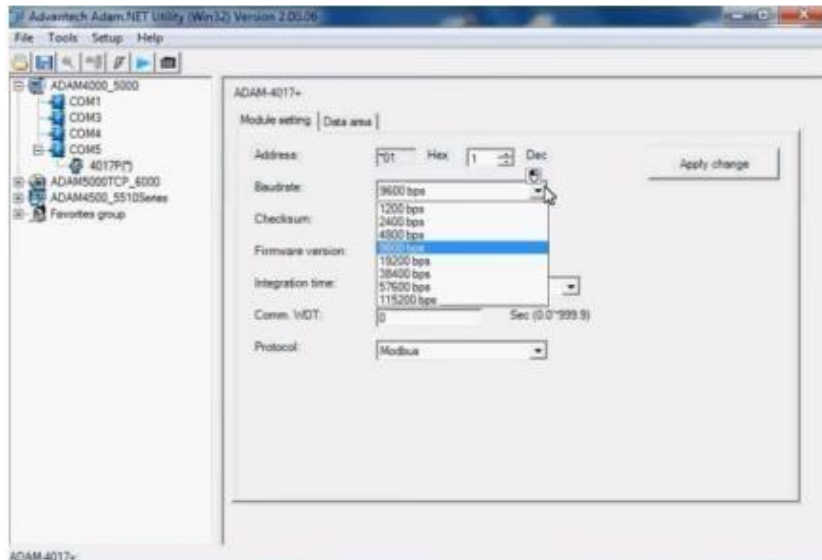
Akuisisi data arus berkas dari sumber elektron pada penelitian ini menggunakan rangkaian akuisisi data seperti pada gambar 1. *Power supply* sebagai pengganti sumber elektron dihubungkan ke amperemeter untuk mengukur arus keluarannya. Setelah itu, amperemeter dihubungkan pada resistor untuk membuat beda

tegangan di antara dua kutub keluaran *power supply*. Beda tegangan inilah yang dijadikan masukan ADAM 4017+ melalui Ch +/-0. Adam 4017+ kemudian dihubungkan ke ADAM 4520 melalui *port +/- data* agar dapat dihubungkan dengan komputer melalui RS-485 to USB *converter*.



Gambar 1 Rangkaian Akuisisi Data Berkas Elektron Sumber Elektron

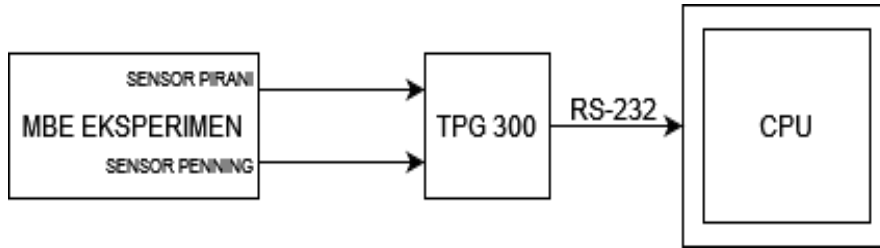
Agar ADAM 4017+ dapat berkomunikasi dengan komputer melalui Adam 4520, maka sebelum dilakukan akuisisi data harus dilaksanakan konfigurasi ADAM 4017+. Konfigurasi ADAM 4017+ dilakukan untuk menginisiasi komunikasi data antara ADAM 4017+ sebagai modul akuisisi data dengan komputer. Konfigurasi ini dilakukan dengan menggunakan *software ADAM APAX.Net Utility*. Pada konfigurasi ini, diatur *address*, *baudrate*, hingga *protocol* yang digunakan dalam komunikasi data yang nantinya akan diselaraskan dengan konfigurasi komunikasi data pada program akuisisi data LabVIEW (gambar 2).



Gambar 2 Konfigurasi Komunikasi Data ADAM 4017+ pada ADAM APAX.Net Utility [6]

2.2 Akuisisi Data Sistem Vakum

Akuisisi data tingkat kevakuman pada penelitian ini menggunakan rangkaian seperti pada gambar 3. Manometer Pirani dan Penning yang telah terpasang pada Mesin Berkas Elektron dihubungkan pada TPG 300. Untuk menghubungkan TPG 300 dengan komputer, maka selanjutnya dipasangkan *Card IF 300B*. Card jenis ini dapat melakukan komunikasi data dengan perangkat lunak karena dilengkapi fasilitas komunikasi RS-232, sehingga dapat ditampilkan melalui perangkat komputer [7].



Gambar 3 Rangkaian Akuisisi Data Tingkat Kevakuman

2.3 Program Akuisisi Data LabVIEW

Program akuisisi data dibuat dengan menggunakan LabVIEW sebagai bahasa pemrograman. Perangkat lunak LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Workbench*) merupakan perangkat lunak khusus digunakan untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendalim dan instu=rumentasum serta otomatisasi industry [8]. Adapun tampilan dari program LabVIEW yang sudah dibuat terdapat pada gambar 4. Program ini terdiri dari beberapa bagian. Bagian pertama merupakan bagian inisiasi komunikasi data antara komputer dengan rangkaian akuisisi data. Selanjutnya, terdapat bagian akuisisi data arus berkas sumber elektron dengan menggunakan protokol komunikasi *modbus RTU* dan akuisisi data tingkat kevakuman melalui TPG dengan komunikasi serial RS-232. Setelah dilakukan akuisisi, maka data-data yang diakuisisi kemudian ditampilkan pada bagian penampil lalu disimpan pada sebuah basis data MySQL dengan menggunakan fasilitas *Universal Data Link (UDL)*.

Untuk mendapatkan nilai arus berkas elektron yang diakuisisi, maka dilakukan konversi nilai digital yang dikirimkan oleh ADAM 4017+ menjadi nilai tegangan melalui rumus berikut:

$$V = \left(\frac{\text{reg terbaca}}{\text{reg maks}} \times \text{range} \right) - \frac{\text{range}}{2} \quad (1)$$

Selanjutnya, nilai tegangan yang didapat kemudian dikonversi menjadi nilai arus berkas elektron melalui sebuah analisis regresi yang didapat dari perbandingan arus terukur dengan tegangan ADAM berikut:

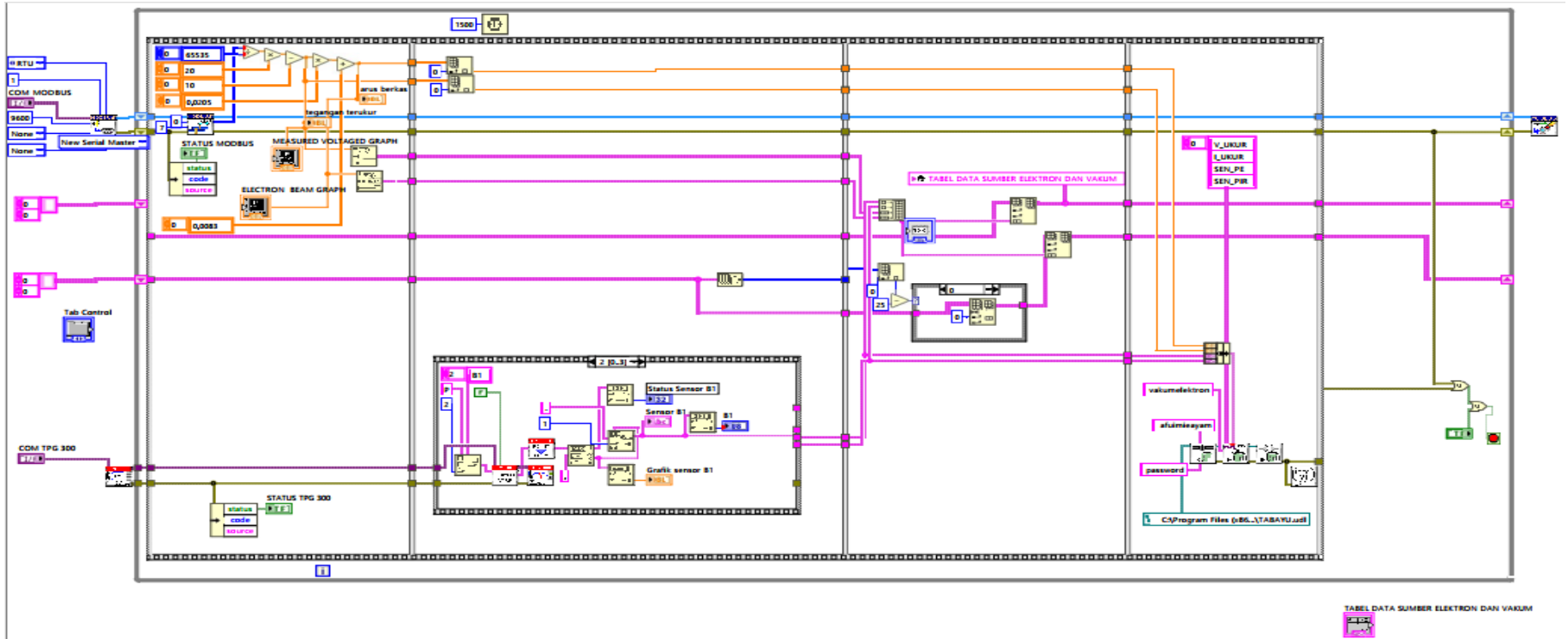
$$Y = 2,053V + 0,8547 \quad (2)$$

Di mana:

V = tegangan Adam
range = $2 \times 10V = 20V$

Reg maks = 16 bit (65.535)
Y = arus berkas terhitung

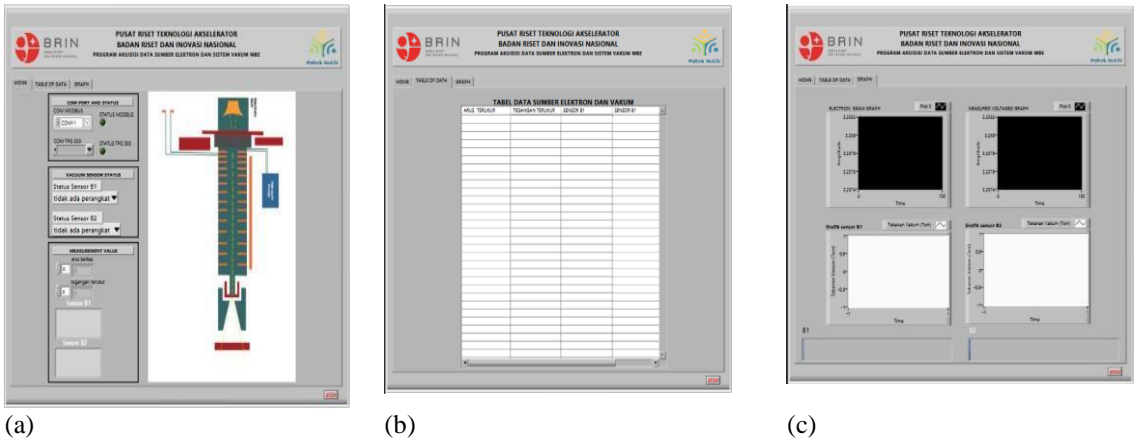
Sementara itu, untuk mendapatkan nilai dari TPG pada program LabVIEW, maka digunakan *library TPG* yang dapat membaca dan mengkonversi nilai yang dikirimkan oleh TPG menjadi data yang dapat dibaca dan diolah oleh komputer.



Gambar 4 Program Akuisisi Data LabVIEW

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akuisisi data arus berkas sumber elektron dan tingkat kevakuman yang didapat ditampilkan pada *interface* LabVIEW seperti yang terdapat pada gambar 5a-c. Gambar-gambar tersebut merupakan *interface* dari program akuisisi data pada LabVIEW yang dibuat. Pada gambar 5a yang merupakan halaman utama, terdapat gambar skema linac dan status dan bagian penentuan *communication port* untuk dua parameter yang diakuisisi. Selain itu, juga terdapat status sensor vakum dan nilai yang diakuisisi. Gambar 5b menunjukkan tabel dari *history* data yang diakuisisi oleh program, serta gambar 5c berisi *history* data dalam bentuk grafik pada masing-masing data yang diakuisisi.



Gambar 5 Interface LabVIEW (a) *slide* pertama, (b) *slide* tabel penampil, (c) *slide history* data

Data-data yang diakuisisi kemudian dianalisis untuk mendapatkan persen error dan akurasi dari sistem akuisisi data yang dibangun. Adapun untuk menentukan persen error dan akurasi menggunakan persamaan berikut:

$$error (\%) = \frac{y - x}{y} \times 100\% \tag{3}$$

$$akurasi = 100\% - error(\%) \tag{4}$$

Di mana :

- y = nilai alat ukur standar
- x = nilai hasil akuisisi data

Pada penelitian ini, telah dilakukan dua kali pengambilan data dengan hasil seperti terlihat pada tabel 1 sampai dengan tabel 6

Tabel 1 Data Hasil Akuisisi Pertama Arus Berkas Elektron

No	I Ukur (mA)	I Adam (mA)	Error	Akurasi
1	9,7	9,8	1%	99%
2	8,4	8,4	0%	100%
3	7,4	7,4	0%	100%
4	6,3	6,2	2%	98%

5	5,9	5,7	3%	97%
6	4,9	4,7	4%	96%
7	4,0	3,7	7%	93%
8	3,6	3,5	3%	97%
9	3,1	3,1	0%	100%
10	2,9	2,9	0%	100%

Tabel 2 Data Hasil Akuisisi Ke Dua Arus Berkas Elektron

No	I Ukur (mA)	I Adam (mA)	Error	Akurasi
1	14,3	14,2	1%	99%
2	13,5	13,4	1%	99%
3	12,2	12,2	0%	100%
4	11,2	11,2	0%	100%
5	9,6	9,6	0%	100%
6	7,9	7,9	0%	100%
7	6,6	6,6	0%	100%
8	5,5	5,6	2%	98%
9	4,4	4,3	2%	98%
10	3,3	3,2	3%	97%

Tabel 3 Data Hasil Akuisisi Pertama Tingkat Kevakuman

S. Pirani (mbar)	S. Pirani TPG (mbar)	Error	akurasi	S. Penning (mbar)	S. Penning TPG (mbar)	Error	akurasi
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.4E-3	6.4E-3	0%	100%	1.6E-5	1.6E-5	0%	100%
6.4E-3	6.4E-3	0%	100%	1.5E-5	1.5E-5	0%	100%

Tabel 4 Data Hasil Akuisisi Ke Dua Tingkat Kevakuman

S. Pirani (mbar)	S. Pirani TPG (mbar)	Error	akurasi	S. Penning (mbar)	S. Penning TPG (mbar)	Error	akurasi
------------------	----------------------	-------	---------	-------------------	-----------------------	-------	---------

6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	2.2E-5	2.2E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	2.1E-5	2.1E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	2.0E-5	2.0E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	2.0E-5	2.0E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.9E-5	1.9E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.9E-5	1.9E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.9E-5	1.9E-5	0%	100%
6.3E-3	6.3E-3	0%	100%	1.9E-5	1.9E-5	0%	100%
6.4E-3	6.4E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%
6.4E-3	6.4E-3	0%	100%	1.8E-5	1.8E-5	0%	100%

Tabel 5 Rata-Rata Error dan Akurasi Sistem Akuisisi Data yang Dibangun

Pengukuran ke	Error Pengukuran Arus (%)	Akurasi Pengukuran Arus (%)	Error Pengukuran Pirani (%)	Akurasi S. Pengukuran Pirani (%)	Error S. Pengukuran S. Penning (%)	Error Pengukuran S. Penning (%)
1	2	98	0	100	0	100
2	1	99	0	100	0	100
Rerata	2	98	0	100	0	100

Dari analisis data yang telah diakuisisi, diperoleh hasil bahwa nilai rata-rata error yang didapat oleh sistem akuisisi data yang dibangun adalah 2% untuk pengukuran arus berkas elektron dan 0% untuk pembacaan nilai tingkat kevakuman dari TPG 300. Dari hasil ini, diketahui bahwa akurasi dari sistem akuisisi data yang dibangun adalah 98% untuk pengukuran arus berkas elektron dan 100% untuk pembacaan tingkat kevakuman.

Data-data yang telah diakuisisi kemudian disimpan dalam sebuah basis data MySQL sebagai fungsi *recording* data pengoperasian linac. Adapun variabel yang digunakan pada basis data tertuang pada Tabel 6 dan hasil uji coba basis data terdapat pada gambar 6.

Tabel 6 Variabel Basis Data MySQL

No	Variabel	Tipe Data
1	No.	Integer
2.	V_Ukur	Double
3.	I_Berkas	Double
4.	SEN_PEN	Varchar
5.	SEN_PIR	Varchar

NO	V_UKUR	I_BERKAS	SEN_PEN	SEN_PIR
1	0	0		
2	0.00716449988555734	-0.055390249485007	1.8E-5	6.3E-3
3	0.00713947508964675	-0.056610971236743	1.8E-5	6.3E-3
4	0.00712696269169146	-0.057221332112611	1.8E-5	6.3E-3
5	0.00713947508964675	-0.056610971236743	1.8E-5	6.3E-3
6	0.00711445029373617	-0.057831692988479	1.8E-5	6.3E-3
7	0.00712696269169146	-0.057221332112611	1.8E-5	6.3E-3
8	0.00714573128862446	-0.056305790798809	1.8E-5	6.3E-3
9	0.00712070649271382	-0.057526512550545	1.7E-5	6.3E-3
10	0.00712696269169146	-0.057221332112611	1.6E-5	6.4E-3
11	0.00713947508964675	-0.056610971236743	1.5E-5	6.4E-3
12	0.00712070649271382	-0.057526512550545	1.5E-5	6.4E-3
13	0.00716449988555734	-0.055390249485007	1.5E-5	6.4E-3
14	0.00715198748760204	-0.056000610360875	1.5E-5	6.4E-3
15	0.00715198748760204	-0.056000610360875	1.4E-5	6.3E-3
16	0.00712070649271382	-0.057526512550545	2.0E-5	6.4E-3
17	0.00715198748760204	-0.056000610360875	1.9E-5	6.4E-3
18	0.00716449988555734	-0.055390249485007	1.8E-5	6.4E-3
19	0.00712070649271382	-0.057526512550545	1.8E-5	6.4E-3
20	0.00711445029373617	-0.057831692988479	1.4E-5	6.3E-3
21	0.00715198748760204	-0.056000610360875	1.4E-5	6.3E-3
22	0.00714573128862446	-0.056305790798809	1.4E-5	6.3E-3

Gambar 6 Hasil *Export Uji Coba Basis Data*

4. KESIMPULAN

Pada Penelitian ini, telah berhasil dibangun sistem akuisisi data untuk sumber elektron dan sistem vakum untuk dapat diterapkan pada perangkat linac di PRTA – BRIN. Adapun data dari sumber elektron diperoleh dari eksperimen menggunakan simulasi masukan arus dari *power supply*, sementara data sistem vakum diakuisisi dari sistem vakum milik MBE Eksperimen milik DPL – BRIN. Pengukuran arus berkas yang disimulasikan dari *power supply* dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan Adam 4017+. Data sistem vakum diakuisisi dengan menggunakan TPG 300. Kedua parameter diakuisisi bersamaan dengan menggunakan pemrograman LabVIEW dan menghasilkan akurasi 98% untuk arus berkas terbaca dan 100% untuk pembacaan tingkat kevakuman pada sensor pirani dan penning, serta disimpan pada basis data MySQL

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Puspitasari, W. I. Pertiwi, P. M. Sholihah, W. H. Fariqoh, N. Kavilani and S. D. Astuti, Analisis Kualitas Berkas Radiasi Linac untuk Efektivitas Radioterapi, Surabaya: Universitas Airlangga, 2020.
- [2] M. Khan, The Physics of Radiation Therapy; The 4th edition, New York: Lippincott Williams and Wilkins, 2014.
- [3] E. P. Sihotang, D. J. Mamahit and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. II, pp. 135-142, 2018.
- [4] N. S. Muchlich, B. Seifert, E. Ceribas, J. Gerger and F. Aumayr, High-Precision Digital Faraday Cups for FEED Thruster, Trieste: IOP Publishing for SISSA Medialab, 2022.
- [5] Suprpto and S. Widodo, Pengenalan Teknologi Vakum, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2017.
- [6] M. A. Nozdrin, V. V. Kobets, A. N. Trifono, G. D. Z. A. S. Shirkov and I. I. Movikov, "Design of The New Control System for Linac-200," *Physics and Technique of Accelerators*, pp. 600-603, 2020.
- [7] D. P. Amadea, Pengembangan Sistem Akuisisi Data Sumber Tegangan Tinggi Cockcroft-Walton untuk Mendukung Viali Arjuna 1.0, Yogyakarta: Poltek Nuklir, 2022.
- [8] R. A. Muhammad, Pengembangan Sistem Akuisisi Data Arus Filamen Sumber Elektron pada MBE Arjuna 1.0, Yogyakarta: Poltek Nuklir, 2022.

- [9] V. A. Sari, Pengembangan Perangkat Lunak Akuisisi Data Sistem vakum Mesin Berkas Elektron Arjuna 1.0, Yogyakarta: Poltek Nuklir, 2022.
- [10] M. A. Aziz, Akuisisi Data Sistem Optik pada Mesin Berkas Elektron Arjuna 1.0, Yogyakarta: Poltek Nuklir, 2022.