

PEMBUATAN PERANGKAT INSTRUMENTASI DAN KENDALI CATU GAS PADA SUMBER ION SIKLOTRON

Saminto dan Silakhuddin

Pusat Teknologi dan Akselerator dan Proses Bahan, BATAN

E-mail: ptaph@batan.go.id

ABSTRAK

PEMBUATAN PERANGKAT INSTRUMENTASI DAN KENDALI CATU GAS PADA SUMBER ION SIKLOTRON. Suatu perangkat untuk mencatu gas hidrogen ke dalam sumber ion siklotron telah dibuat. Perangkat tersebut terdiri atas komponen-komponen instrumentasi dan komponen kendali. Komponen instrumentasi terdiri atas instrumentasi untuk reservoir gas, valve buka-tutup aliran gas, valve yang dapat diatur dan pengukur debit aliran gas. Komponen kendali berfungsi untuk mengatur operasi valve dan memantau kondisi bukaan valve dan laju aliran gas. Komponen-komponen dalam perangkat ini telah diuji pada sistem perangkat uji sumber ion. Kinerjanya telah memenuhi kriteria disain yaitu dapat mencatu gas hidrogen dalam kisaran debit 0-20 cc/menit. Secara umum dapat dikatakan bahwa perangkat catu gas siap untuk digunakan dalam eksperimen uji untuk optimasi parameter operasi sumber ion.

Kata kunci: perangkat catu gas, sumber ion, siklotron.

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF INSTRUMENTATION AND CONTROL DEVICES OF GAS SUPPLY OF CYCLOTRON ION SOURCE. A device to supply hydrogen gas into the ion source of the cyclotron has been made. The device consists of the components of instrumentation and control. Instrumentation components consist of instrumentation for gas reservoir, a valve for opening and closing of the gas flow, a valve that can be controlled and a gauge for measuring of gas flow rate. Component control serves to regulate and to monitor the operation status of valve and monitoring the amount of valve opening and gas flow rate. The components in these devices have been tested in the ion source system test device. Its performance meet with the design criteria that can supply hydrogen gas in the range of 0-20 cc/min. In general it can be said that the gas supply is ready for use in the experiments for optimization of the operating parameters of the ion source.

Keywords: gas supply device, the ion source, the cyclotron.

PENDAHULUAN

Suatu sumber ion jenis *Penning Ionization Gauge* (PIG) untuk siklotron pemercepat ion H⁻ seperti pada disain siklotron DECY 13 memerlukan sistem catu gas hidrogen dari perangkat catu gas. Pada sumber ion tersebut, molekul-molekul gas hidrogen diionisasi di dalam ruang anoda sumber ion dan pada umumnya operasi tekanan gas di antara 10⁻⁴ hingga 10⁻¹ Torr^[1]. Siklotron pemercepat H⁻ pada umumnya memerlukan kevakuman yang relatif tinggi di dibanding siklotron pemercepat H⁺, oleh karena itu di dalam ruang ionisasi sumber ion juga diperlukan tekanan yang rendah yaitu sekitar 10⁻⁴ Torr. Dari simulasi yang sudah dilakukan dengan geometri ruang ionisasi yang sudah ada dengan tekanan 10⁻⁴ Torr akan dicapai pada debit alir gas sekitar 5 cc/menit^[2].

Suatu perangkat instrumentasi dan kendali catu gas untuk sumber ion siklotron sudah dibuat dan

diinstalasi pada perangkat uji sumber ion. Jika siklotron sudah dilakukan proses instalasi, maka perangkat catu gas ini dapat diintegrasikan pada sistem siklotron. Dikarenakan sistem siklotron belum terwujud, maka pengujian perangkat catu gas ini diuji pada perangkat uji sumber ion.

Di dalam sistem ini, gas hidrogen dialirkan dari suatu tabung gas bertekanan tinggi yang alirannya dikendalikan oleh *valve* buka-tutup. *Valve* tersebut dapat diatur secara halus (*variable valve*) dan debit alirannya dipantau dengan suatu pengukur laju alir massa gas. Ruang lingkup rancangbangun perangkat instrumentasi dan kendali unit catu gas ini adalah pemasangan komponen-komponen dan pembuatan unit pengendali dan pemantauan. Komponen-komponen yang dipasang terdiri atas komponen-komponen *variable valve* yang disebut *proportionating solenoid valve* (PSV), *driver PSV* (PSV-D) dan meter laju alir gas yaitu *mass flow meter* (MFM). Pembuatan unit pengendali dan

pemantauan terdiri atas pengendali untuk PSV-D dan pemantauan prosentase bukaan dari PSV.

TATA KERJA

1. Persyaratan Desain

Berdasar kajian sebelum ini, perangkat catu gas hidrogen dari tabung gas bertekanan tinggi ke *head* sumber ion dengan debit aliran sekitar 0-20 cc/menit. Laju alir dapat diatur dengan tingkat kehalusan 0,1 cc/menit. Aliran gas juga dapat dikendalikan bukatutup dengan cepat untuk keperluan khusus. Perangkat catu gas memberikan sinyal ijin ke catu tegangan katoda pada sumber ion, hal ini untuk mencegah tegangan yang terlampaui tinggi di antara katoda dan anoda^[3].

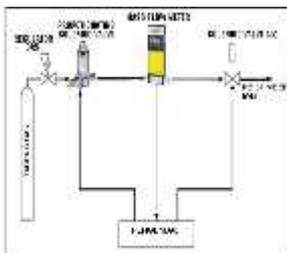
2. Prosedur Rancangan dan Pembuatan

1. Dari persyaratan desain dan obyek rancangan ditentukan spesifikasi komponen yang diperlukan, dengan mempertimbangkan ketahanan operasi dan spesifikasi komponen yang tersedia dalam referensi produk (katalog dll).
2. Dengan melihat data-data dari komponen-komponen yang ada, dibuat komponen kendali dan monitoring yang diperlukan.
3. Komponen-komponen dirakit menjadi perangkat dan diuji coba pada perangkat uji sumber ion.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat Catu Gas

Rangkaian instrumentasi dan kendali catu gas diperlihatkan pada Gambar 1. Gas hidrogen dari reservoir tabung gas mengalir keluar melalui *valve* utama dengan tekanan disesuaikan terhadap kekuatan tekanan komponen-komponen yang akan dilewati. Debit gas diukur oleh *proportionating solenoid valve* (PSV) dan debit alirnya dipantau dengan *mass flow meter* (MFM). Solenoid *valve* NC digunakan untuk membuka dan menutup aliran gas secara mutlak. Sistem kontrol terdiri atas kendali PSV (*driver* dan monitoring prosentase bukaan) dan kendali untuk solenoid *valve* NC. Deskripsi dari komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut.

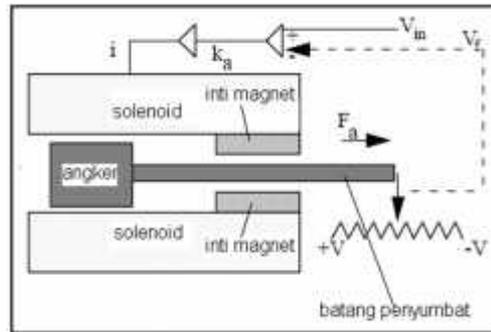


Gambar 1. Perangkat instrumentasi dan kendali catu gas.

1. Proportionating solenoid valve (PSV)

PSV adalah *valve* yang berfungsi berfungsi untuk mengatur jumlah debit alir gas dari reservoir gas ke sumber ion. Variasi bukaan *valve* sebanding dengan arus listrik yang diberikan oleh *driver* PSV (pada Gambar 1 PSV-D tidak diperlihatkan). Untuk keselamatan, *valve* ini adalah jenis *normally closed*, sehingga tertutup apabila tidak diberikan daya.

Prinsip kerja dari PSV dapat dijelaskan seperti pada Gambar 2^[4].



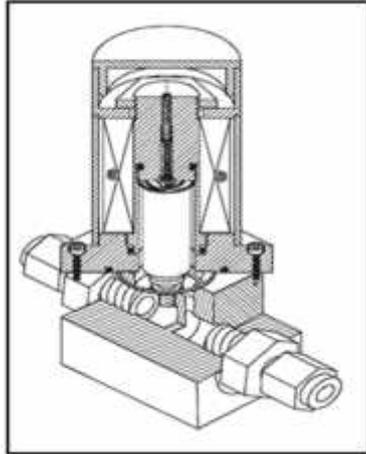
Gambar 2. Skema dari PSV.

Arus listrik i yang dibangkitkan oleh catu tegangan V_{in} akan mengaktifkan solenoid yang menimbulkan kemagnetan pada inti magnet dan selanjutnya menarik anker (material bersifat magnet) dengan gaya F_a . Anker yang berubah posisinya berarti merubah posisi dari batang penyumbat aliran gas. Gerakan tarikan terhadap anker pada posisi tertentu akan diimbangi oleh gaya tolak pegas. Suatu resistor dan sumber tegangan V akan mengkonversi nilai posisi pegas menjadi tegangan V_f , dan bila V_f sudah sama dengan V_i catu arus akan berhenti. Posisi seimbang tersebut menggambarkan kondisi dari batang penyumbat yang proportional dengan arus i .

Pada subsistem catu gas ini digunakan PSV buatan AALBORG model PSV-1 yang mempunyai spesifikasi^[5]:

Daya input	0 to 30 VDC
Keperluan arus maksimum	400 mA
Tipe operasi	<i>Normally closed</i> (nc)
Koneksi	1/4 inch <i>Compression fittings</i> , optional: 1/8 inch and 3/8 inch
Dimensi	90.2 mm <i>high</i> x 3.25 82.6 mm <i>long</i> (with fittings) x 25.4 mm <i>deep</i> .
Tekanan maksimum	3448 kPa
Tekanan diferensial maksimum	50 psig (345 kPa).

Gambar *assembly* dari PSV ditunjukkan pada Gambar 3.

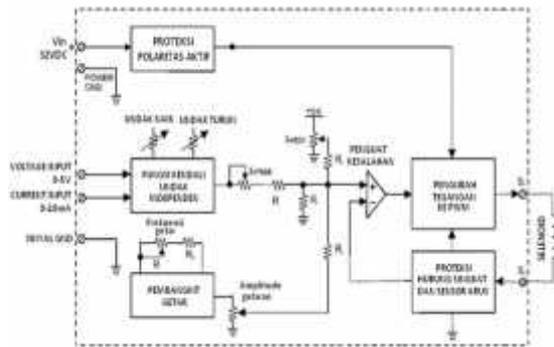


Gambar 3. Assembly dari PSV

2. PSV-Driver (PSV-D)

Modul PSV-D *driver* digunakan untuk mengatur pembukaan/penutupan PSV. Untuk mengontrol solenoid, pada *driver* digunakan tegangan 0–5 V atau arus 4-20 mA sebagai referensi proporsional pengontrol daya keluaran PSV. Dengan menambah atau mengurangi sinyal referensi ini akan mengatur volume gas atau cairan yang melewati PSV. PSV tertutup ketika sumber tegangan tidak ada (*normally closed*).

Rangkaian elektronik dari *driver solenoid valve* ditunjukkan pada Gambar 4.



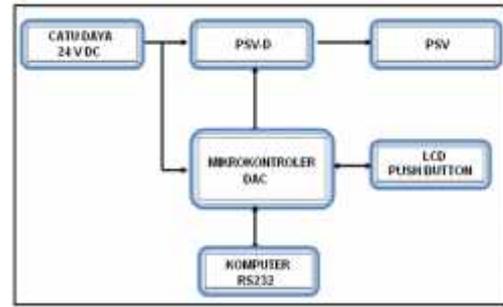
Gambar 4. Rangkaian driver *proportionating solenoid valve* (PSV-D).

Spesifikasi dari PSV-D adalah [5]:

Koneksi	9 pin male "D" konektor untuk <i>input/output signal</i> .
Input Power	24VDC/0,5 A, dengan konektor DC <i>plug listrik</i> (tengah positif).
Input signal	0 sampai 5VDC atau 4 sampai 20mA
TTL ON/OFF	<i>Jumper</i> dipilih RENDAH (0VDC) OFF, TINGGI (5VDC) ON
Valve Output Power	<i>Jumper</i> dipilih untuk +15V, +22V, dan +29VDC (<i>default</i> 22VDC).

3. Kendali PSV

Kendali dari PSV adalah kendali tegangan *input* yang diumpangkan ke PSV-D. Diagram blok dari kendali tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram blok pengendali PSV

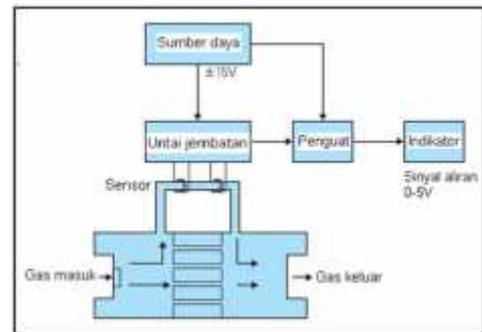
Hasil pengujian dari pengendali tersebut berupa nilai tegangan *output* ke *valve* pada pengendali sebagai fungsi tegangan *input* nya, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian pengendali *valve*

No	Tegangan <i>input</i> , Volt	Tegangan <i>output</i> ke <i>valve</i> , Volt
1	0	4,98
2	1	8,34
3	2	11,54
4	3	15,43
5	4	18,66
6	5	22,24

4. Mass flow meter (MFM)

Prinsip kerja dari *mass flow meter* ditunjukkan pada Gambar 6 [6].

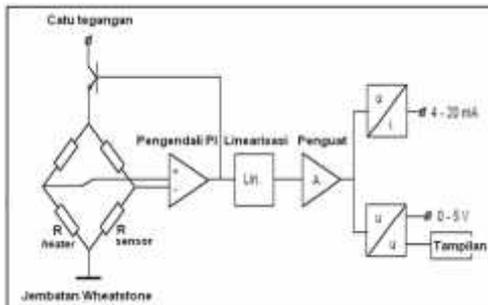


Gambar 6. Skema *mass flow meter*

Aliran gas memasuki transduser aliran massa dibagi dengan mengambil sebagian kecil dari aliran melalui suatu tabung sensor baja *stainless kapiler*. Sisa gas mengalir melalui saluran aliran utama. Geometri dari saluran primer dan tabung sensor yang dirancang untuk memastikan aliran bersifat laminar di setiap cabang. Sesuai prinsip-prinsip dinamika fluida, kecepatan aliran gas dalam dua saluran aliran laminar sebanding satu sama lain. Oleh karena itu, laju aliran yang diukur dalam tabung sensor adalah

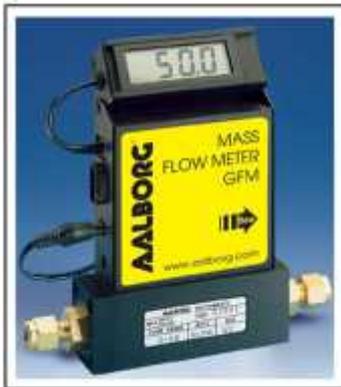
berbanding lurus dengan arus total melalui transduser.

Untuk merasakan aliran dalam tabung sensor, fluks panas dihadirkan pada dua bagian dari tabung sensor menggunakan kumparan pemanas-sensor yang terlilit secara presisi. Panas di pindahkan melalui dinding tipis dari tabung sensor ke gas yang mengalir di dalam. Ketika aliran gas berlangsung, panas dibawa oleh aliran gas dari kumparan hulu ke kumparan hilir. Perbedaan tahanan akibat perbedaan panas dideteksi oleh untai jembatan. Gradien terukur pada gulungan sensor berbanding linear dengan laju sesaat aliran terjadi. Sinyal *output* dihasilkan yang merupakan fungsi dari jumlah panas yang dibawa oleh gas menunjukkan laju alir berbasis massa-molekular yang terjadi. Rangkaian pengolah sinyal dari debit aliran gas ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema rangkaian pengolahan sinyal pada MFM

Sebuah *mass flow meter* secara utuh ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Mass flow meter secara utuh

Pengujian Perangkat

Data-data berikut adalah hasil pengujian untuk mengetahui apakah fungsi komponen-komponen sudah sesuai dengan persyaratan desain seperti yang sudah disebutkan dalam bab Tata Kerja.

1. Uji fungsi *proportionating solenoid valve* PSV

Diuji fungsi PSV untuk melihat fungsi dalam pengaturan aliran gas yang terkendali. Caranya dengan memberi nilai tegangan yang divariasi dan dilihat penunjukan debit aliran pada *mass flow meter*.

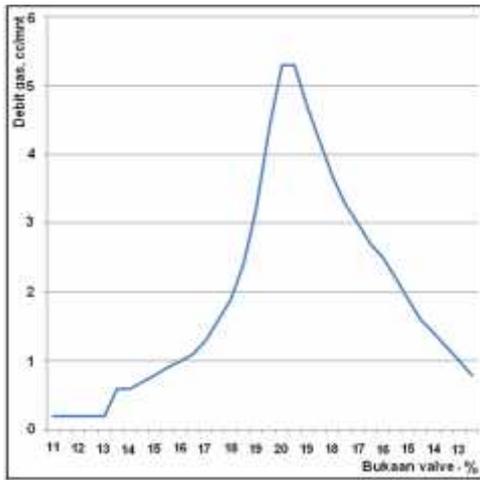
Dalam uji coba ini nilai tegangan sudah dikonversi menjadi nilai prosentase kondisi buka dari *valve*. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian fungsi *proportionating solenoid valve*

No	Nilai bukaan <i>prop. valve</i> , %	Debit gas pada <i>mass flow meter</i> , sccm
0	0	0.0
1	1	0.0
2	2	0.0
3	3	0.0
4	4	0.0
5	5	0.0
6	6	0.0
7	7	0.0
8	7,5	0.0
9	8	0.0
10	8,5	0.0
11	9	0.1
12	9,5	0,3
13	10	0,6
14	10,5	1,1
15	11	1,9
16	11,5	2,7
17	12	3,7
18	12,5	5,3
19	13	7,5
20	13,5	11,3
21	14	15,6
22	14,5	21,7
23	15	39,2

Data-data pada tabel 2 menunjukkan bahwa:

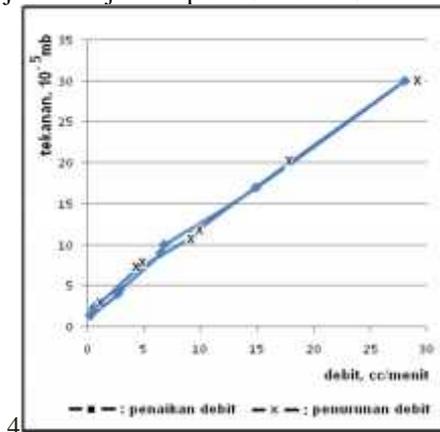
- Persyaratan disain yang ditetapkan agar perangkat dapat mencatu gas dengan laju aliran di sekitar 0-20 cc/menit sudah terpenuhi. Kehalusan laju alir dapat diatur dengan tingkat kehalusan 0,1 cc/menit juga terpenuhi.
- Walaupun *valve* sudah mulai buka tetapi belum terjadi aliran dan aliran baru terdeteksi sewaktu prosentase buka *valve* pada nilai sekitar 9%. Ini berarti *flow meter* belum peka dalam mendeteksi suatu aliran gas sebesar gas yang mengalir bila pembukaan *valve* kurang dari 9%.
- Linearitas antara prosentase buka *valve* dengan debit aliran tidak terjadi, tetapi hanya terdapat proporsionalitas, hal ini dapat terlihat dari hasil pengujian lainnya yang disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan prosentase bukaan PSV dengan debit gas yang terukur pada MFM

2. Uji fungsi mass flow meter (MFM)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan fungsi dalam monitor debit gas yang dicatukan ke dalam sumber ion. Caranya dengan memvariasi nilai prosentase buka dari *variable proportional valve* kemudian diamati nilai penunjukkan pada *mass flow meter* dan diamati nilai tekanan pada sistem vakum perangkat uji sumber ion untuk pembandingan. Hasil Pengujian ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan penunjukan debit pada MFM dengan tekanan pada ruang vakum sistem uji sumber ion

Dari data-data tersebut menunjukkan bahwa,

- Penunjukan debit aliran memang ada karena adanya kenaikan tekanan penurunan kevakuman apabila penunjukan debit semakin naik.
- Ditinjau dari pengaruh debit terhadap kevakuman, maka pengaruh pada saat kenaikan debit kurang lebihnya sama dengan pengaruh penurunan debit. Hal ini ditunjukkan adanya kedua kurva yang berimpit. Kedua kurva juga menunjukkan adanya proporsionalitas dan linearitas antara debit dengan

tekanan. Jika dibandingkan dengan kinerja dari PSV, maka kinerja dari MFM lebih sesuai sebagai acuan untuk mengatur tekanan gas di dalam sumber ion.

KESIMPULAN

Perangkat instrumentasi dan kendali catu gas untuk sumber ion siklotron telah dibuat dan telah diuji fungsi. Perangkat tersebut terdiri atas reservoir tabung gas, *proportionating solenoid valve* (PSV) yang berfungsi untuk mengatur debit gas, *mass flow meter* (MFM) untuk mengetahui besarnya debit gas dalam ukuran cc/menit, solenoid valve NC untuk mengatur buka-tutup aliran gas dan pengendali yang berfungsi untuk mengatur dan menampilkan prosentase bukaan PSV. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa adanya proporsionalitas prosentase bukaan pada PSV dengan laju alir yang ditunjukkan pada MFM, tetapi tidak terdapat linearitas. Proporsionalitas dan linearitas terjadi antara penunjukan MFM dengan tingkat kevakuman pada sistem vakum perangkat uji sumber ion, sehingga MFM lebih baik untuk acuan dalam pengaturan tekanan gas di dalam sumber ion. Secara umum dapat disimpulkan bahwa perangkat catu gas ini dapat dan siap dimanfaatkan untuk eksperimen uji sumber ion.

DAFTAR PUSTAKA

- Rovey J.L., (2008), Design Parameter Investigation of a Cold Cathode Penning Ion Source for General Laboratory Applications, Journal of Plasma Science and Technology, 17(3). DOI.
- Fajar H., (2012), Pengaruh Variasi Geometri Housing Pada Head Sumber Ion Terhadap Distribusi Tekanan Hasil Perhitungan Dengan Metode CFD, Skripsi Strata 1, Fakultas MIPA UNY.
- Silakhuddin dkk, (2012), Penentuan Parameter Komponen Perangkat Uji Sumber Ion Siklotron, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, ISSN 1411-1349, Vol 14, PTAPB-BATAN.
- <http://www.iranfluidpower.com/pdf/All%20hydraulics/Proportional%20Valves.pdf>, diunduh pada 23 Mei 2013.
- Aalborg Catalogue 2011, Aalborg Instruments, New York USA.
- http://www.kofloc.co.jp/kofloc_e/product/prin_mass_flow.html, diunduh pada 22 Mei 2013.

TANYA JAWAB

Aminus Salam

- Bagaimana prinsip kerja perangkat instrumentasi dari kendali catu gas pada sumber ion siklotron?

Saminto

- Setelah semua komponen/alat dihidupkan, maka regulator pada tabung gas dibuka. Selanjutnya mulai mengatur aliran gas dengan membuka valve ke NO (normally

open). Langkah selanjutnya mengatur bukaan valve lewat tombol pada panel kendali dengan indikator buka dalam persen (%). Laju aliran gas dapat dibaca lewat mass *flow meter* (MFM).