

## REDESAIN SISTEM PENGISIAN DETEKTOR GEIGER-MULLER DENGAN ISIAN GAS TEKANAN RENDAH

Kristiyanti<sup>1</sup>, Irianto<sup>2</sup> Sumarmo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir BATAN

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN

### ABSTRAK

*REDESAIN SISTEM PENGISIAN DETEKTOR GEIGER-MULLER DENGAN ISIAN GAS TEKANAN RENDAH. Tujuan redesain ini adalah untuk menentukan sistem yang tepat untuk pengisian gas dengan tekanan 0,2mmHg. Metoda redesain adalah dengan menghitung volume sistem pengisian yang sudah ada, dan mengubah standar operasi pengisian, dan kemudian menetapkan kemungkinan untuk melakukan redesain sistem pengisian tersebut, agar diperoleh tekanan gas yang diinginkan. Dari hasil pengkajian ini diperoleh empat kemungkinan untuk melakukan redesain yaitu mengubah operasi standar dan menambah jumlah detektor yang diisi, menambah reservoir gas dan menambah valve, menambah manometer tertutup dan valve, menambah manometer tertutup reservoir gas dan valve. Hasil kajian menunjukkan bahwa dengan metoda pertama akan diperoleh tekanan pengisian 0,2mmHg, jika detektor yang diisi paling tidak sekitar 30 buah. Dengan metoda kedua, untuk memperoleh tekanan pengisian 0,2mmHg diperlukan penambahan reservoir gas dengan volume 2 liter. Metoda ketiga dengan membuat volume diantara valve dan manometer tertutup sebesar 30 cc, diperoleh tekanan pengisian gas sekitar 0,2mmHg. Sedangkan metoda keempat adalah menambah manometer tertutup dan reservoir gas pada saluran pengisian gas, sehingga dapat dengan mudah mengatur tekanan pengisian ruang sekitar manometer tertutup tersebut untuk memperoleh tekanan pengisian 0,2mmHg. Berdasar pada hasil rancangan ini dapat disimpulkan bahwa keempat metoda dapat digunakan untuk pengisian gas tekanan rendah, dengan syarat bahwa volume pengisian awal  $V_1$  harus seperseribu volume akhir pengisian  $V_2$ .*

*Kata kunci : detektor isian gas, tekanan rendah*

### ABSTRACT

*REDESAIN OF THE LOW GAS FILLING SYSTEM FOR GAMMA AND X-RAY DETECTOR. The purpose of the redesign is to determine of the appropriate system for gas filling up to 0.2 mmHg by pressure. Method of this design is recite of the filling system in that system has been fate, and if possible is to determine for redesign the filling system, where the gas filling can filled by pressure closed to the design. Four methods can be carried out for the gas filling redesign. The first method is change the standard operation and added some of the detector tubes. The second method is to install a reservoir gas and valve on the piping systems. Addition of the closed manometer and valve is the third methods. The last methods is added the closed manometer, gas reservoir, and valve. Results of this studied shows that the first method will be found the filling pressure about 2 mmHg if at least 30 detectors must be filled. The second methods shows that 0.2mmHg filling pressure will be reached if the 2 liters reservoir gas volume must be added on the piping system. Furthermore, the 0,2mmHg filling pressure will be reached if the piping volume valve and closed manometer about 30cc, where this methods is called the third methods. The last methods is added the closed manometer and reservoir gas on the gas filling system, so the gas can be easy to put in order 0,2mmHg filling pressure.*

*The conclusion of these methods is that four methods can be used for the low gas filling if the volume  $V_1$  as early filling is one per thousand by volume  $V_2$  as last gas filling process.*

*Keywords : gas filling detectors, low pressure*

## 1. PENDAHULUAN

Banyak jenis detektor radiasi nuklir dibuat, namun secara umum dapat dibagi dalam empat kelompok, yaitu detektor radiasi yang berisi gas, detektor solid state, detektor sintilasi dan detektor yang bekerja terkait dengan visual atau imaging. [1]

Detektor radiasi nuklir yang berisi gas terbagi menjadi lima jenis yaitu detektor kamar ionisasi, detektor proporsional, detektor Geiger-Muller, *spark chamber* dan *multiwire proportional counter*. Untuk menentukan intensitas radiasi nuklir dapat dibagi menjadi dua, yaitu detektor dengan isian gas tekanan tinggi atau di atas tekanan atmosfer, dan detektor dengan isian gas tekanan rendah atau di bawah tekanan atmosfer. Detektor radiasi nuklir dengan gas isian tekanan tinggi biasanya digunakan untuk pengukuran energi radiasi nuklir, sedangkan detektor dengan isian gas tekanan rendah digunakan untuk pengukuran aktivitas atau intensitas radiasi nuklir. [2] Pada kegiatan perancangan ini dipilih detektor dengan gas isian tekanan rendah, khususnya detektor Geiger-Muller, yang sampai sekarang banyak digunakan untuk pengukuran maupun monitoring aktivitas atau intensitas radiasi. [3]

Untuk keperluan fabrikasi detektor ini, diperlukan suatu sistem pengisian gas yang memenuhi persyaratan pada saat digunakan untuk pengisian. Sistem pengisian ini dapat dibuat dari pipa gelas, karena mudah membuatnya, dan praktis, sesuai dengan bagian pengisian pada tabung detektor, serta *out-gassing* (penguapan permukaan) gelas cukup kecil, sehingga tidak mengganggu gas isian yang digunakan. [4]

## 2. METODA PELAKSANAAN

Untuk melakukan suatu perancangan diperlukan pengetahuan terkait dengan persyaratan untuk penggunaan sistem pengisian, yang dalam hal ini disebut persyaratan pengguna. Persyaratan ini antara lain adalah sistem pengisian gas harus mampu divakum sampai  $10^{-6}$  mmHg, dapat digunakan untuk pengisian gas dengan tekanan 0,2 mmHg, dan sistem perpipaan harus tahan

terhadap gas halo-gen. Persyaratan ini diperlukan dalam penentuan desain secara umum, di mana persyaratan ini biasanya merupakan spesifikasi yang harus dipenuhi.

Untuk keperluan pemvakuman sampai  $10^{-6}$  mmHg, penguapan permukaan sistem perpipaan harus kecil, kran atau valve harus sesuai untuk vakum tinggi, jenis *grease valve* juga harus untuk vakum tinggi, manometer harus mampu dibaca untuk pengisian gas isian tekanan rendah. Sampai saat ini, sistem pengisian yang digunakan di PTAPB masih menggunakan manometer terbuka sebagai alat ukur tekanan pengisian, seperti terlihat pada Gambar 1. [5] Manometer ini masih menggunakan skala cmHg, sehingga menyulitkan pembacaan tekanan gas isian di bawah 1 mmHg. Untuk gas bromine dan argon yang diisikan masing-masing hanya dengan tekanan sekitar 0,2 mmHg. [6] Oleh karena itu, dicari upaya untuk mengisikan gas bromine dan argon sedemikian sehingga mendekati tekanan yang diinginkan sesuai dengan referensi yang digunakan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh tekanan seperti yang dikehendaki atau yang direncanakan.

Beberapa cara tersebut adalah sebagai berikut:

- mengubah prosedur pengisian
- menambah ruang reservoir gas
- menambah alat ukur tekanan dengan manometer tertutup
- menambah manometer tertutup dengan reservoir gas

Untuk melaksanakan perubahan dan atau penambahan reservoir gas dan manometer tertutup, maka harus dihitung terlebih dahulu volume sistem perpipaan pengisian yang sudah ada. Perpipaan ini meliputi saluran 1, 2, 3, 4, 5, dan 6, serta volume detektor yang akan diisi gas. Jika diasumsikan bahwa gas yang diisikan adalah gas ideal, maka berlaku persamaan 1 berikut [7]

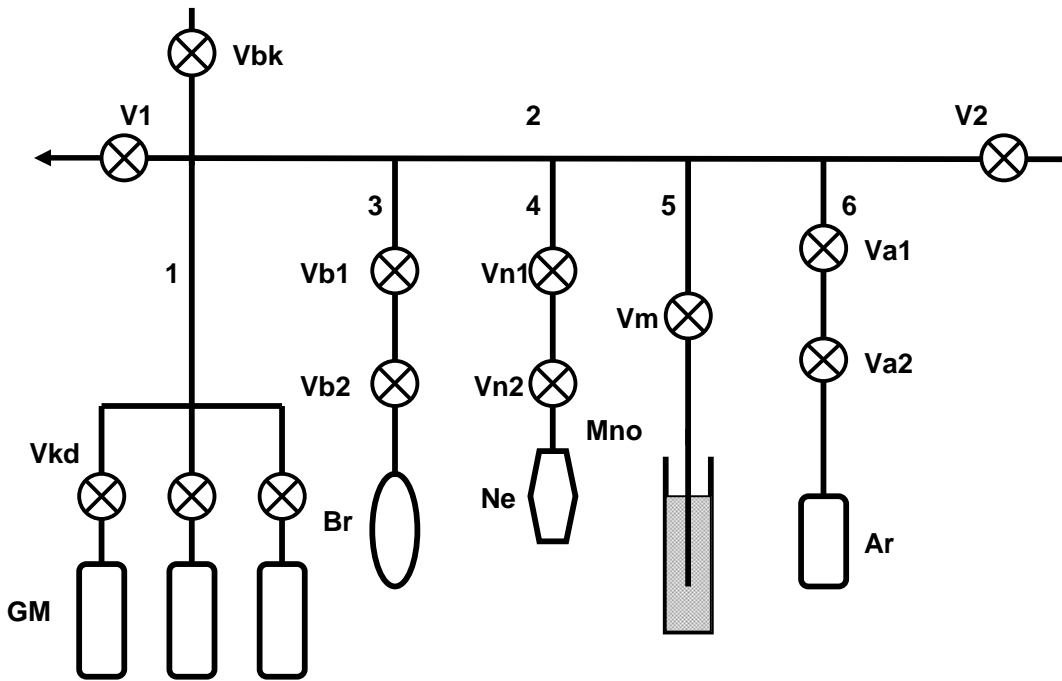
$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \dots\dots\dots (1)$$

dengan : P = tekanan gas isian  
V = volume perpipaian  
T = suhu gas isian

Karena  $T_1$  dan  $T_2$  sama, maka persamaan 1 akan menjadi :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan memanfaatkan persamaan 2, dan menganggap  $P_2$  adalah tekanan akhir gas isian, serta  $V_2$  adalah volume perpipaian dan tabung detektor, maka tekanan dalam tabung detektor dapat diperhitungkan. Hal ini juga berlaku untuk metoda kedua ketiga dan keempat, sehingga secara umum tekanan gas isian yang cukup kecil dapat didekati realisasinya.



Gambar 1. Sistem pengisian detektor di PTAPB yang sekarang digunakan

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| GM : detektor yang diisi                    | Vkd : valve detektor             |
| Br : Bromine cair                           | Vb1,2 : valve gas bromine        |
| Ne : tabung gas Neon                        | Vn1,2 : valve gas neon           |
| Ar : Tabung gas Argon                       | Va1,2 : valve gas argon          |
| Mno : manometer terbuka                     | V1 : valve ke vakum tinggi       |
| Vm : valve manometer                        | V2 : valve untuk meniupkan gelas |
| Vbk : valve pipa gelas bagian belakang      |                                  |
| 1 – 6 : saluran pipa gelas sistem pengisian |                                  |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Cara yang pertama adalah mengubah standar operasi yang selama ini dilakukan (dengan sistem perpipaian seperti Gambar 1) sebagai berikut

Pada saat pemvakuman, valve Vbk dan V2 tertutup, sedangkan V1, Vm, Vkd, terbuka. Bila pemvakuman telah mencapai  $10^{-6}$  mmHg (vakum tinggi), maka

valve V1 ditutup. Langkah selanjutnya adalah: pengisian gas untuk jenis gas yang akan diisi dengan tekanan rendah (dalam hal ini gas bromine dan argon) terlebih dahulu. Untuk mengisi gas bromine, Vb1 dibuka pelan-pelan dan ketika pada manometer terbaca tekanan 2mmHg, maka valve Vb1 ditutup kembali. Kemudian hal yang sama dilakukan

untuk gas isian berikutnya, yang tekanannya rendah. Dari pengisian ini, detektor GM terisi gas dengan tekanan sekitar 2mmHg. Pengisian gas yang terakhir adalah gas yang tekanannya cukup tinggi yaitu neon, dengan tekanan sekitar 200mmHg. Untuk memperkecil tekanan gas isian bromine dan argon, cara pengisian ini diubah sedikit dengan langkah sebagai berikut:

Setelah sistem divakum tinggi, maka Vkd ditutup (standar operasi adalah dibuka). Selanjutnya gas diisikan ke dalam perpipa-an 1-6. Tekanan gas yang terbaca pada manometer merupakan P1 dan volume perpipa-an 1-6 merupakan volume V1. Jika Vkd dibuka, maka tekanan sekarang menjadi P2 dan volume perpipa-an 1-6 plus detektor GM merupakan V2.

Dengan menggunakan persamaan 1, nilai P<sub>2</sub> akan diperoleh. Dengan cara ini akan diperoleh tekanan P<sub>2</sub> seperti pada Tabel 1, dengan asumsi Volume saluran = 220 cc, volume 1 buah detektor GM = 40 cc. Dari hasil tersebut terlihat bahwa bila diinginkan tekanan gas bromine atau argon sebesar 0,2mmHg, maka detektor yang diisi paling tidak harus 30 buah. Namun jika hanya 3 buah detektor GM yang diisi seperti sekarang ini, maka tekanan gas bromine dapat menjadi 1,3 mmHg, dengan asumsi tekanan pada manometer yang terbaca 2mmHg.

Tabel 1. Hasil perhitungan tekanan gas isian P<sub>2</sub> (bromine atau argon)

Jmlah dtektor	P <sub>1</sub> , mmHg	V <sub>1</sub> , cc	V <sub>2</sub> , cc	P <sub>2</sub> , mmHg
3	2	220	340	1,3
10	2	220	660	0,6
15	2	220	820	0,54
20	2	220	1020	0,43
30	2	220	1640	0,27

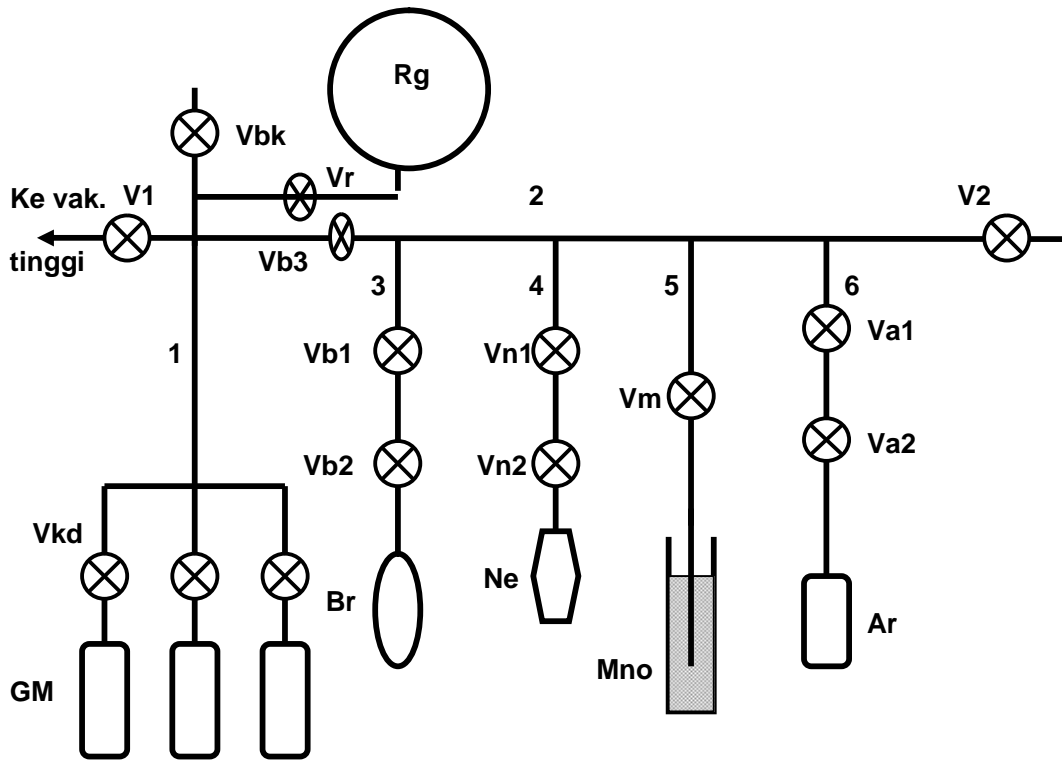
**b. Rancangan kedua dengan menambahkan reservoir gas dan valve**

Rancangan kedua dengan menambahkan reservoir gas pada saluran bagian belakang, yaitu Rg, seperti terlihat pada Gambar 2 dan valve Vb3. Besarnya volume reservoir gas Rg dengan Vb3 terbuka, dapat dihitung dengan persamaan 1, dan hasilnya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan akhir tekanan gas isian P<sub>2</sub> dengan penambahan reservoir Rg

Jmlah dtekr	P <sub>1</sub> , mmHg	V <sub>1</sub> , cc	VRg	V <sub>2</sub> , cc	P <sub>2</sub> , mmHg
3	2	220	500	795	0,55
3	2	220	1000	1295	0,34
3	2	220	1500	1795	0,25
3	2	220	2000	2295	0,19

Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa tekanan gas bromine dapat dicapai hanya dengan menambahkan reservoir gas dengan volume 2000cc. Hasil perhitungan ini juga dengan asumsi bahwa volume satu buah detektor 25cc, sehingga untuk tiga buah detektor mempunyai volume 75cc, volume saluran 220cc, dan tekanan gas 2 mmHg dapat terbaca pada manometer terbuka Mno. Sedangkan prosedur operasi adalah: bila sistem telah divakum tinggi, maka valve V1, Vr, Vkd ditutup, dan baru dibuka setelah gas Br dan Ar, dimasukkan. Jika valve Vb3 ditutup ketika akan dilakukan pengisian, maka volume Rg dapat diperkecil lagi. Dalam hal ini ketika valve Vb3 ditutup, volume V<sub>1</sub> hanya akan terdiri dari volume pipa 2-6, sedangkan VRg + Vpipa saluran satu + Vdetektor GM yang akan diisi.



Gambar 2. Sistem pengisian detektor dengan tambahan reservoir gas

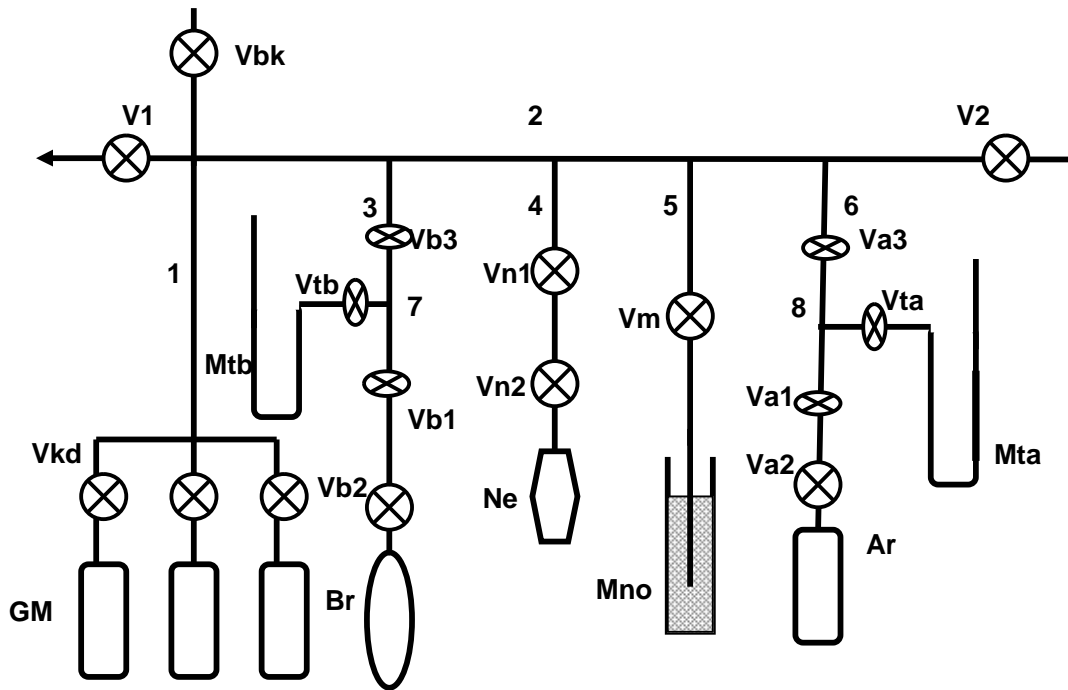
GM : detektor yang diisi  
Br : Bromine cair  
Ne : tabung gas Neon  
Ar : Tabung gas Argon  
Mno : manometer terbuka  
Vm : valve manometer  
Vbk : valve pipa gelas bagian belakang  
1 – 6 : saluran pipa gelas sistem pengisian

Vkd : valve detektor  
Vb1,2 : valve gas Bromine  
Vn1,2 : valve gas Neon  
Va1,2 : valve gas Argon  
V1 : valve ke vakum tinggi  
V2 : valve untuk peniupan gelas  
Vr : valve reservoir gas  
Rg : reservoir gas

**c. Menambah alat ukur tekanan dengan manometer tertutup**

Redesain yang ketiga adalah menambahkan manometer tertutup pada saluran pipa gas isian tekanan rendah, yang dalam hal ini adalah gas bromine dan argon seperti tampak pada Gambar 3 dengan cara pengisiannya sebagai berikut : setelah di vakum tinggi valve V1, Vb3, Va3, Vtb, dan Vta ditutup. Untuk pengi-

sian gas bromine, Vb1 dan Vtb dibuka dan tekanan gas bromine dapat dibaca pada manometer Mtb. Pembacaan ini sangat mudah, karena manometer dibuat dari pipa kapiler Pengisian ini sebenarnya sama dengan mengisi saluran pipa nomor 7. Volume ini sama dengan  $V_1$  dalam persamaan 2, dan tekanan yang terbaca pada manometer adalah  $P_1$ . Karena volume saluran 7 sudah diketahui sebelumnya, maka ketika Vb3 dibuka akan dengan mudah diketahui volume  $V_2$ , yaitu sama



Gambar 3. Sistem pengisian detektor dengan penambahan manometer tertutup

- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| GM : detektor yang diisi                    | Vkd : valve detektor                          | Vn1,2 : valve gas Neon  |
| Br : Bromine cair                           | Vb1,2 : valve gas Bromine                     | Va1,2 : valve gas Argon |
| Ne : tabung gas Neon                        | Vm : valve manometer                          |                         |
| Ar : Tabung gas Argon                       | Mno : manometer terbuka                       |                         |
| V1 : valve ke vakum tinggi                  | V2 : valve untuk meniup gelas                 |                         |
| Vbk : valve pipa gelas bag belakang         | Mta,Mtb : manometer tertutup untuk Argon-Neon |                         |
| 1 – 8 : saluran pipa gelas sistem pengisian |   |                         |

dengan  $V_{1-7}$  ditambah  $V_{kd}$ . Dengan demikian  $P_2$  (tekanan akhir gas bromine) dapat dengan mudah diperkirakan nilainya. Tabel 3 berikut merupakan hasil perhitungan secara teoritis dari sistem

pengisian gas dengan penambahan manometer tertutup. Demikian hal ini juga berlaku untuk pengisian gas argon atau gas lain yang tekanan pengisiannya rendah, dengan mengambil volume  $V_1$  sama dengan volume saluran pipa 8.

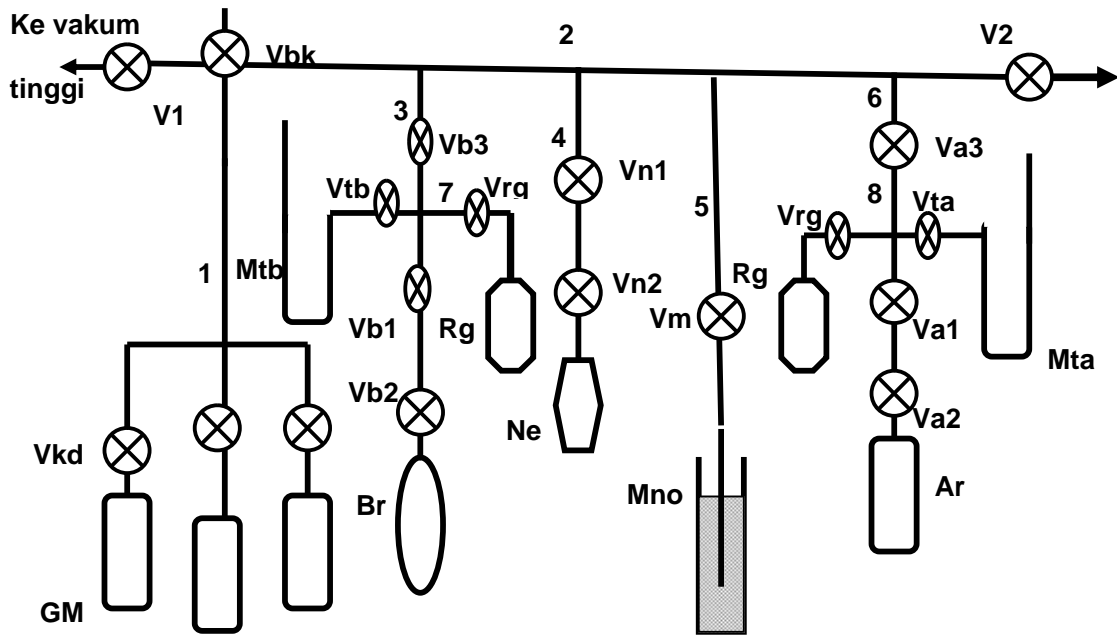
Tabel 3. Hasil perhitungan secara teoritis sistem pengisian gas.

Jmlah detektor	$P_1$ , mmHg	$V_1$ , cc	$V_2$ , cc	$P_2$ , mmHg
3, v = 75cc	5	50	75 + 220 + 50	0,73
3, v = 75cc	5	20	75 + 220 + 20	0,32
3, v = 75cc	2	50	75 + 220 + 50	0,29
3, v = 75cc	2	30	75 + 220 + 30	0,19
3, v = 75cc	2	40	75 + 220 + 40	0,24

#### d. Menambah manometer tertutup dan reservoir gas

Redisain cara keempat dengan menambah manometer tertutup dan reservoir gas adalah seperti terlihat pada Gambar 4. Mtb dan Mta adalah manometer tertutup dengan masing-masing diberi valve Vtb dan Vta, sedangkan sebagai reservoir gas adalah Rg dengan valvenya Vrg. Dalam proses pemvakuman, valve V1, Vb3, Vrg, Vtb, Va3, Vta, dibuka. Setelah kevakuman mencapai  $10^{-6}$  mmHg, valve V1, Vb3, Va3, dan Vrg ditutup, sedangkan valve Vtb dan Vta terbuka. Pada saat pengisian dengan gas bromine, Vb1 dibuka pelan-pelan, sehingga terbaca tekanan yang dikehendaki. pada manometer tertutup Mtb.

Tekanan yang terbaca pada manometer adalah  $P_1$ , sedangkan volume  $V_1$  adalah volume saluran 7. Ke-tika valve Vb3 atau Va3 dibuka, maka  $V_2$  menjadi volume saluran 1-7 ditambah de-ngan volume GM yang akan diisi. Se-dangkan tekanan gas pada GM sebagai  $P_2$  diharapkan menjadi sekitar 0,2mmHg. Dengan demikian tekanan gas bromine atau argon sesuai dengan referensi dapat dicapai.



Gambar 4. Sistem pengisian detektor dengan penambahan manometer tertutup dan reservoir gas

- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| GM : detektor yang diisi                    | Vkd : valve detektor                          | Vn1,2 : valve gas Neon  |
| Br : Bromine cair                           | Vb1,2 : valve gas Bromine                     | Va1,2 : valve gas Argon |
| Ne : tabung gas Neon                        | Vm : valve manometer                          |                         |
| Ar : Tabung gas Argon                       | Mno : manometer terbuka                       |                         |
| V1 : valve ke vakum tinggi                  | V2 : valve untuk peniupan gelas               |                         |
| Vbk : valve pipa gelas bag belakang         | Mta,Mtb : manometer tertutup untuk Argon-Neon |                         |
| 1 – 8 : saluran pipa gelas sistem pengisian |   |                         |



#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil redesain tersebut dapat disimpulkan bahwa keempat metoda tersebut dapat digunakan untuk dasar pembuatan sistem pengisian gas. Secara umum jika dikehendaki  $P_1/P_2$  menjadi seper-seribu maka  $V_2$  yang disediakan harus seribu kali  $V_1$ .

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini kami ucapkan terima kasih kepada Bp. Ir. Sri Mulyono Atmodjo yang telah membimbing dalam penyusunan makalah ini

#### 6. DAFTAR PUSTAKA.

1. TAIT, W. H, *Radiation Detection*, Publisher Butterworth & Co Ltd.London, United Kingdom, 1980.
2. ROSSI, BRUNO B. and STAUB, HANS H. *Ionization Chambers and Counters* McGraw-Hill Book Company, 1949.
3. WARDHANA, WISNU ARYA, *Teknologi Nuklir, Proteksi Radiasi dan Aplikasinya*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2007.
4. VARMA, B. P. *On Understanding Some properties of Glasses*, Optoelectronics Section, Bhabha Atomic Centre, Trombay, Bombay, 1985
5. SAYONO, *Pembuatan Detektor Geiger-Muller Tipe Jendela Samping Dengan Gas Argon, Alkohol, dan Bromine*, Presentasi Ilmiah Tanggal, 15 Juli 2009, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN, Yogyakarta, 2008
7. SHARPE, JACK. *Nuclear Radiation Detectors*, Methuen & Co. Ltd, 1955
8. DOUGLAS C, GIANCOLI, *Fisika*, Edisi Kelima, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2001