

PERAWATAN KOMPONEN IRADIATOR



Oleh
Sutadi, ST.

PELATIHAN PEKERJA IRADIATOR
YOGYAKARTA, 08 – 23 JUNI 2021

**PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2021**

DAFTAR ISI

	Halaman
BAB I. PENDAHULUAN	4
1.1. Pendahuluan	4
1.2. Maksud Perawatan Iradiator	4
1.3. Tujuan Perawatan Iradiator	4
1.4. Pentingnya Manajemen Perawatan	4
1.5. Pengertian Manajemen Perawatan	6
1.6. Tujuan Umum Program Manajemen Perawatan	7
1.7. Kompetensi Dasar dan Indikator Keberhasilan	7
BAB II. ORGANISASI OPERASI DAN PERAWATAN IRADIATOR	8
2.1. Organisasi Operasi dan Perawatan	8
2.2. Faktor-Faktor Dalam Organisasi Operasi dan Perawatan	10
BAB III. KONSEP DASAR PERAWATAN	12
3.1. Frekuensi Aktivitas Perawatan	12
3.2. Istilah Umum Dalam Pekerjaan Perawatan dan Perbaikan	12
3.3. Bentuk-Bentuk Perawatan	13
3.3.1. Perawatan Preventif (<i>Preventive Maintenance</i>)	13
3.3.2. Perawatan Korektif (<i>Corrective Maintenance</i>)	13
3.3.3. Perawatan Berjalan (<i>Running Maintenance</i>)	14
3.3.4. Perawatan Prediktif (<i>Predictive Maintenance</i>)	14
3.3.5. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (<i>Breakdown Maintenance</i>)	14
3.3.6. Perawatan Darurat (<i>Emergency Maintenance</i>)	15
3.4. Cara Lain Pengganti Perawatan	15
3.4.1. Perawatan Dengan Cara Penggantian (<i>Replacement Instead of Maintenance</i>)	15
3.4.2. Penggantian yang Direncanakan (<i>Planned Replacement</i>)	15
3.5. Kegiatan Perawatan Akselerator	16
3.5.1. Perencanaan Program dan Catatan Pelaksanaan Perawatan	16
3.5.1.1. Pekerjaan-Pekerjaan Perawatan Reguler (<i>Preventive</i>)	16

3.5.1.2. Pekerjaan Perawatan Pencegahan (<i>Protective</i>)	16
3.5.1.3. Pekerjaan-Pekerjaan Perawatan yang Tak Begitu Mendesak (<i>Not So Urgent Repair</i>)	17
3.5.1.4. Penambahan Instalasi	17
3.5.2. Prosedur Perawatan Praktis	18
3.6. Kesimpulan Umum Mengenai Konsep Dasar Perawatan	18
BAB IV. PERAWATAN IRADIATOR (AKSELERATOR)	20
4.1. Komponen-Komponen Akselerator	20
4.2. Sumber Elektron dan Sumber Ion	22
4.2.1. Sumber Elektron	22
4.2.1.1. Perawatan Sumber Elektron	23
4.2.1.2. Tindakan Perawatan pada Sumber Elektron	23
4.3. Sistem Pemercepat	24
4.3.1. Tabung Pemercepat	24
4.3.1.1. Perawatan Tabung Akselerator	25
4.3.2. Sumber Tegangan Tinggi	26
4.3.2.1. Generator Cockcroft-Walton.....	26
4.3.2.2. Perawatan Generator Cockcroft-Walton.....	28
4.4. Sistem Vakum	30
4.4.1. Pompa Rotary	30
4.4.2. Pompa Uap	32
BAB V. KESIMPULAN PERAWATAN KOMPONEN IRADIATOR	36
DAFTAR PUSTAKA	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Pendahuluan

Akselerator merupakan peralatan yang digunakan untuk mempercepat partikel bermuatan (elektron maupun ion), selanjutnya partikel yang dipercepat tersebut dimanfaatkan untuk mengiradiasi suatu material yang tergantung dengan aplikasinya. Akselerator (iradiator) yang dioperasikan baik secara kontinyu maupun secara periodik akan mengalami kerusakan. Untuk menanggulangi hal tersebut maka diperlukan manajemen perawatan yang baik terkait dengan perawatan preventif dan perawatan korektif.

1.2. Maksud Perawatan Komponen Iradiator (Akselerator)

Untuk melakukan berbagai tindakan yang diperlukan terhadap sistem akselerator (komponen-komponen utama dan pendukung) sesuai instruksi yang berkaitan.

1.3. Tujuan Perawatan Komponen Iradiator (Akselerator)

Menjaga agar kinerja sistem akselerator senantiasa dapat beroperasi optimal sesuai spesifikasinya, guna menopang keandalan operasi akselerator.

1.4. Pentingnya Manajemen Perawatan

Pentingnya fungsi perawatan merupakan faktor yang dominan dalam banyak hal antara lain pada peralatan dan mesin. Filosofi umum tentang manajemen telah berkembang kearah spesialisasi yang makin diperlukan.

Tujuan pembangunan dalam penelitian adalah untuk mendapatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Untuk menunjang kegiatan ini perlu diperhatikan bahwa:

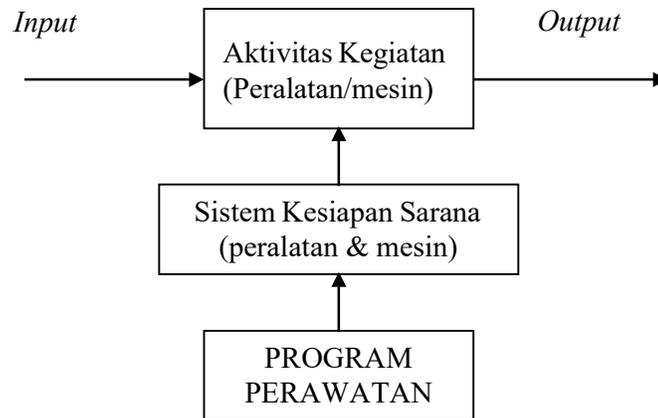
- a. Perangkat mesin yang dapat dioperasikan dengan baik.
- b. Peralatan pendukung yang handal.

Untuk memenuhi kondisi tersebut, proses perawatan harus dilaksanakan dengan cara yang efisien dan ekonomis sehingga peralatan dan mesin dapat beroperasi secara efektif dan dapat memenuhi penelitian yang ditargetkan. Kemajuan yang pesat sejalan dengan kemajuan teknologi menyebabkan timbulnya kebutuhan manajemen perawatan.

Usaha yang berkesinambungan dalam perawatan dilakukan untuk mengurangi kerusakan peralatan dan mesin atau menstabilkan operasinya. Walaupun faktor-faktor tersebut secara langsung dihadapi oleh para peneliti, namun hal itu akan berdampak dan sebagai tantangan terhadap bagian perawatan. Karena itu bagian perawatan harus maju sesuai dengan teknik mutakhir untuk terus melangkah mengimbangi kemajuan peralatan. Untuk mendukung kesiapan tersebut dan keandalannya, maka perawatan yang terprogram perlu direncanakan. Peranan program perawatan untuk mendukung penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.1.

Program perawatan harus benar-benar direncanakan sehingga waktu terhentinya aktivitas penelitian (*down time*) yang merugikan dapat dikurangi seminimum mungkin. Perawatan yang tidak memadai dapat mengakibatkan kehancuran fasilitas dan mesin yang sangat merugikan, tidak hanya dalam perbaikan-perbaikan dengan biaya yang mahal, tetapi juga kerugian penggunaan untuk penelitian berikutnya.

Dengan adanya peningkatan penelitian yang makin kompleks, canggih dan dengan perlengkapan modern, maka fungsi perawatan merupakan suatu bagian yang tak terpisahkan dari sistem penelitian. Kelancaran kegiatan penelitian akan tergantung pada keterampilan dan organisasi bagian perawatan yang baik disamping operatornya. Untuk kepentingan tersebut perlu adanya sistem manajemen perawatan yang mengatur seluruh aktivitas dalam bidang perawatan.



Gambar 1.1. Peranan program perawatan untuk mendukung penelitian

1.5. Pengertian Manajemen Perawatan

Pada bagian ini akan dijelaskan secara garis besar tentang pengertian manajemen perawatan, yaitu pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas yang dimiliki. Dasar pemikiran yang sehat dan logis adalah suatu persyaratan terbaik dalam mengorganisasi kegiatan perawatan. Pengorganisasian ini mencakup penerapan dari metode manajemen dan memerlukan perhatian yang sistematis. Hal ini merupakan pekerjaan yang harus dipertimbangkan secara sungguh-sungguh dalam mengatur semua perlengkapan, peralatan, material, tenaga kerja, biaya, teknik atau tata cara yang diterapkan dan waktu pelaksanaan perawatan.

Dengan mengetahui akan tujuan dan sistem manajemen yang diterapkan, diusahakan dapat mengatasi masalah, mengambil tindakan serta mengerti dengan jelas tentang problem yang perlu diselesaikan. Metode yang menunjang keberhasilan pekerjaan adalah dengan mengembangkan dan menggunakan suatu penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui pemikiran dan tindakan. Pelaksanaan pekerjaan perawatan perlu diorganisasikan secara umum dan wajar dengan memperhatikan pula kondisi lapangan. Dengan demikian, semua peralatan, material, dan teknik-teknik yang digunakan dapat diterapkan pada pekerjaan sehingga berdaya gunadan berhasil guna.

1.6. Tujuan Umum Program Manajemen Perawatan

Beberapa tujuan umum program manajemen perawatan adalah untuk menunjang aktivitas dalam bidang perawatan, yaitu:

- a. Memperpanjang waktu pengoperasian fasilitas yang dimiliki sehingga dapat digunakan secara maksimal dengan biaya perawatan yang minimal dan adanya proteksi yang aman baik untuk peralatan, mesin maupun personil dan lingkungannya.
- b. Menyediakan biaya tertentu dan informasi-informasi lainnya yang dapat menunjang penuh dalam bidang perawatan.
- c. Menentukan metode evaluasi prestasi kerja yang dapat berguna untuk manajemen secara umum dan bagi pengawas (*supervisor*) perawatan khususnya.
- d. Membantu dalam menciptakan kondisi kerja yang aman, baik untuk bagian operasi maupun personil perawatan lainnya dengan menetapkan dan menjaga standar perawatan yang benar.
- e. Meningkatkan keterampilan para pengawas dan para operator perawatan melalui latihan.

1.7. Kompetensi Dasar dan Indikator Keberhasilan

Setelah mengikuti pelajaran ini peserta akan memiliki **Kompetensi Dasar** untuk menjelaskan perawatan komponen-komponen utama akselerator dan **Indikator Keberhasilan** pencapaian kompetensi tersebut ditunjukkan oleh kemampuan dalam:

- a. Memahami dan mengetahui sehingga dapat menjelaskan perawatan komponen-komponen akselerator.
- b. Melakukan perawatan khususnya komponen-komponen utama akselerator.
- c. Melakukan perakitan khususnya komponen-komponen akselerator sehingga menjadi satu kesatuan yaitu akselerator sebagai iradiator dan dilanjutkan dengan kondisioning maupun komisioning.

BAB II

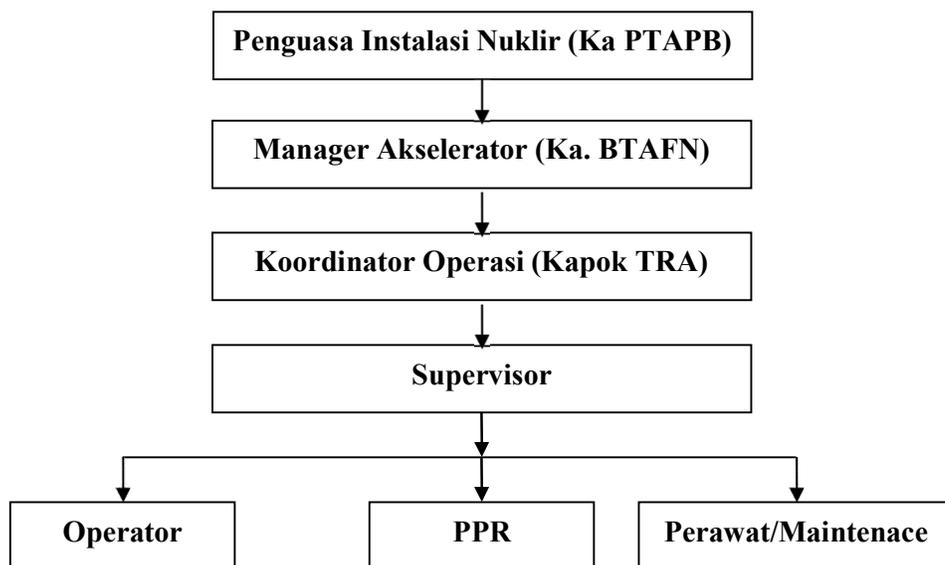
ORGANISASI OPERASI DAN PERAWATAN IRADIATOR

2.1. Organisasi Operasi dan Perawatan

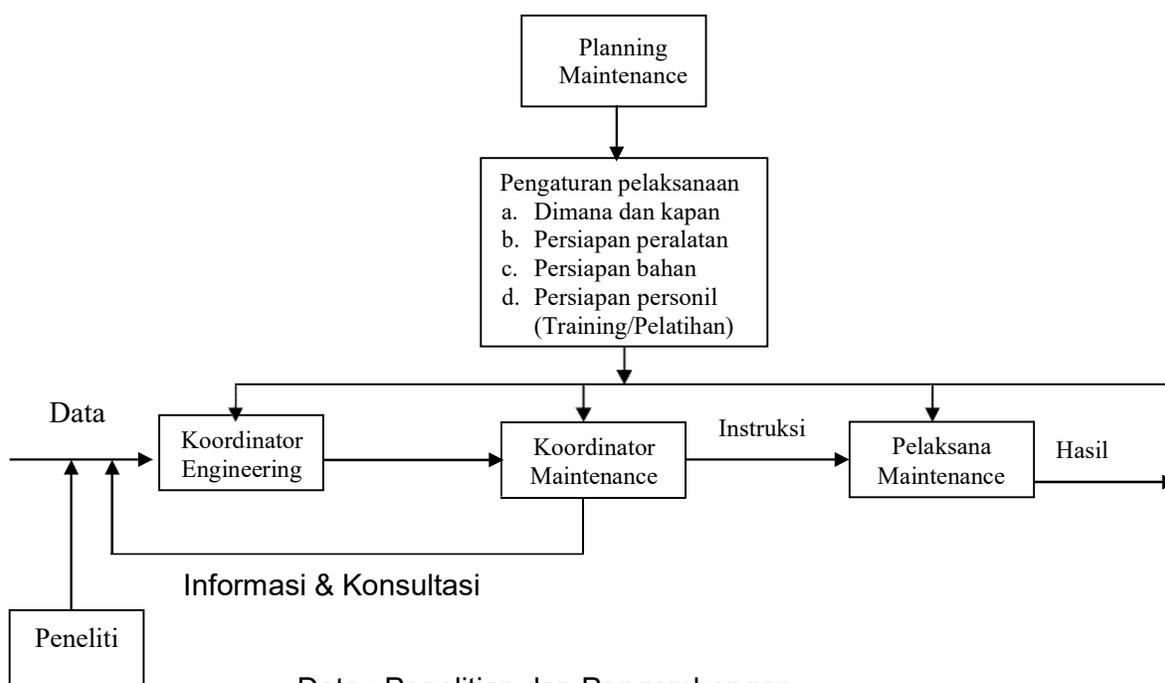
Dalam pengembangan suatu organisasi pekerjaan operasi dan perawatan, perlu diselaraskan secara tepat antara faktor-faktor keteknikan, geografis dan situasi personil yang mendukung. Beberapa konsep dasar dapat diterapkan dalam memantapkan suatu organisasi sehingga semua aktivitas dapat berjalan efektif. Di samping itu, berbagai faktor yang menyangkut masalah lokal harus dipertimbangkan dalam mengembangkan organisasi yang baik.

Satu hal khusus yang harus diperhatikan adalah bahwa struktur organisasi yang telah terbentuk tidak menimbulkan hubungan birokrasi semu, sehingga tidak menghambat kelancaran tugas. Hal yang penting adalah adanya hubungan nyata dan bersifat formal yang secara jelas membatasi wewenang serta tanggungjawab.

Organisasi dapat berhasil apabila memiliki batasan-batasan yang jelas, berdasarkan nilai kebenaran yang bersifat universal, disesuaikan dengan situasi setempat dan mempunyai staf yang saling mengerti serta menghargai persoalan masing-masing. Secara organisasi, struktur operasi dan perawatan akselerator ditunjukkan pada Gambar 2.1, sedangkan keberadaan *engineering* dalam fungsi perawatan ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Struktur organisasi pengoperasian Akselerator



Data : Penelitian dan Pengembangan

- a. Rancangan
- b. Analisa Teknik & Ekonomi
- c. Sistem & Prosedur

Gambar 2.2. Keberadaan *engineering* dalam fungsi perawatan

2.2. Faktor-Faktor Dalam Organisasi Operasi dan Perawatan

Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam pembentukan organisasi operasi dan perawatan adalah:

a. Jenis pekerjaan

Pekerjaan operasi dan perawatan kemungkinan dapat didominasi pada satu bidang tertentu (peralatan utama, peralatan pendukung, kelistrikan, instrumentasi). Perbedaan jenis pekerjaan tersebut akan menentukan karakteristik pekerjaan operasi dan perawatan serta jenis pengawasan yang diperlukan.

b. Kesenambungan pekerjaan

Pengoperasian peralatan/mesin selama aktivitas kegiatan. Sebagai contoh, sebuah peralatan/mesin beroperasi secara terus menerus atau terputus-putus, maka program perawatan preventif (*preventive maintenance*) harus dapat dilaksanakan tanpa mengganggu kegiatan. Dalam operasi peralatan/mesin secara terus menerus (*continuous operation*) semua fungsi perawatan hanya dapat dilaksanakan ketika peralatan/mesin sedang tidak dioperasikan. Tanggung jawab pelaksanaan pengoperasian dan perawatan ini perlu diatur mengenai waktu serta tenaga kerja yang melakukan.

c. Situasi geografis

Sistem pengoperasian dan perawatan sangat efektif apabila diterapkan pada kegiatan yang teratur atau tersusun dengan baik. Apabila sistem pengoperasian dan perawatan ini akan diterapkan pada sistem peralatan/mesin yang besar dan terpisah-pisah, maka harus dimodifikasi seperlunya. Sebuah peralatan/mesin besar dan bangunannya tersebar pada lokasi yang terpisah, sebaiknya mengadakan sistem pengoperasian dan perawatan di lokal masing-masing (desentralisasi). Sistem ini dapat menimbulkan beberapa bentuk organisasi secara paralel untuk jenis pekerjaan yang sama pada lokasi yang berbeda. Sedangkan pada peralatan/mesin yang kecil atau lokasinya berdekatan akan lebih baik menerapkan sistem perawatan terpusat (sentralisasi).

d. Kompleksivitas pengoperasian dan perawatan

Besar kecilnya kompleksivitas pengoperasian dan perawatan mempengaruhi jumlah tenaga operator dan perawat yang dipekerjakan, oleh karena itu perlu diperhitungkan dalam menentukan jumlah tenaga pengawas yang dibutuhkan. Pada suatu pengoperasian dan perawatan yang mempekerjakan banyak tenaga, beban pengawasan (*supervision density*) perlu diseimbangkan agar tercapai tingkat spesialisasi yang tinggi. Untuk pekerjaan pengoperasian dan perawatan yang besar tambahan tenaga pada suatu tingkat yang sama maupun pada staf pengawas dapat diterima, karena tambahan tersebut didistribusikan pada sejumlah besar pekerjaan. Pada pekerjaan pengoperasian dan perawatan yang kecil, tanggung jawab tiap-tiap pekerjaan dapat dirangkap, yaitu dengan mempekerjakan tenaga yang sedikit tetapi pekerja tersebut mempunyai kemampuan dalam menguasai berbagai bidang pekerjaan.

e. Ruang lingkup bidang pengoperasian dan perawatan

Bidang pengoperasian dan perawatan peralatan/mesin mempunyai ruang lingkup yang ditentukan menurut kebijaksanaan manajemen (*management policy*). Suatu organisasi pengoperasian dan perawatan yang dituntut melaksanakan fungsi primer dan sekunder tentu saja membutuhkan tenaga supervisi tambahan. Sedangkan organisasi pengoperasian dan perawatan yang fungsinya tidak terlalu luas hanya membutuhkan organisasi yang lebih sederhana.

BAB III

KONSEP DASAR PERAWATAN

Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti pada kondisi sebelumnya. Dari pengertian tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

- a. Fungsi perawatan sangat berhubungan erat dengan penggunaan peralatan/mesin.
- b. Peralatan yang dapat digunakan terus dengan baik merupakan hasilnya perawatan.
- c. Aktivitas perawatan banyak berhubungan erat dengan pemakaian peralatan, bahan/suku cadang, cara penanganan dan lain-lain.

3.1. Frekuensi Aktivitas Perawatan

Pekerjaan perawatan adalah untuk melakukan perbaikan yang bersifat kualitas, meningkatkan suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik. Banyaknya pekerjaan perawatan yang dilakukan tergantung pada:

- a. Batas kualitas terendah yang diizinkan dari suatu komponen.
- b. Batas kualitas lebih tinggi yang dapat dicapai dari hasil pekerjaan perawatan.
- c. Waktu pemakaian atau lama operasi yang menyebabkan berkurangnya kualitas peralatan. Dalam hal ini komponen (peralatan) dapat menjadi sasaran untuk terkena tekanan-tekanan, beban pakai, korosi dan pengaruh-pengaruh lain yang dapat mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas, sehingga kemampuan komponen berkurang.

3.2. Istilah Umum Dalam Pekerjaan Perawatan dan Perbaikan

Istilah perawatan dapat diartikan sebagai pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas, seperti: bagian dari laboratorium, peralatan, gedung beserta isinya, sehingga mencapai standar yang dapat diterima.

Dalam hal ini, gabungan dari istilah **Perawatan** dan **Perbaikan** (*maintenance and repair*) sering digunakan karena sangat erat hubungannya. Maksud dari penggabungan tersebut ialah:

- **Perawatan**, sebagai aktivitas untuk mencegah kerusakan.
- **Perbaikan**, sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan.

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan dapat dibagi menjadi 2 (dua) cara:

a. Perawatan yang direncanakan (*planned maintenance*).

Pengorganisasian pekerjaan perawatan yang dilakukan dengan pertimbangan ke masa depan, terkontrol dan tercatat.

b. Perawatan yang tidak direncanakan (*unplanned maintenance*).

Perawatan darurat yang tidak direncanakan (*unplanned emergency maintenance*).

3.3. Bentuk-Bentuk Perawatan

3.3.1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (*preventif*). Perawatan *preventif* dimaksudkan juga untuk mengefektifkan pekerjaan inspeksi/pengecekan, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan. Perawatan *preventif* dilaksanakan sejak awal sebelum terjadi kerusakan. Perawatan ini penting diterapkan pada laboratorium yang peralatannya digunakan secara kontinyu atau memakai sistem otomatis. Apabila terjadi kemacetan karena adanya kerusakan dapat menimbulkan biaya yang sangat tinggi dan apabila terjadi kerusakan kecil pada bagian fasilitas yang vital dapat mengakibatkan kegagalan seluruh proses.

3.3.2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang

direncanakan untuk perbaikan. Dalam perawatan korektif ini dapat mengadakan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan peralatan agar lebih baik. Menghilangkan permasalahan yang merugikan untuk mencapai kondisi operasi yang lebih ekonomis.

3.3.3. Perawatan Berjalan (*Running Maintenance*)

Pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja (operasi). Perawatan berjalan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan dalam keadaan operasi. Perawatan dalam kondisi berjalan diterapkan pada mesin- mesin yang harus beroperasi secara terus menerus. Kegiatan perawatan dilakukan dengan jalan *monitoring* secara aktif. Diharapkan hasil dari perawatan dapat dilakukan secara cepat dan terencana ini sehingga menjamin kondisi operasi peralatan/mesin tanpa ada gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

3.3.4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan/mesin. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan pancaindera atau dengan alat-alat *monitor* yang canggih. Teknik-teknik dan alat bantu yang dipakai dalam memonitor kondisi ini adalah untuk efisiensi kerja agar kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan tepat. Perawatan dengan sistem *monitoring* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang realistis tanpa melakukan pembongkaran total untuk menganalisisnya.

3.3.5. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Cara perawatan ini direncanakan untuk memperbaiki kerusakan. Pekerjaan perawatan ini dilakukan setelah terjadi kerusakan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya. Dalam kondisi khusus, peralatan dibiarkan beroperasi sampai selesai, sehingga waktu untuk pengoperasian tidak berkurang. Penerapan

sistem perawatan ini dilakukan pada mesin-mesin/peralatan yang apabila terjadi kerusakan dapat diperbaiki dengan cepat.

3.3.6. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Pekerjaan perbaikan yang segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tak terduga. Perawatan darurat ini termasuk cara perawatan yang tidak direncanakan (*unplanned emergency maintenance*).

3.4. Cara Lain Pengganti Perawatan

3.4.1. Perawatan Dengan Cara Penggantian (*Replacement Instead of Maintenance*)

Diterapkan pada peralatan-peralatan/mesin-mesin kecil, mudah pelaksanaannya. Perawatan dilakukan dengan cara mengganti peralatan atau sub peralatan (modul), karena harga sub peralatan (modul) pengganti lebih murah bila dibandingkan dengan biaya perawatannya. Alternatif lain, adalah untuk mengimbangi perkembangan teknologi yang sangat cepat. Dalam hal tertentu peralatan tidak dirancang untuk tahan lama. Apabila rusak pada waktunya dapat segera diganti dengan peralatan yang lebih modern. Banyak komponen jika sudah rusak tidak memungkinkan dapat diperbaiki lagi, karena memang komponen itu tidak dirancang untuk diperbaiki. Jadi dengan cara penggantian relatif lebih murah.

3.4.2. Penggantian yang Direncanakan (*Planned Replacement*)

Sistem penggantian yang direncanakan ini sering diterapkan pada banyak cabang peralatan/mesin (untuk generator neutron misalnya tritium target). Dengan penggantian fasilitas tersebut, berarti tidak memerlukan waktu lama untuk melakukan perawatan, kecuali hanya untuk perawatan dasar yang ringan seperti penyetelan agar kondisinya tetap baik. Cara penggantian yang direncanakan ini memungkinkan peralatan/mesin selalu siap pakai. Dengan demikian tidak mengalami kemacetan yang berarti karena waktu untuk perawatan dapat diminimalkan.

3.5. Kegiatan Perawatan Komponen Akselerator

3.5.1. Perencanaan Program dan Catatan Pelaksanaan Perawatan

Program perawatan direncanakan dengan mempertimbangkan beberapa hal antara lain:

- a. Data catatan operasi dan *checklist*.
- b. Petunjuk khusus berdasarkan *instruction manual* dari alat yang bersangkutan.
- c. Juklak (petunjuk pelaksanaan) pengoperasian.

Program perawatan dimaksudkan untuk memberi perlakuan terhadap semua komponen untuk mencegah timbulnya gangguan dan memelihara kesempurnaan sistem. Berbagai jenis kegiatan perawatan yang dipandang perlu untuk diprogramkan, antara lain dapat dikategorikan sebagai berikut: perawatan reguler (preventif), perawatan pencegahan (*protective*), perawatan yang tak begitu mendesak (*not so urgent repair*) dan penambahan instalasi.

3.5.1.1. Pekerjaan-Pekerjaan Perawatan Reguler (*Preventive*)

Kegiatan ini biasanya dilakukan untuk perlakuan terhadap komponen-komponen yang kinerjanya terkait dengan umur pemakaian tertentu (*live time*) misalnya jenis kegiatan:

- a. Penggantian minyak pelumas pompa vakum (petunjuk khusus).
- b. Kalibrasi alat ukur tegangan tinggi (berkala, catatan operasi).
- c. Penggantian target tritium pada generator neutron (catatan operasi).
- d. Penggantian atau pembersihan tabung lucutan sumber ion RF (catatan operasi).
- e. Penggantian katoda sumber elektron (catatan operasi).
- f. Pembersihan komponen (berkala, data *check list*, catatan operasi).

3.5.1.2. Pekerjaan Perawatan Pencegahan (*Protective*)

Beberapa contoh kegiatan pekerjaan perawatan pencegahan (*protective*) antara lain:

- a. Pembersihan *feedthrough* tegangan tinggi dan permukaan komponen-komponen yang terkait tegangan tinggi.

- b. Pengecekan kebocoran air pada sistem pendingin.
- c. Pengecekan tekanan gas isolator (SF₆) pada komponen terkait tegangan tinggi.
- d. Pengecekan minyak pelumas pada pompa vakum.
- e. Pengecekan air pada tangki *resevoir* mesin pendingin atau *chiller*.
- f. Pengecekan fungsi *relay* dari alat-alat pengaman yang lama tidak bergerak agar tidak macet.

Kegiatan ini terutama untuk menjaga kondisi normal dari berbagai komponen sistem saat pra operasi.

3.5.1.3. Pekerjaan-Pekerjaan Perawatan yang Tak Begitu Mendesak (*Not So Urgent Repair*)

Pekerjaan-pekerjaan yang termasuk dalam katagori ini muncul akibat problem *eksidental* yang tidak dikehendaki dan timbul pada periode operasi, namun belum sampai menimbulkan gangguan jalannya eksperimen, sehingga merupakan catatan yang dijadwalkan pelaksanaan penanganannya pada periode perawatan yang akan datang misalnya:

- a. Kinerja bagian-bagian utama akselerator (misalnya: sumber tegangan tinggi, sumber ion, sumber elektron, sistem optik dan lain-lain) tidak sesuai atau ada perbedaan dibanding pada kondisi normal,
- b. *Needle valve* pengatur masukan gas pada sumber ion kurang halus pengaturannya,
- c. Pompa vakum membutuhkan waktu relatif lebih lama dalam mencapai kevakuman akhir,
- d. Pekerjaan-pekerjaan lain yang sifatnya penyempurnaan atau pembenahan yang belum sampai menimbulkan gangguan pada komponen tersebut, namun sementara dapat diatasi dan atau dapat ditunda perbaikannya.

3.5.1.4. Penambahan Instalasi

Pekerjaan-pekerjaan instalasi yang sifatnya penyempurnaan atau pembenahan pada komponen akselerator yang dapat dicatat dan dijadwalkan pelaksanaannya pada periode perawatan berikutnya misalnya:

- Penambahan instalasi sensor suhu
- Penambahan instalasi sistem pneumatik
- Penyempurnaan/pembenahan sistem kontrol/kendali.

3.5.2. Prosedur Perawatan Praktis

Keberhasilan pekerjaan-pekerjaan perawatan, baik yang termasuk dalam perawatan pencegahan maupun perawatan perbaikan, akan dipengaruhi juga oleh adanya prosedur yang praktis. Prosedur praktis dimaksudkan dengan tersedianya suatu tata kerja penyelesaian masalah yang dapat dilaksanakan menggunakan fasilitas yang tersedia. Suatu bentuk prosedur praktis selain memuat juklak (petunjuk pelaksanaan) juga dilengkapi dengan gambar diagram, baik diagram mekanik maupun diagram kelistrikan dan elektronik. Formulir daftar data pemeriksaan (*check list*) adalah penting diadakan sebagai kelengkapan suatu prosedur perawatan.

Prosedur praktis tersebut dapat diacu dari buku petunjuk (*instruction manual*) yang diterbitkan oleh produser alat terkait atau dari sumber lain yang layak, contohnya:

- a. Petunjuk tata cara perawatan pompa vakum (Pompa Turbomolekul, Pompa difusi).
- b. Petunjuk tata cara perawatan *Needle valve* atau *leak valve*.
- c. Formulir *check list* dari mesin berkas elektron.
- d. Diagram *trouble shooting* generator neutron.
- e. *Wiring diagram* atau diagram rangkaian kontrol mesin berkas elektron, dsb.

3.6. Kesimpulan Umum Mengenai Konsep Dasar Perawatan

Aktivitas operasi peralatan/mesin tidak akan dapat berjalan untuk waktu yang lebih lama tanpa adanya dukungan dari sistem perawatan yang memadai.

Frekuensi aktivitas dan kualitas perawatan yang dibutuhkan tergantung pada:

- a. Kualitas peralatan dan permesinan yang dipakai
- b. Lama (waktu) pemakaian mesin dalam beroperasi
- c. Metode pengoperasian
- d. Cara operator dalam mengoperasikan peralatan/mesin
- e. Tingkat kualitas yang ditentukan
- f. Lingkungan tempat kerja

Biaya perawatan dan waktu melakukan aktivitas perawatan tergantung pada:

- a. Ketahanan dari sistem peralatan atau permesinan.
- b. Perhatian dan ketaatan personil terhadap semua bidang pengoperasian dan perawatan.
- c. Kondisi yang ada pada bagian pengoperasian dan perawatan, seperti:
 - Kemampuan dan jumlah personil perawatan
 - Persediaan suku cadang
 - Adanya dokumen teknis mengenai sistem peralatan dan permesinan serta pengoperasiannya.
 - Persediaan peralatan permesinan, alat-alat tangan, kualitas alat-alat dan fasilitas bengkel untuk perawatan.
 - Kerja sama antara pemakai mesin dan pengarahan dari bagian perawatan.
 - Fleksibilitas personil, sub sistem dan sifat-sifat fisik dari fasilitas perawatan.

BAB IV

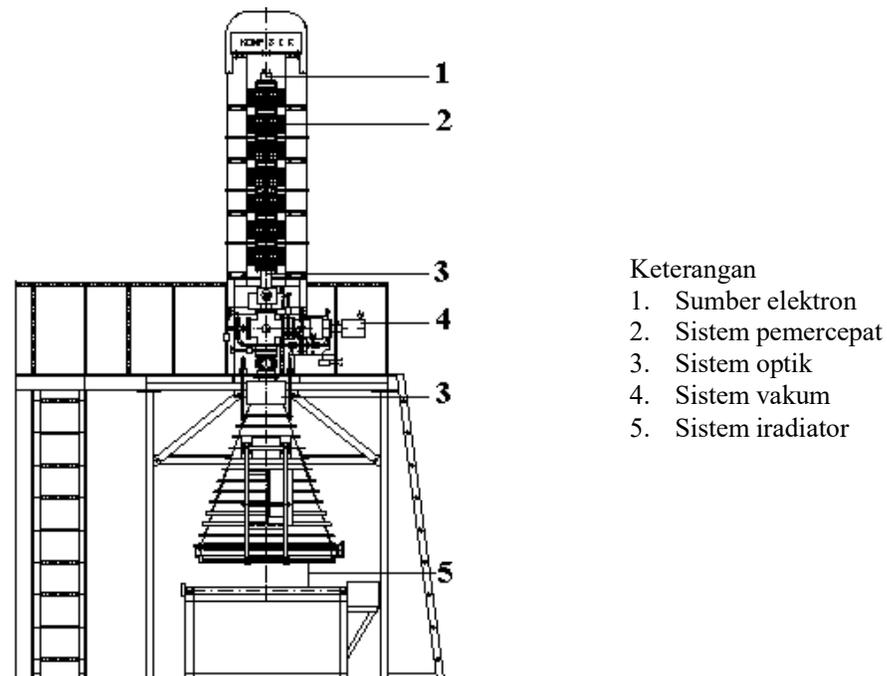
PERAWATAN KOMPONEN IRADIATOR (AKSELERATOR)

4.1. Komponen-Komponen Akselerator Elektron

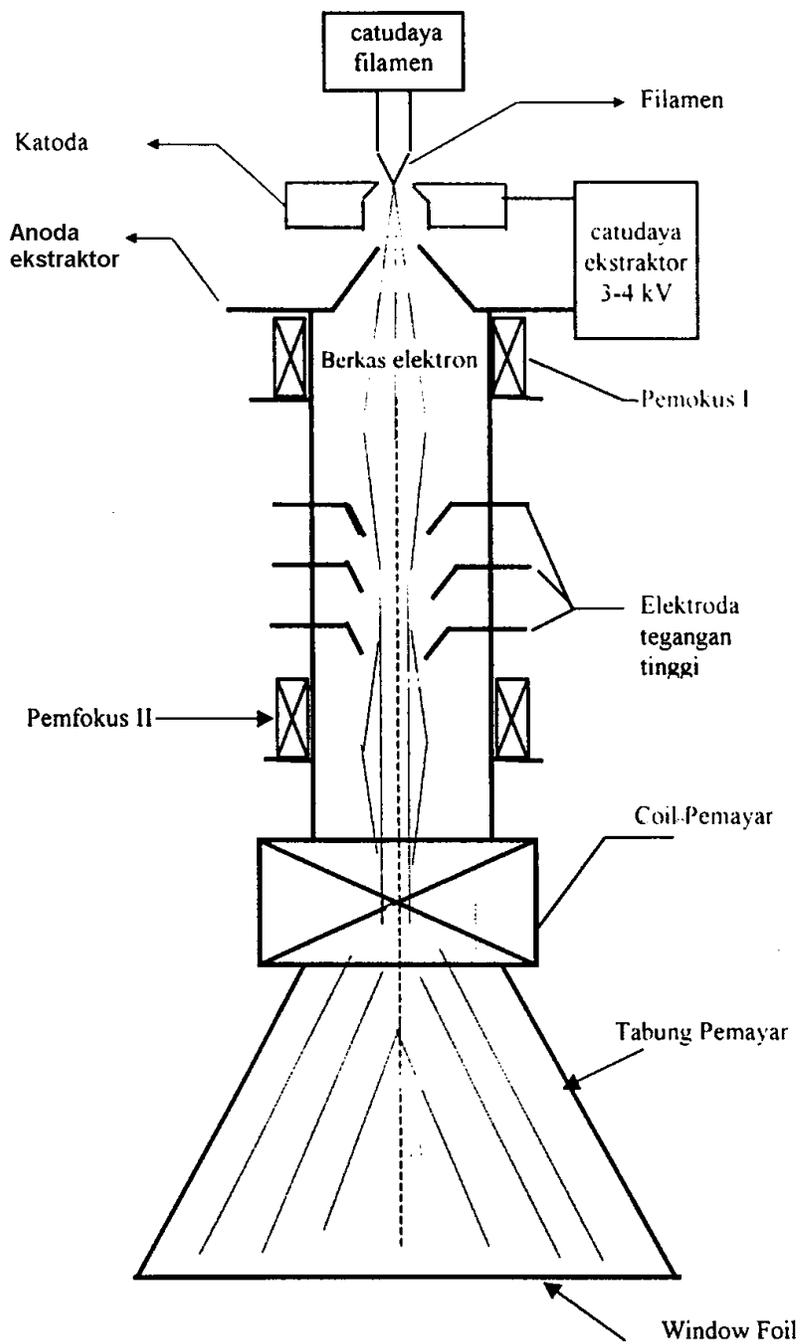
Bagian-bagian utama akselerator elektron (Mesin Berkas Elektron) yaitu :

- a. Sumber elektron
- b. Sistem pemercepat
- c. Sistem optik dan *drift-tube* (Transport berkas)
- d. Sistem vakum
- e. Sistem iradiator (target)

Skema Mesin Berkas Elektron (MBE), sebagai akselerator elektron ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Dalam materi ini akan dibahas perawatan bagian-bagian penting dari suatu akselerator elektron (MBE).



Gambar 4.1. Instalasi Akselerator Elektron (Mesin Berkas Elektron) PSTA

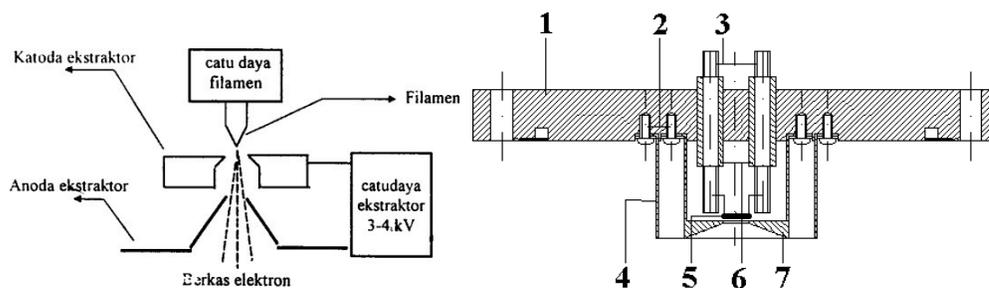


Gambar 4.2. Prinsip kerja akselerator elektron (Mesin Berkas Elektron)

4.2. Sumber Elektron

Elektron dapat dibangkitkan dari 2 (dua) jenis bahan yaitu gas dan padatan. Elektron yang dibangkitkan ini disebut elektron bebas. Untuk jenis bahan gas, elektron bebas dihasilkan dengan adanya lucutan listrik dalam gas (*electric gas discharge*) sehingga membentuk plasma (pasangan ion- elektron). Proses ini terjadi pada tekanan rendah (vakum) dan tegangan *discharge* rendah. Untuk jenis bahan padatan, elektron bebas dapat dihasilkan dari bahan emitor (filamen) yang dipanaskan sehingga elektron pada atom-atom dari bahan tersebut teremisi dan lepas dari ikatannya. Jenis sumber elektron yang menggunakan bahan padatan untuk menghasilkan elektron bebas disebut sumber elektron tipe termionik. Sumber elektron ini adalah sumber elektron di mana elektron dihasilkan melalui proses emisi ataupun pancaran termionik pada filamen panas karena dialiri arus listrik.

Di PSTA, ada 2 (dua) sumber elektron jenis Pierce yaitu sumber elektron yang dirancang bangun PSTA dan sumber elektron buatan NEC-USA. Sumber elektron yang digunakan di MBE adalah sumber elektron yang dirancang bangun PSTA dan ditunjukkan pada Gambar 4.3 sedangkan untuk sumber elektron buatan NEC tidak dibahas.



Keterangan:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1. Flange dudukan katode DN 160 | 5. Katode |
| 2. Baut Pengikat | 6. Isolator |
| 3. Terminal catu daya | 7. Elektrode pemfokus |
| 4. Perisai radiasi termal | |

Gambar 4.3. Sumber elektron, (a) Rangkaian sumber elektron, (b)Konstruksi sumber elektron

4.2.1. Perawatan Sumber Elektron

Penyebab masalah pada sumber elektron dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu: emisi elektron, mekanik dan elektrik.

1. Masalah emisi elektron

Masalah emisi elektron timbul karena kurangnya luas permukaan dan suhu filamen. Luas permukaan akan berkurang terhadap umur pemakaian, makin lama jam operasi maka makin bekurang diameter filamen atau luas permukaan emisi elektron. Pengurangan ini diakibatkan adanya penguapan dan emisi elektron. Akibat berkurangnya luas permukaan mengakibatkan berkurangnya emisi elektron pada suhu yang sama sehingga arus berkas elektron yang dihasilkan makin kecil.

2. Masalah mekanik

- a. Kotornya permukaan flens akibat deposisi ion
- b. Perubahan geometri filamen (katoda) akibat pemanasan.

3. Masalah elektrik

- a. Sumber catu daya yaitu catu daya filamen dan catu daya anoda. Catu daya ini harus terisolasi terhadap pentanahan (*ground*), isolasi ini harus mampu menahan terhadap tegangan pemercepat. Besar tegangan pada catu daya filamen sekitar 0-15 volt dengan arus 0-15 A, sedangkan untuk tegangan anoda sekitar 0-4 kV.
- b. Penghubung tegangan tinggi (*feedthrough*).
- c. Kabel tegangan tinggi antara sumber daya dari sumber elektron.

4.2.2. Tindakan Perawatan pada Sumber Elektron

1. Penggantian filamen

- a. Lepas elektroda pemfokus.
- b. Ganti filamen dan hati-hati dalam pemasangannya.
- c. Pasang kembali elektroda pemfokus.

2. Pembersihan sumber elektron

- a. Jika sumber elektron dibuka, dengan hati-hati bersihkan: permukaan katoda, anoda dan flens.
- b. Deposit ion (atom yang terionisasi dan menjadi kerak/lapisan pengotor) pada permukaan katoda dapat dibersihkan dengan menggunakan kain lap/kertas gosok.

- c. Setelah permukaannya dikeringkan, bersihkan dengan menggunakan larutan organik (dilap dengan alkohol).
- d. Setelah semua komponen sumber elektron kering maka dapat dirakit kembali.

3. Pemeriksaan elektrik

- a. Untuk pemeriksaan terhadap komponen catu daya dari sumber elektron, diperlukan beberapa peralatan seperti voltmeter tegangan tinggi dan peralatan lainnya.
- b. Periksalah kondisi transformator, penyearah dan kapasitor serta tahanan pengukur.
- c. Periksalah kondisi kabel tegangan tinggi dan penghubungnya, terutama tentang kebersihan dari kotoran-kotoran dalam bentuk debu dan keutuhan kondisi fisiknya.

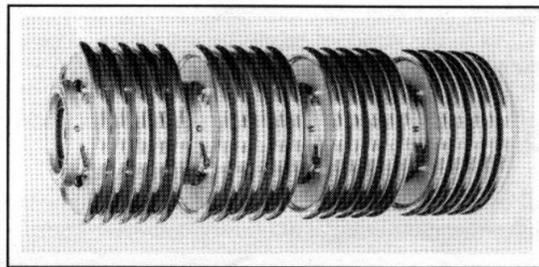
4.3. Sistem Pemercepat

Pada prinsipnya sistem pemercepat dibagi menjadi 2 bagian yaitu tabung pemercepat dan tegangan pemercepat. Tabung pemercepat yaitu suatu peralatan yang digunakan untuk memberikan tambahan energi (mempercepat) pada partikel bermuatan (elektron atau ion) sehingga setelah keluar dari tabung pemercepat, partikel bermuatan tersebut telah mempunyai energi yang cukup sesuai dengan kapasitas sistem pemercepat. Tegangan pemercepat adalah sumber energi yang digunakan untuk memberikan tambahan energi (mempercepat) pada partikel bermuatan (elektron atau ion) sehingga setelah keluar dari tabung pemercepat, partikel bermuatan tersebut telah mempunyai energi yang cukup sesuai dengan kapasitas sistem pemercepat.

4.3.1. Tabung Pemercepat (Akselerator)

Agar dapat berfungsi untuk memberi tambahan energi, tabung pemercepat ini harus diberi tegangan dari sumber tegangan tinggi DC atau gelombang radio frekuensi (RF). Sumber tegangan ini digunakan untuk membangkitkan medan listrik di antara elektrode pemercepat, dengan medan listrik ini tabung pemercepat dapat memberikan energi pada partikel yang dipercepat. Sesuai dengan jenis sumber tegangan untuk membangkitkan medan listrik di antara elektrode pemercepat, maka tabung pemercepat dibagi menjadi 2 jenis yaitu tabung pemercepat elektrostatik dan

tabung pemercepat radio frekuensi (RF). Pada akselerator yang ada di PSTA hanya menggunakan tabung pemercepat elektrostatik dengan tegangan tinggi DC. Contoh dari tabung pemercepat elektrostatik ditunjukkan pada Gambar 4.4. Tabung pemercepat ini digunakan pada MBE. Kemampuan tabung pemercepat sangat dipengaruhi oleh media di sekitar tabung pemercepat yaitu berkaitan dengan tegangan dadal yang terjadi pada media tersebut. Semakin tinggi kemampuan tegangan dadal media di sekitarnya semakin tinggi kemampuan untuk menambah energi (kemampuan tabung pemercepat). Biasanya media di sekitar tabung pemercepat adalah berupa gas antara lain udara, SF₆, campuran CO₂ dan N₂ serta campuran SF₆ dan N₂.



Gambar 4.4. Bentuk tabung pemercepat elektrostatik jenis *General purpose accelerating tube* ^[4]

4.3.1.1. Perawatan Tabung Akselerator

Pada prinsipnya tabung akselerator tidak banyak mengalami masalah dalam perawatan. Karena permasalahan dalam perawatan tidak memerlukan hal khusus maka hal-hal yang harus dilakukan adalah:

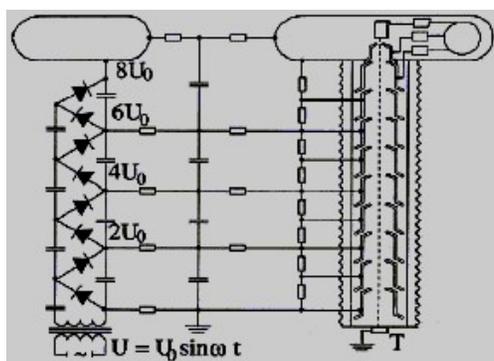
1. Pembersihan
 - a. Pembersihan bagian dalam tabung, pembersihan ini dilakukan pada elektroda maupun isolator (keramik).
 - b. Pembersihan bagian luar tabung, pembersihan dilakukan pada isolator (keramik) dan cincin korona.
2. Penggantian tahanan pembagi (*voltage divider*)

4.3.2. Sumber Tegangan Tinggi

Sumber tegangan tinggi yang digunakan sebagai tegangan pemercepat pada akselerator terdiri dari beberapa jenis meliputi : transformator, generator Van de Graaff, generator Cockcroft-Walton, generator Deltatron dan generator Dynamitron serta Fellici. Masing-masing jenis ini mempunyai keuntungan dan kerugian, sehingga dalam penggunaannya harus dipilih dan disesuaikan. Adapun akselerator elektron (MBE) di PSTA, menggunakan sumber tegangan tinggi generator Cockcroft-Walton, dimana konstruksinya sederhana, efisien dalam pengoperasian dan perawatan serta unjuk kerjanya cukup handal.

4.3.2.1. Generator Cockcroft-Walton

Pada generator Cockcroft-Walton tegangan keluaran yang dihasilkan diperoleh dengan menggandakan tegangan masukan pelipat tegangan dari generator pulsa. Prinsip pengandaannya adalah dengan proses pengisian kapasitor sebagai pelipat tegangan secara paralel dan pelepasannya secara seri. Generator ini dapat menghasilkan tegangan keluaran s/d. 2.500 kV dan efisiensinya dapat mencapai 70 %^[5]. Generator Cockcroft-Walton ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Sesuai program revitalisasi Mesin Berkas Elektron (MBE). yang ada di PSTA, saat ini digunakan Generator Cockcroft-Walton dengan spesifikasi teknis 350 kV/18 mA, produksi Glassman, USA



(a). Skema pelipat tegangan (b). Instalasi generator Cockcroft-Walton
Gambar 4.5. Skema dan instalasi generator Cockcroft-Walton^[5]

Struktur generator Cockcroft-Walton secara garis besar mempunyai bagian-bagian sebagai berikut:

- a. **Osilator RF**, berfungsi membangkitkan tegangan osilasi dengan frekuensi beberapa ratus kHz dan daya cukup besar untuk mengatasi kapasitas keluaran generator beserta rugi-ruginya.
- b. **Transformator RF**, berfungsi meningkatkan tegangan keluaran osilator dari beberapa kV menjadi beberapa puluh kV untuk masukan pelipat tegangan.
- c. **Rangkaian diode-kapasitor**, berfungsi sebagai rangkaian pelipat tegangan yang merubah tegangan AC (sinusoidal dari osilator) menjadi tegangan DC dengan potensial yang tinggi.
- d. **Terminal**, berfungsi mencegah terjadinya lucutan atau korona dari bagian-bagian komponen di sisi ujung tegangan tinggi.



Gambar 4.6. Generator Cockcroft-Walton 350 kV/18 mA merk Glassman

4.3.2.2. Perawatan Generator Cockcroft-Walton

A. Perawatan Pelipat Tegangan

- **Pemeriksaan dan tindakan terhadap elektroda tegangan tinggi**
 - a. Kondisi permukaan elektroda haruslah senantiasa halus, licin dan bersih.
 - b. Bersihkan permukaan elektroda dari penempelan kotoran-kotoran terutama debu menggunakan kain-lap.
 - c. Bersihkan permukaan elektroda dari bentuk oksidasi menggunakan kertas gosok halus sehingga halus dan licin.

- **Pemeriksaan dan tindakan terhadap struktur komponen ataubagian pelipat tegangan**
 - a. Kondisi permukaan komponen atau bagian meliputi: kapasitor, dioda, sela-pengaman, simpul-simpul sambungan, kabel atau kawat penghubung, dan kolom penyangga harus halus, licin dan bersih.
 - b. Bersihkan permukaan komponen atau bagian tersebut dari penempelan kotoran-kotoran terutama debu.
 - c. Periksa dan jika perlu aturlah sela-pengaman tegangan. Jarak sela-pengaman diatur dengan mengacu harga tegangan dadal udara pada kondisi setempat, misal 25 kV/cm.

B. Perawatan Osilator

- **Pemeriksaan dan tindakan terhadap sumber daya anoda (SDA-10kV)**
 - a. Kondisi struktur rangkaian penyearah yang terdiri dari komponen-komponen dioda, tahanan, kapasitor, haruslah senantiasa bersih dari berbagai kotoran yang melekat dan tidak berdebu.
 - b. Kondisi kabel-kabel penghubung agar terjaga: baik kontaknya, baik isolasinya, dan bebas dari kemungkinan hubung singkat terhadap bagian lain.
 - c. Kondisi trafo SDA agar terjaga kualitas minyaknya, isinya, silica-gel pada tangki konservator, terminal dan kabel-kabelnya.
 - d. Lakukan pemeriksaan terhadap kualitas minyak trafo, minyak yang masih baik memiliki warna kuning jernih dan tegangan dadal > 30

kV/2,5 mm.

- e. Lakukan pemeriksaan terhadap silica-gel, silica-gel yang masih baik berwarna biru, jika warnanya sudah berubah lain berarti perlu diganti.
- f. Pemeriksaan juga perlu dilakukan terhadap variak SDA, terutama mekanik penggeraknya al: ketegangan *V-belt*, posisi dan dudukan *limit-switch* agar pas sebagaimana mestinya.

➤ **Pemeriksaan dan tindakan terhadap Osilator daya**

- a. Kondisi komponen rangkaian al: tabung triode, sumber daya filamen, kapasitor keramik, inductor, *RF-chocke*, haruslah senantiasa terjaga bersih dan baik koneksinya antar komponen terkait.
- b. Kondisi saluran sistem pendingin udara agar terjaga bebas dari debu/kotoran, hambatan aliran/kekurangan debit udara pendingin .
- c. Kualitas dan suhu udara pendingin triode agar terjaga pada suhu ≤ 22 °C dengan kelembaban ≤ 50 %.
- d. Dengan menggunakan CRO, lakukan pemeriksaan terhadap keluaran Osilator, normalnya memiliki keluaran gelombang sinus dengan frekuensi antara 20 kHz - 40 kHz.

C. Perawatan Kelistrikan

Lingkup perawatan kelistrikan adalah pada sekitar sistem kontrol yang terpusat pada panel control operasi generator CW. Perawatan kelistrikan biasanya didominasi oleh perawatan yang sifatnya perbaikan dan hanya sedikit yang sifatnya pencegahan.

➤ **Perawatan pencegahan**

Pada panel kontrol terutama adalah menjaga agar setiap tombol, relai atau kontaktor berfungsi normal, untuk itu terhadap relai, tombol, atau kontaktor yang jarang bekerjanya perlu sesekali diaktifkan secara manual agar tidak macet. Adapun terhadap relai, tombol atau kontaktor yang sering dioperasikan, perlu secara berkala dibersihkan menggunakan *contac-cleaner*.

➤ **Perawatan perbaikan**

Biasanya berupa kegagalan fungsi system control akibat adanya gangguan fungsi salah satu atau lebih komponen sistem seperti gangguan relai, kontaktor, tombol dll. Untuk mengatasinya perlu penelusuran jaringannya, dan akan mudah bila menggunakan gambar wiring diagram dari sistem kontrolnya. Adapun adanya gangguan yang ditimbulkan karena berfungsinya salah satu *limit switch* sehingga terjadi *trip* pada operasi sistem, umumnya akan hilang setelah direset.

4.4. Sistem Vakum

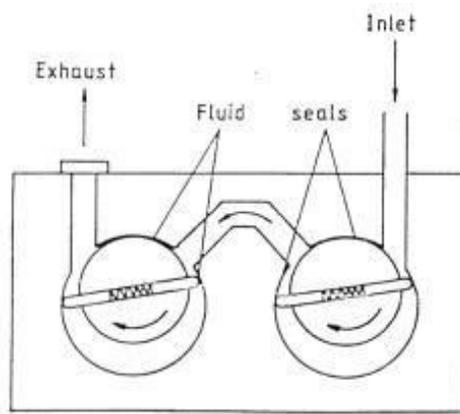
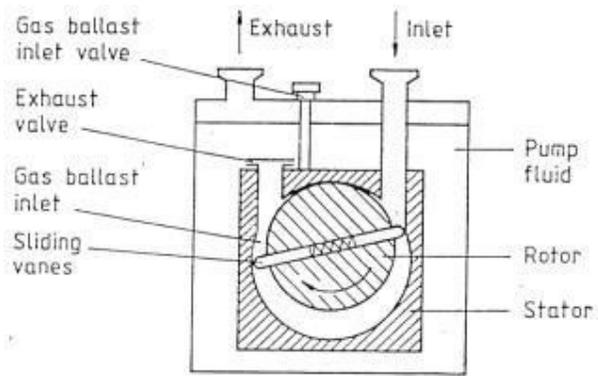
Dalam instalasi sistem hampa, untuk menghasilkan tekanan rendah (hampa), ada beberapa jenis pompa yang dapat digunakan antara lain :

1. Pompa mekanik (pompa rotary, pompa turbomolekular)
2. Pompa-uap (pompa difusi)
3. Pompa ionik.

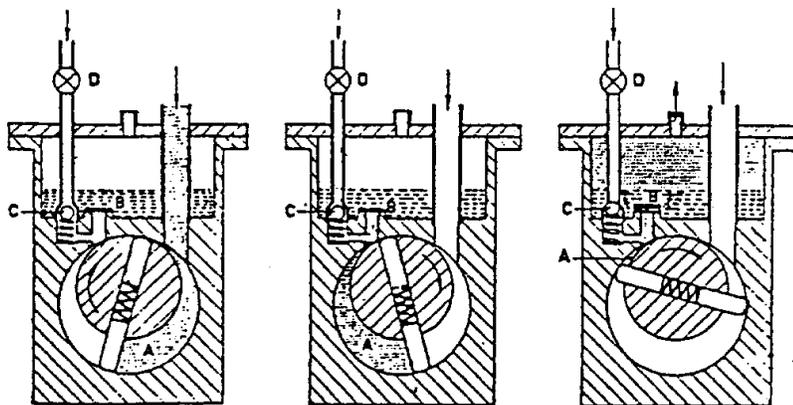
Pada naskah ini akan dibahas pompa rotary dan pompa difusi

4.4.1. Pompa Rotary

Pompa rotary terdiri dari beberapa jenis pompa, tetapi dalam naskah ini akan dibahas 2 (dua) jenis pompa yaitu pompa rotary sudu putar atau selanjutnya disebut pompa rotary (Gambar 4.20 dan Gambar 4.21). Pompa ini mempunyai rotor dan stator. rotor berputar secara eksentrik di dalam stator yang berbentuk silindris, dimana rotor dan stator disusun secara eksentrik. Rotor mempunyai 2 sudu putar yang ditengahnya dipasang pegas. Sudu- sudu putar ini dapat bergerak bebas di celah pada rotor tersebut, sehingga permukaan sudu rapat dengan dinding stator. Dengan berputarnya rotor maka ruangan pada sisi masuk diekspansikan dan ruangan pada sisi keluar dimampatkan, sehingga dapat memindahkan gas dari sistem yang dihampakan ke udara sekitar. Kehampaan yang dapat dicapai dengan pompa rotary 2 tingkat adalah sekitar 10^{-3} Torr (berdasarkan katalog sekitar 5×10^{-4} Torr).



Gambar 4.7. Pompa Rotary^[8]



Gambar 4.8. Gas ballast pompa rotary^[8]

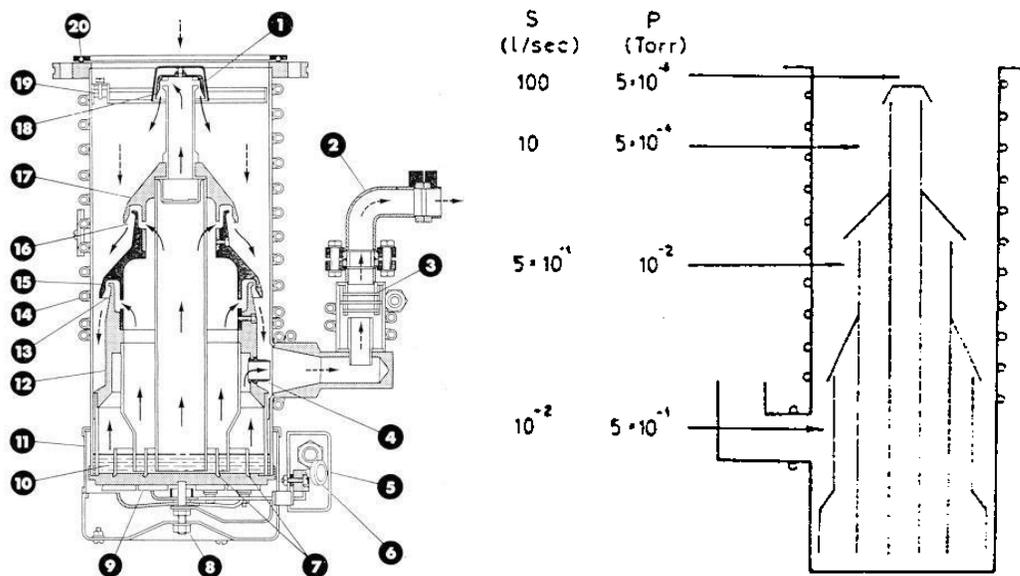
Pada setiap pompa biasanya dilengkapi dengan petunjuk perawatan misalnya pompa dari Edwards E1M5/E2M5 dan E1M8/E2M8, dijelaskan sebagai berikut: secara garis besar perawatan pompa rotary sebagai berikut:

- a. Perawatan harian: memeriksa aras minyak pelumas agar terjaga selaludiatas garis batas "Minimum".
- b. Penggantian minyak pelumas :
 1. Dilakukan setiap 6 bulan. Jenis minyak yang disarankan antara lain : Guvacol R910, Alcatel 1DO, SHELL VTREA 100, TOTAL CORTIS 100,dsb.
 2. Dalam keadaan pompa dimatikan, setelah minyak yang lama dialirkan keluar, isikan minyak baru ($\pm 0,5$ lt) sebagai pembilas, kemudian pompa dihidupkan beberapa menit.
 3. Alirkan keluar minyak pembilas, kemudian isi lagi dengan minyak baru.

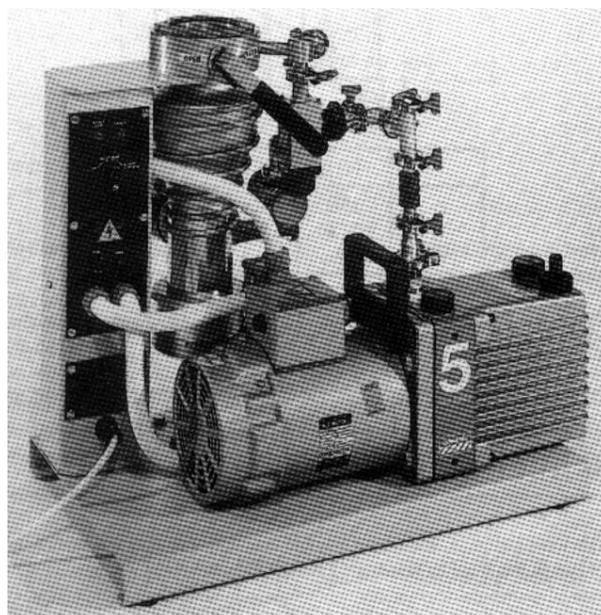
4.4.2. Pompa Uap

Ada beberapa jenis pompa uap misalnya pompa booster, pompa pancaran uap dan pompa difusi. Namun dalam naskah ini hanya akan dibahas satu jenis pompa uap yaitu pompa difusi (Gambar 4.9). Agarkehampaan akhir yang dapat dicapai oleh pompa difusi bisa lebih tinggi maka pompa difusi biasanya dibuat bertingkat. susunan pompa rotary dan difusi ditunjukkan pada Gambar 4.10. Pada pompa difusi ini minyak difusi ditempatkan di bagian bawah (bejana didih), selanjutnya dipanaskan sampai terjadi pendidihan. Akibat mendidihnya minyak difusi, maka uap minyak difusi naik ke atas melalui tabung tengah dan dengan dipasangnya *nozzle* (celah sempit) uap minyak difusi akan memancar ke arah sisi pompa membentuk tabir uap. Pada dinding pompa difusi dipasang suatu pendingin untuk mendinginkan uap minyak difusi sehingga mengembun dan kebal ke bejana didih. Akibat pancaran uap minyak difusi maka molekul-molekul gas di sekitar *nozzle* terdorong ke bawah bersama uap minyak difusi. Dengan demikian terjadi penghampaan ruangan di atas tabir dan begitu pula ruangan sistem yang dihubungkan. Untuk mengoperasikan pompa difusi memerlukan pompa pra vakum yaitu pompa rotary agar dapat dicapai tekanan operasi sisi masuk pompa difusi sekitar 10^{-2} Torr. Jika dalam operasi pompa difusi menunjukkan tingkat kevakuman akhir yang kurang mencapai semestinya, sementara kondisi sistem cukup bersih dan bebas dari kebocoran, maka minyaknya perlu diperiksa. Jika minyaknya sudah kelihatan keruh atau memudar,

maka perlu dilakukan pembersihan pompa dan mengganti minyaknya. Suatu panas lebih yang terjadi dari pemanas juga dapat mengindikasikan kurangnya minyak pompa.



Gambar 4.9. Pompa Difusi^[10,11]



Gambar 4.10. Kombinasi antara pompa rotary dan pompa difusi^[9]

Contoh suatu prosedur perawatan pompa difusi, menurut petunjuk perawatan pompa difusi Edwards Series E09 sebagai berikut:

1. Penggantian minyak difusi

- a. Untuk mengeluarkan minyak lama, minyak difusi perlu dihangatkan dengan menghidupkan pemanas beberapa menit agar pengalirannya keluar mudah, minyak dialirkan keluar setelah pompa dimatikan sumber dayanya.
- b. Minyak dapat diisikan melalui *baffle valve* atau melalui *backing spout* yaitu lubang sambungan ke *backing pump*.
- c. Jenis-jenis minyak yang direkomendasikan adalah: Apiezon-C ($5 \cdot 10^{-8}$ torr), Silicone 704 ($5 \cdot 10^{-8}$ torr), Silicone 705 ($3 \cdot 10^{-8}$ torr), Convalex 10 ($3 \cdot 10^{-8}$ torr).

2. Pembongkaran (*Dismatling*)

- a. Minyak pompa difusi dikeluarkan dengan terlebih dulu dihangatkan dengan cara menghidupkan pemanas beberapa menit, agar mudah pengalirannya.
- b. Hubungan pompa difusi dilepaskan dari sistem, O-ring /gasket dilepas .
- c. Lepaskan: *guard ring*, pegas penahan dan *top jet cap*.
- d. Lepaskan bagian-bagian dari rangkaian pemancar atau *jet assembly*, dan bagian-bagian dalam lainnya.

3. Pembersihan (*Cleaning*)

- a. Bersihkan bagian dalam dari bodi pompa, bagian-bagian dari rangkaian *jet* (pemancar), *backing spout*. Gunakan larutan pembersih: benzena (untuk minyak Apiezon-C) atau trichlorethylene (untuk minyak Silicone).
- b. Bersihkan bekas larutan pembersih menggunakan acetone.
- c. Bebaskan bekas acetone dari semua bagian dengan cara pemanasan pada suhu sekitar 75°C .

4. Perakitan kembali (*Re-assembly*)

- a. Pasanglah bagian dari tingkat bawah rangkaian *jet*, hadapkan lubang keluarannya (*ejector jet*) lurus dengan *backing tube* atau saluran penghubung ke pompa rotary.
- b. Pasanglah tingkat kedua dan tingkat pertama dari rangkaian *jet*, dengan posisi yang benar.

- c. Pasangkan *top stage chimney* (corong atas) sehingga posisinya pas, keraskan baut pengikatnya sehingga posisinya kembali penuh pada dudukannya.
- d. Lurus-tengahkan posisi duduk bagian-bagian rangkaian *jet* dengan cara menggerak-gerakan sedikit kekiri-kanan beberapa kali untuk mentengahkanposisi duduknya.
- e. Pasangkan *top jet cap* (tutup *jet* atas) dan *retaining spring* (pegas penahan).
- f. Pasangkan *guard ring* pada posisinya, lurus-tengahkan seluruh rangkaian dalam sehingga *centring pin* didalam *top jet cap* tepat masuk pada lubang bagian atas dari *guard ring*. Pastikan sehingga jarak antara clamping ring dengan plendes atas merata sebelum baut pengaturnya dikeraskan.
- g. Pastikan permukaan plendes dan *O-ring* bersih serta tidak rusak untuk dapat dipasang.
- h. Isikan minyak baru, dan instalasikan kembali pompa ke sistem serta hubungkan dengan pompa rotary.

BAB V

KESIMPULAN PERAWATAN IRADIATOR

Dalam perawatan iradiator khususnya akselerator mencakup perawatan komponen-komponen atau bagian-bagian dari akselerator. Bagian-bagian ini diantaranya: sumber elektron, sumber ion, sistem pemercepat (tabung pemercepat dan sumber tegangan pemercepat/sumber tegangan tinggi), sistem vakum (komponen-komponen terkait sistem vakum dan pompa vakum). Perawatan sumber elektron, sumber ion mencakup: penggantian filamen, pengecekan dan pembenahan catu daya termasuk osilator sebagai pembangkit RF. Untuk perawatan sistem pemercepat mencakup: tabung akselerator dan sumber tegangan tinggi sebagai tegangan pemercepat (generator Cockcroft-Walton dan generator Felici). Perawatan generator Cockcroft-Walton meliputi perawatan osilator lengkap dengan catu dayanya dan pelipat tegangan lengkap dengan cincin korona dan elektroda keluaran, sedangkan untuk generator Felici terutama pada pembersihan komponen-komponennya dan pengisian kembali gas H₂. Dari perawatan tersebut dilanjutkan dengan uji coba. Perawatan sistem vakum meliputi: penggantian minyak yaitu minyak peluman untuk pompa rotary dan minyak difusi untuk pompa difusi, pembersihan dan perlakuan komponen-komponen vakum misalnya O-ring, pembersihan komponen-komponen dari pompa vakum.

DAFTAR PUSTAKA

1. SUPANDI, Manajemen Perawatan Industri, Ganeca Exact, Bandung (.....).
2. SCHILLER, S., HEISIG, U, PANZER, S., "Elektron Beam Technology", John Wiley & Sons, New York 1982.
3. LIVINGSTON M.S., BLEWET J.P., "Particle Accelerator", Mc Graw Hill, New York, 1967.
4., Catalog General Purpose Accelerating Tube, National Electrostatics Corporation, USA.
5. CRAGGS, J.D., and MEEK, J.M., "High Voltage Laboratory Technique", Butterworths, Ltd., London, 1953.
6. J. Csikai, " Manual For Troubleshooting And Improvement of neutron Generator And other Low energy accelerator", Vienna, 1993.
7. O'HANLON, J.F., A User's Guide to Vacuum Technology, John Wiley & Sons, New York (1989).
8. ROL, P.K., Pengantar Teknik Vakum (diterjemahkan oleh Peter Soedjo), Gajah Mada University Press, Yogyakarta (1977).