

EVALUASI STABILITAS PESAWAT AKSELERATOR LINIER MEDIK



ID0000058

Nasukha

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

EVALUASI STABILITAS PESAWAT AKSELERATOR LINIER MEDIK. Akselerator linier medik banyak digunakan dalam radioterapi untuk pengobatan kanker. Kestabilan berkas radiasi pada akselerator perlu diketahui untuk mencapai optimisasi penggunaan radiasi untuk pengobatan. Dua buah akselerator linier medik, Mevatron 20 dan 12 telah dievaluasi kestabilannya selama sebulan dengan menggunakan 'RMI daily contancy tool'. Diperoleh % ketidakstabilannya dibawah 3 % untuk berkas elektron berenergi 7,10,12,15, 18 MeV dan berkas foton 15MV dari Mevatron 20 serta berkas foton 12 MV dari Mevatron 12. Berkas elektron berenergi 5 MeV dari Mevatron 20 perlu mendapatkan tindakan perbaikan, terutama pada radiofrekuensinya, agar kestabilannya lebih baik.

ABSTRACT

STABILITY EVALUATION OF MEDICAL LINEAR ACCELERATOR. Medical linear accelerators are widely used for cancer treatment in radiotherapy. Radiation beam stability of accelerators should be detectable to reach the optimisation of radiation in medicine used. Stability of two medical linear accelerators, Mevatron 20 and 12 were evaluated for a month with RMI daily contancy tool. Unstability less than 3 % for 7,10,12,15,18 MeV of electron beam and photon beam 15MV of Mevatron 20 and photon beam 12MV of Mevatron 12. Electron beam of 5 MeV of Mevatron 20 should be set to get better stability, especially its radiofrequency.

PENDAHULUAN

Radiasi pengion dan radioaktivitas telah digunakan untuk pengobatan penyakit malignan sejak tahun 1900. Pengobatan dengan cara seperti ini lebih dikenal dengan radioterapi. Radioterapi adalah suatu metode yang efektif dan mapan untuk perlakuan terapi penyakit malignan. Tujuan radioterapi adalah untuk memberikan dosis radiasi setepat-tepatnya (akurasi maupun presisi) terhadap jaringan yang sakit ('target volume') tanpa memberikan efek atau kerusakan yang berarti pada jaringan sehat disekitarnya. Dengan kemajuan teknologi fisika radioterapi pada saat ini, tujuan tersebut bisa dicapai dengan cara :

- meningkatkan metode pengukuran dosis radiasi secara tepat dan akurat
- menggunakan komputer untuk suatu rencana perlakuan terapi ('computerized treatment planning'), sehingga hasilnya akan lebih optimal sesuai dengan tujuannya
- menggunakan pesawat-pesawat yang menghasilkan energi tinggi sehingga bisa memberikan dosis radiasi yang tinggi untuk didistribusikan ke jaringan yang sakit, sementara menurunkan efek terhadap jaringan normal.

Oleh sebab itu barangkali bisa dikatakan bahwa perkembangan teknologi fisika radioterapi untuk meningkatkan kualitas

hidup pasien cukup besar sumbangannya sejak ditemukannya sinar-x sampai sekarang dan saat ini banyak dikenal dengan istilah optimisasi penggunaan radiasi untuk kedokteran. Mengingat hal ini telah menjadi prinsip dasar proteksi radiasi, yaitu asas manfaat, optimisasi dan pembatasan dosis.

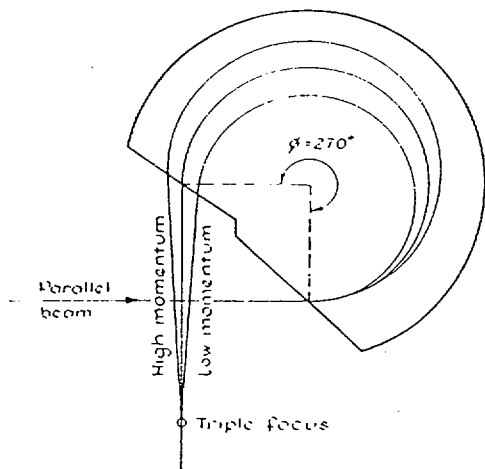
TEORI

Latar belakang

Bahasan tentang pesawat akselerator linier medik telah dijelaskan oleh beberapa penulis, diantaranya Karzmark dan Morton [1] yang secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut :

Elektron yang dihasilkan oleh 'electron gun' disuntikkan ke tabung pemercepat gelombang berjalan ('travelling wave accelerating structure'). Pada saat yang bersamaan gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi juga diinjeksikan ke tabung tersebut melalui sistim penunjuk gelombang ('wave guide system'). Gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi diperkuat oleh magnetron. Gelombang inilah yang memercepat elektron, sehingga dihasilkan berkas elektron berenergi tinggi. Dengan menggunakan magnet ('bending magnet') berkas elektron yang dipercepat tersebut diarahkan sesuai dengan keperluan. Pada Gambar 1 terlihat salah bentuk 'bending

magnet dengan putaran elektron 270° . Berkas elektron ini bisa digunakan untuk terapi langsung ke pasien atau bisa juga untuk menghasilkan sinar-x (berkas foton) dengan menginteraksikan elektron berenergi tinggi tersebut dengan suatu bahan atau sasaran yang memiliki berat atom yang tinggi. Dengan demikian dapat dipahami bahwa pesawat akselerator linier medik bisa menghasilkan berkas foton (sinar-x) maupun elektron berenergi tinggi. Posisi target sinar-x pada Gambar 2a dan 2b dapat bergeser jika yang diinginkan adalah berkas elektron untuk terapi pasien, demikian juga pergantian antara 'flattening filter' dengan 'scattering foil'.

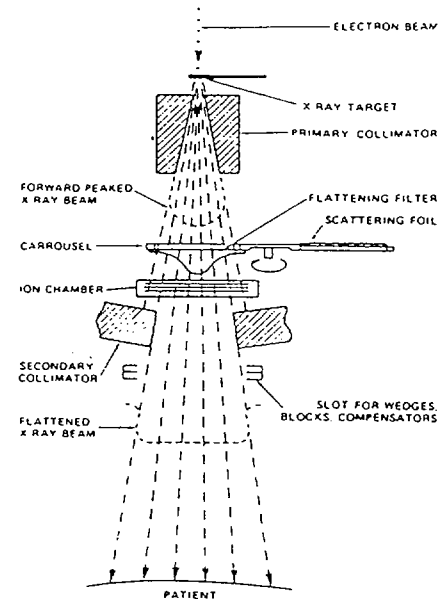


Gambar 1. Perjalanan elektron pada 'bending magnet' dengan sudut putaran 270° [1]

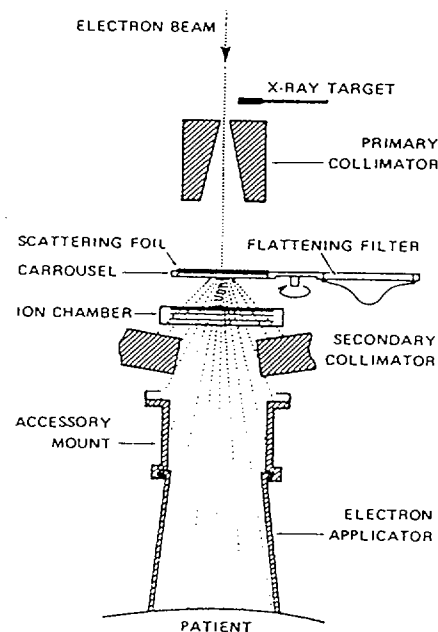
Perjalanan elektron, baik yang dimanfaatkan secara langsung untuk terapi pasien ataupun untuk menghasilkan sinar-x sangat penting untuk mendapatkan suatu berkas elektron atau radiasi sinar-x yang homogen. Sebagai gambaran perjalanan elektron yang digunakan untuk menghasilkan sinar-x tersebut akan menghasilkan 'profile' berkas seperti pada Gambar 3.

Kesimetrian dan kerataan berkas dipengaruhi oleh sistem perjalanan berkas elektron. Ketidakteraturan akan meningkat ketika berkas elektron tidak secara simetris menabrak filter pemerata disamping merupakan sifat alami interaksi elektron berkecepatan tinggi dengan bahan sasaran untuk radiasi sinar-x. Sedangkan untuk berkas elektron, di

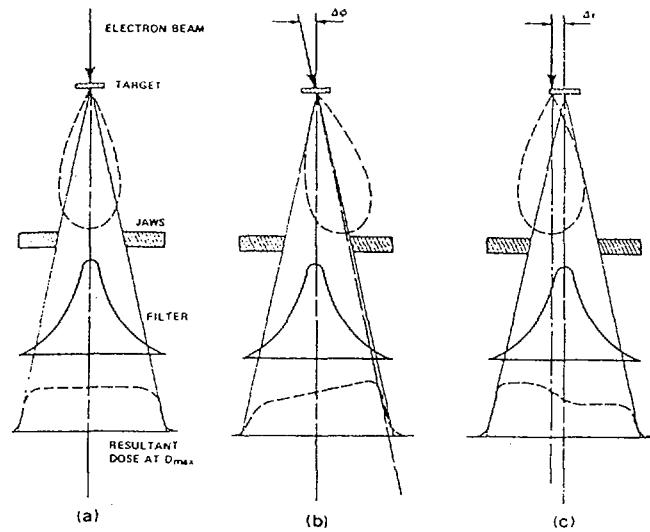
samping perjalanan elektron dalam 'bending magnet' juga pengaruh 'scattering foil'.



Gambar 2a. Bagian sistem yang menghasilkan berkas sinar-x [1]

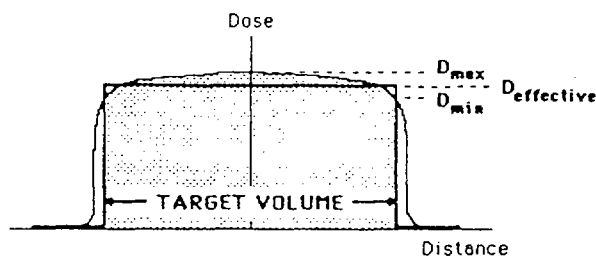


Gambar 2b. Bagian sistem yang digunakan untuk berkas elektron [1]



Gambar 3. Perubahan 'Profile-profile' berkas sinar-x akibat perjalanan elektron yang berbeda-beda [2]

Efek ketidaksimetrian dan ketidak-rataan berkas akan sangat mempengaruhi keberhasilan pengobatan kanker dengan radiasi, karena disamping akan memberikan distribusi dosis yang besar pada jaringan sehat, dan juga distribusi dosis yang sampai ke sel kanker akan tidak efektif. Hal ini dapat digambarkan dalam hubungannya dengan 'target volume' seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Dosis efektif yang diharapkan terhadap 'profile' berkas yang dihasilkan [3]

Penentuan stabilitas berkas

Kerataan berkas ('horn') dan kemiringan berkas ('tilt') dan cara penentuannya telah dibahas [4]. Akan tetapi apabila hanya ada 3 (tiga) titik pengukuran

yang diperoleh dalam satu garis, maka perhitungannya akan lebih sederhana, yaitu dengan cara pengurangan antara bacaan dosis dititik ujung satu (seperti pada Gambar 5) dengan bacaan dosis dititik ujung lainnya dalam satu garis lurus dibagi bacaan dosis dititik tengah dalam persen. Persentase kestabilan 'Crossplane' didefinisikan sebagai 'profile' berkas yang tegak lurus dengan 'gun-target', sedangkan 'inplane' didefinisikan sebagai 'profile' berkas searah dengan 'gun-target'.

Untuk evaluasi dari waktu ke waktu, sejauhmana stabilitas berkas suatu pesawat akselerator linier medik layak dan terjamin digunakan untuk keperluan terapi pasien, maka data penelitian ini akan diambil selama satu bulan.

PERCOBAAN

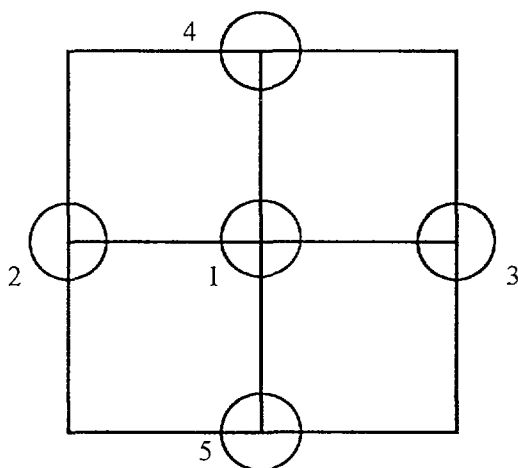
Alat-alat yang digunakan

- Pesawat akselerator linier medik Mevatron 20
- Pesawat akselerator linier medik Mevatron 12
- RMI daily constancy tool

Prosedur Percobaan

Berkas radiasi yang digunakan adalah semua energi yang dihasilkan dari pesawat

akselerator linier medik dengan luas lapangan sesuai dengan luas yang disediakan RMI daily constancy tool pada jarak fokus-detektor seperti yang biasa digunakan untuk pasien dan dalam hal ini adalah 100 cm. Pengukuran dilakukan setiap pagi hari sebelum pesawat digunakan untuk pasien, dan data yang diperoleh adalah 5 titik bacaan dosis. Posisi kelima titik bacaan dosis tersebut dapat dijelaskan dengan Gambar 5. Data evaluasi disini diambil untuk selama sebulan, yakni pada bulan Mei 1995. Energi-energi elektron yang ada pada pesawat Mevatron 20 adalah 5, 7, 10, 12, 15, dan 18 MeV. Sedangkan berkas fotonnya memiliki 'accelerating potential' 15 MV. Untuk pesawat Mevatron 12 hanya berkas foton dengan 'accelerating potential' 10 MV.



Gambar 5. Posisi 5 detektor untuk menentukan Stabilitas berkas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil perhitungan stabilitas selama sebulan terlihat pada Gambar 6, 7, 8 dan 9. Berkas elektron berenergi 7, 10, 12, 15 dan 18 MeV, ketidakstabilan berkas selama sebulan cukup baik dengan ketidakstabilan maksimum 2,74% untuk 'implane' dan 2,18% untuk 'crossplane' yaitu pada energi berkas elektron 10 MeV. Sedangkan untuk berkas elektron berenergi 5 MeV, kestabilan berkas kurang memuaskan dan hampir setiap harinya ketidakstabilannya mencapai diatas 1 %. Nilai maksimum ketidakstabilan yang dicapai adalah 3,49%. Lain halnya untuk berkas 'crossplane', meskipun harga ketidak stabilan maksimum 3,24% , namun keadaan setiap harinya jauh

lebih baik. Mengingat kondisi berkas elektron berenergi 5 MeV untuk 'inplane' tersebut diatas, maka tindakan berikutnya adalah memperbaikinya, yaitu dengan kerjasama antara bidang elektronik dan fisika, karena kemungkinan besar disebabkan oleh pengaturan radiofrekuensi untuk energi tersebut.

Berkas foton 15 MV dari Mevatron 20 kestabilan cukup memuaskan. 2,81% ketidakstabilan maksimum dicapai untuk 'inplane' dan 2,22 % untuk 'crossplane'. Demikian juga untuk Mevatron 12, % ketidakstabilan hanya -1,65% untuk 'inplane' dan 0,94% untuk 'crossplane'.

KESIMPULAN

Dalam penggunaan pesawat akselerator linier medik untuk radioterapi harus diperhatikan kestabilan berkas radiasinya, karena akan mempengaruhi besarnya dosis yang akan diterima pasien. Hal ini mengingat ketepatan dan ketelitian dosis yang diberikan ke pasien sangat mempengaruhi kepada sukses dan gagalnya perlakuan terapi.

Salah satu cara untuk mengetahui tingkat kestabilan berkas suatu pesawat akselerator linier medik yaitu dengan menentukan besarnya persentase ketidakstabilan dari waktu ke waktu. Pada penelitian ini diperoleh persentase ketidakstabilan dari 2 (dua) pesawat akselerator linier medik dibawah 3 %, kecuali untuk berkas elektron berenergi 5 MeV. Sehingga perlu tindakan perbaikan untuk berkas elektron berenergi 5 MeV. Dengan mengetahui besarnya persentase ketidakstabilan tersebut dapat diputuskan bahwa pesawat tersebut layak dan terjamin untuk perlakuan terapi kepada pasien. Seperti diketahui bahwa menurut WHO [5] jaminan kualitas untuk persentase ketidakstabilan suatu pesawat akselerator linier medik berenergi tinggi, besarnya tidak boleh lebih dari 3 % untuk berkas foton dan 5% untuk berkas elektron.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. G. A. Ezzel yang telah memberikan arahan dalam penelitian ini. Prof. Dr. C. G. Orton yang telah memperkenalkan penggunaan fasilitasnya, dan kepada I.A.F.A

yang telah memberikan beasiswa dalam penelitian di U.S.A ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. KARZMARK, C.J. A Primer on Theory and Operation of Linear Accelerators in radiation Therapy. Medical Physics Pub. Co, Madison, U.S.A, 1989.
2. KARZMARK, C.J. : Advances in linear accelerator design for radiotherapy. Medical Physics, 11 (2) : 105 - 126 , 1984
3. GOITEN, M. Int.Jour. Radiation Oncology, Biology, Physics, Vol 12, hal 701-704, 1985
4. NASUKHA. Penentuan 'Horn' dan 'Tilt' Berkas Foton pada Pesawat Akselerator Linier Medik (Radioterapi). Majalah Kedokteran Indonesia. Vol 43, No.2. 1993.
5. Quality Assurance in radiation Therapy, W.H.O., Geneva, 1988

DISKUSI

Dwi Cahyo Dahono - Fisika UNUD

Usulan !. Dari penjelasan saudara, magnet pembelok elektron pada Linac Medik dapat mengurangi kestabilan arah penembakan elektron pada pasien. Jika demikian, untuk meningkatkan kestabilan pesawat Linac tersebut, maka perlu kita hilangkan modifikasi alat/pesawat tersebut dengan melepaskan pembelok itu. Dan mungkin perlu perubahan agak beda pada keseluruhan bentuk alat tersebut.

Nasukha

Alat ini sudah dirancang dan dibuat oleh para pakar yang membidangnya. Barangkali usulan tersebut kurang tepat, karena para pakar telah memperhitungkannya.

Sri Wahyuni - PPKTN

1. Bagaimana cara memfokuskan keluaran elektron/x-ray dari Linac jika dari diagnosa dengan γ -camera atau MRI diketahui besar tumor/kanker berbeda, misalnya diameter kanker 1 cm dan 7 cm, dan kedalaman berbeda.
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi kestabilan keluaran (output) pesawat

Nasukha

1. Digunakan kolimator
2. Kondisi *wave guide*, *bending magnet* dan masih banyak lagi, misalnya *flattening filter* untuk berkas sinar-x.

M. Thoyib Thamrin - PSPKR

Apakah faktor manusia (operator) juga mempengaruhi kestabilan pesawat akselerator linier medik

Nasukha

Faktor manusia tidak mempengaruhi.

Fransisca A.E.T - PAIR

Apa yang menyebabkan berkas elektron berenergi 5 MeV (Mevatron 20) keluarannya tidak stabil.

Nasukha

Karena karakteristik fisik berkas elektron energi rendah agak sulit mendapatkan stabilitas yang tinggi.

Nazaroh - PSPKR

1. Berapa persen kestabilan Linac yang masih diperbolehkan dalam medik
2. Apakah kestabilan dari Linac untuk berbagai energi (15 MV dari Mevatron 20 dan 12 MV dari Mevatron 12) sama dari pembuatnya
3. Kestabilan berkas elektron energi 5 MeV dari Mevatron 20 lebih jelek. Apakah bukan karena pada energi rendah stabilitasnya lebih buruk dari pada energi tinggi. Apakah karena kerusakan alat seperti dugaan saudara.

Nasukha

1. Menurut rekomendasi W.H.O 3 %
2. Tidak sama, yang jelas dibawah batas yang direkomendasikan
3. Memang untuk elektron energi rendah agak sulit untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi. Hal ini karena sesuai dengan karakteristik fisik berkasnya.

Budi Santoso - PPKTN

1. Untuk pesawat akselerator linier ini berapakah energi berkas elektron yang tertinggi untuk mencapai kestabilan optimum.

2. Bagaimana hubungan antara kestabilan pesawat akselerator linier ini dengan energi berkas elektron

Nasukha

1. Penentuan energi berkas elektron ada metode dan perhitungannya. Disini bukan masalah tinggi rendahnya energi. Namun semua energi yang ada dalam pesawat yang digunakan untuk pengobatan.
2. Pada tulisan ini tidak membahas masalah energi, memang energi ada pengaruhnya.

M. Priyatna - UNAS

Mengapa evaluasi stabilitas pesawat akselerator linier medik dilakukan 1 bulan lamanya, yang saya tahu bahwa penelitian bapak dilakukan untuk berkas elektron energi yang berbeda

Nasukha

Data evaluasi ini diambil 1 bulan, tapi evaluasi ini sebenarnya dilakukan setiap hari.

Soedjarwo Roestam - PPSM

1. Apakah pernah dicoba dievaluasi hasil berkas elektron tersebut, bila kevakuman tabung akselerator divariasi.
2. Berapa vakumnya untuk mendapatkan berkas elektron ataupun sinar-x yang optimum.

Nasukha

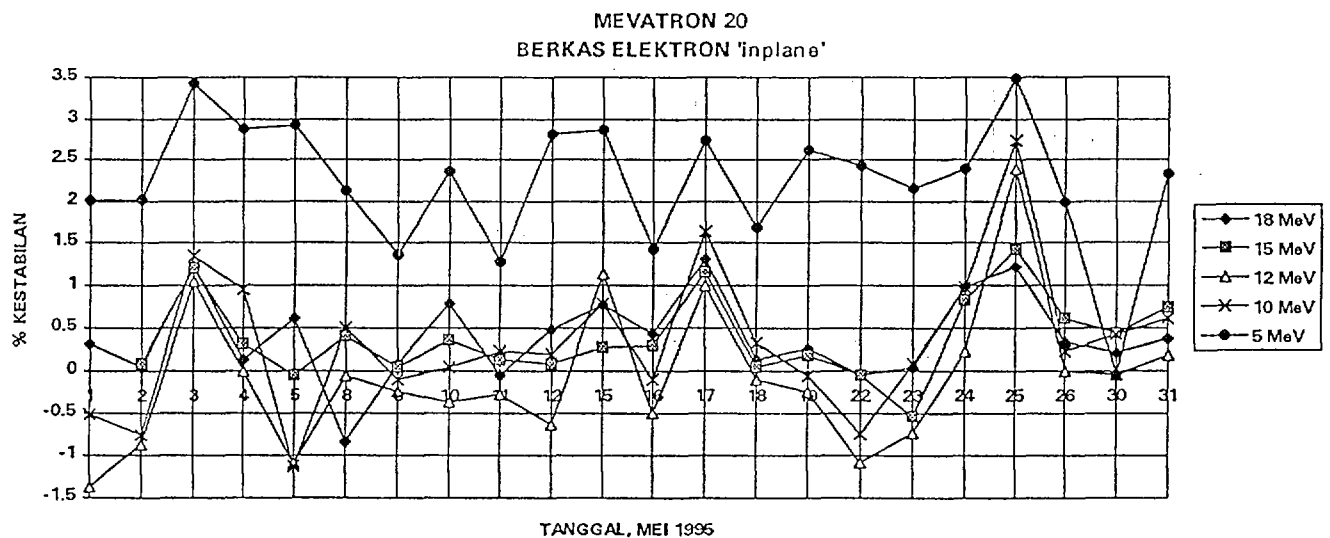
1. Kevakuman yang dimaksud barangkali pada *wave guidenya*. Betul, *wave guide* sangat mempengaruhi perjalanan elektron.
2. Secara elektronis setiap alat berbeda kondisi *wave guidenya*.

Mulyadi Rachmat - PSPKR

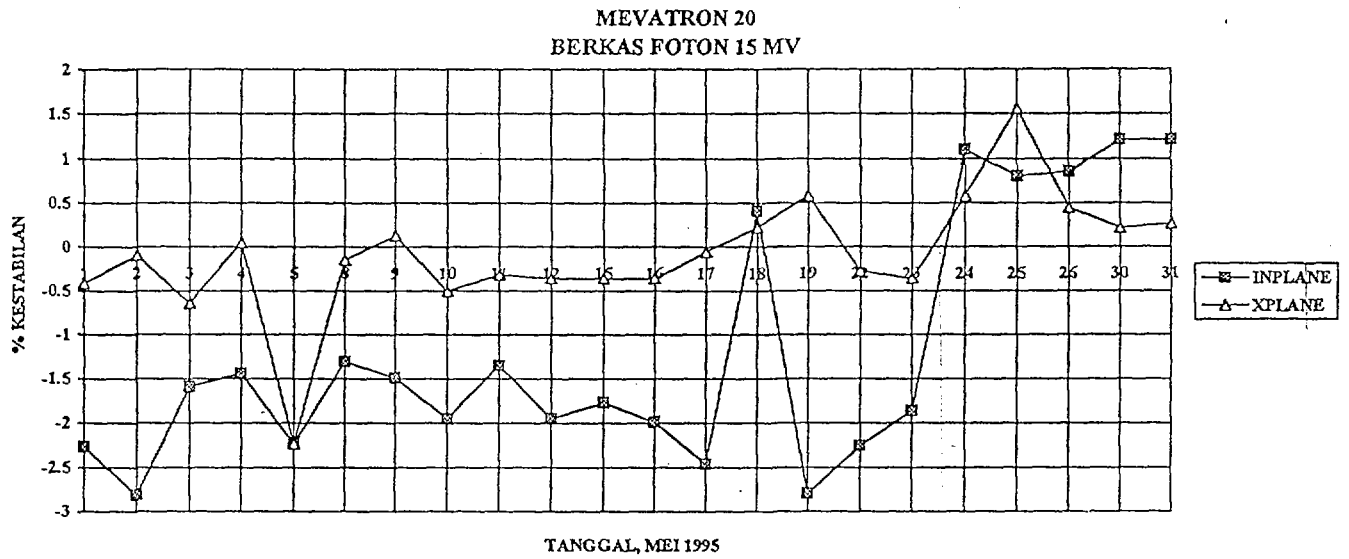
1. Stabilitas Linac apakah hanya ditentukan oleh :1) Distribusi berkas saja, 2) Apakah energi (stabilitas energi) juga menentukan.
2. Faktor-faktor apakah yang menyebabkan terjadinya penyimpangan arah berkas.

Nasukha

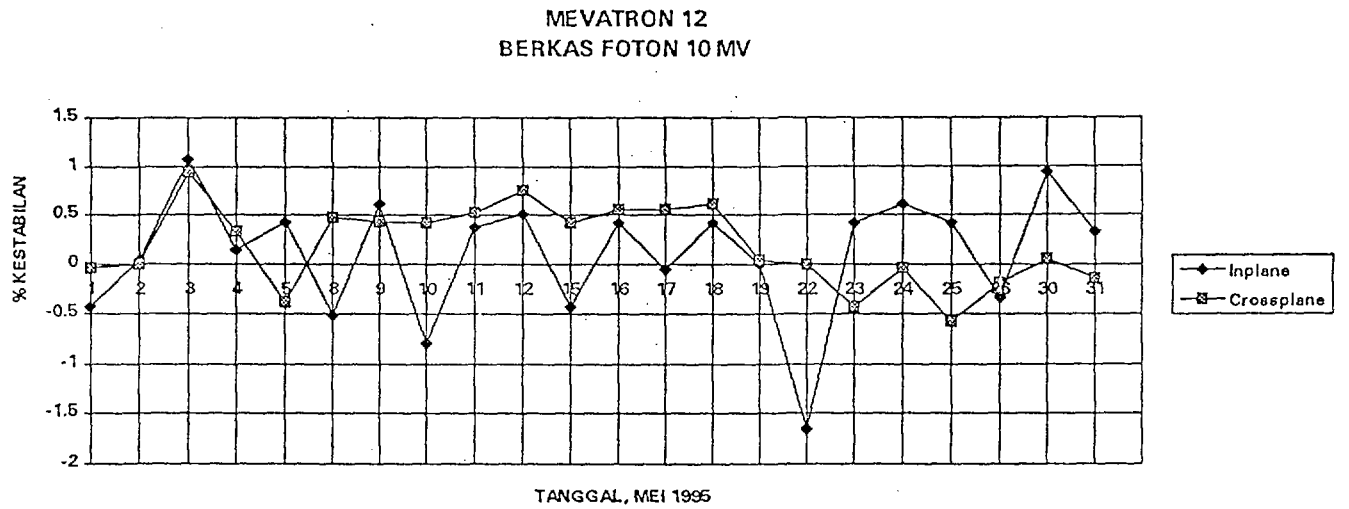
1. Stabilitas Linac memang tidak hanya ditentukan oleh distribusi berkas saja. namun dalam tulisan ini hanya dibahas kestabilan berkas saja, tidak memasukkan faktor energi. Memang betul energi ada pengaruhnya.
2. Penyimpangan arah berkas pada *bending magnet* bisa diakibatkan oleh aplikasi tegangan terhadap *bending magnet* atau mungkin saja *wave guidenya*.



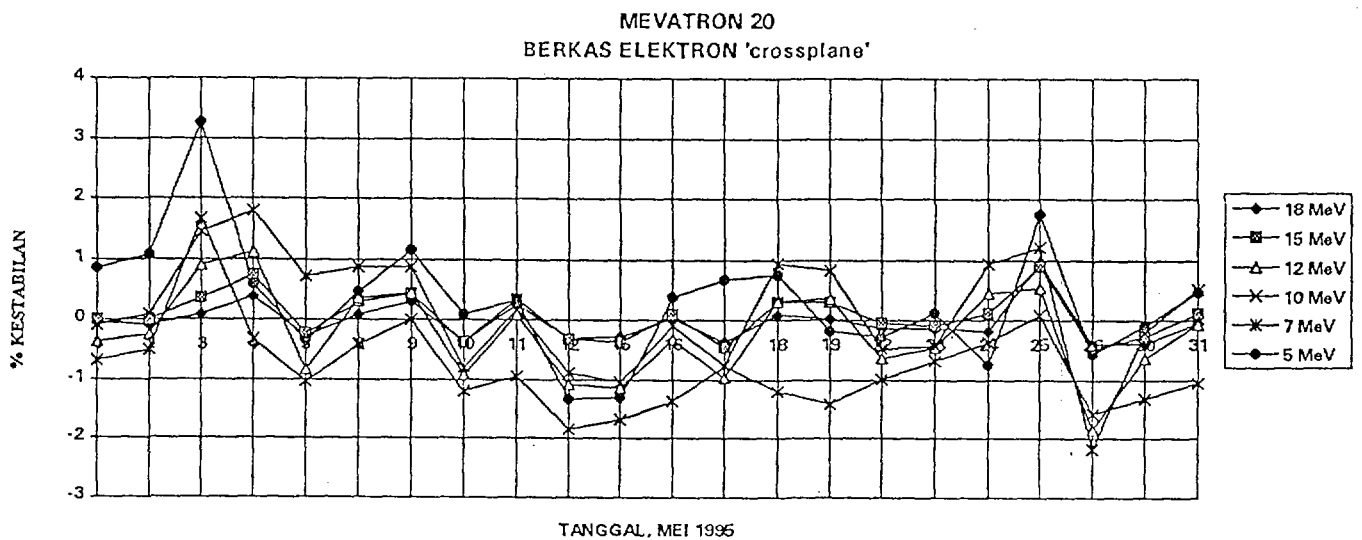
Gambar 6 : Stabilitas berkas elektron 'inplane' Mevatron 20



Gambar 7 : Stabilitas berkas foton Mevatron 20



Gambar 8 : Stabilitas pesawat Mevatron 12



Gambar 9 : Stabilitas berkas elektron 'crossplane' Mevatron 20