



# Radioterapi & Onkologi Indonesia

Journal of the Indonesian Radiation Oncology Society



## Tinjauan Pustaka

# APLIKASI TEKNIK *FIELD JUNCTION* PADA RADIOTERAPI

Rhandyka Rafli, Irwan Ramli

Departemen Radioterapi RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta

## Abstrak / Abstract

### Informasi Artikel

Riwayat Artikel

- Diterima November 2013
- Disetujui Desember 2013

Alamat Korespondensi:

dr. Rhandyka Rafli

Departemen Radioterapi RSUPN  
Cipto Mangunkusumo, Fakultas  
Kedokteran Universitas Indonesia,  
Jakarta.

E mail: bubuyrafl123@yahoo.com

Dalam praktek radioterapi, sering dipakai dua atau lebih lapangan yang terhubung dengan *field junction*. Berkas sinar (*beam*) bersifat divergen dan dapat menimbulkan dosis yang heterogen pada *field junction*. Hal ini menimbulkan daerah dengan dosis kurang (*underdose*) atau lebih (*overdose*) yang tidak diinginkan. Berbagai teknik dikembangkan untuk mengatasi persoalan ini, baik dengan menghilangkan divergensi berkas sinar, menyebarkan titik perbatasan (*junction*) atau dengan memperlebar penumbra. Setiap teknik memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pertimbangan yang tepat diperlukan dalam pemilihan teknik *field junction* yang sesuai dengan keadaan pada masing-masing pusat radioterapi.

**Kata kunci** : radioterapi, *field junction*, divergensi, penumbra

*In radiotherapy practice, it's a common procedure to connect two or more fields using field junction. Divergency of radiotherapy beam may produce non uniform dose at the junction field, therefore creating undesirable overdose and underdose regions. Various techniques were developed to overcome this problem, either by eliminating divergence, by spreading the junction point or widening beam penumbra. Each technique has its own advantages and disadvantages. Thoughtful consideration is needed to choose suitable junction field techniques for each radiotherapy center.*

**Keywords**: radiotherapy, *field junction*, beam divergence, penumbra

Hak Cipta ©2014 Perhimpunan Dokter Spesialis Onkologi Radiasi Indonesia

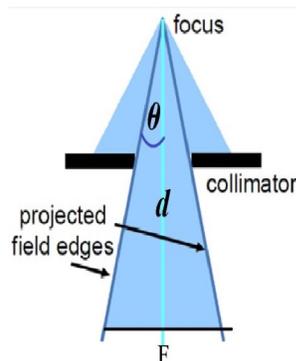
## Pendahuluan

*Field junction* adalah perbatasan antara dua lapangan radiasi yang berdekatan atau saling menempel. *Field junction* memiliki karakteristik dosimetri khusus yang disebabkan sifat divergen berkas sinar dan pertemuan penumbra kedua lapangan radiasi.<sup>1</sup>

Teknik *field junction* sering dipakai pada pelaksanaan radioterapi. Contohnya adalah pada kasus dengan *Planing Target Volume (PTV)* yang besarnya melebihi lapangan maksimum penyinaran, seperti pada penyinaran kraniospinal dan penyinaran seluruh kompartemen ekstremitas sarkoma.<sup>1,2</sup>

Berkas sinar bersifat divergen, sehingga radiasi pada lapangan yang bersebelahan akan menimbulkan perpotongan kedua tepi berkas sinar pada *field junction*. Sudut divergensi berkas sinar dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang sederhana (Gambar 1). Perhitungan besar sudut divergensi berkas sinar ini

menjadi dasar pengembangan beberapa teknik untuk mengatasi permasalahan *field junction*.<sup>1</sup>



$$\tan \theta = \frac{1}{2} \frac{F}{d}$$

$\theta$  = sudut divergensi  
 $F$  = panjang lapangan  
 $d$  = jarak SAD atau SSD

**Gambar 1.** Rumus perhitungan sudut divergensi berkas sinar.<sup>1</sup>

*Field junction* sederhana tanpa gap memiliki titik perpotongan tepi berkas sinar pada permukaan kulit, sehingga seluruh daerah berkas sinar yang tumpang tindih dibawah titik *junction* merupakan daerah dengan dosis berlebih.

*Field junction* dengan *gap* pada permukaan kulit akan memiliki titik perbatasan pada kedalaman tertentu, sehingga daerah diatas titik *junction* merupakan daerah dengan dosis kurang (*underdose*) dan daerah dibawah titik *junction* merupakan daerah dengan dosis berlebih (*overdose*) (Gambar 2).<sup>3,4</sup>

Adanya daerah dengan dosis yang berlebih atau kurang pada *field junction* merupakan kondisi yang tidak diinginkan. Area dengan dosis kurang yang mengenai PTV akan mengurangi keberhasilan terapi. Area dengan dosis yang berlebih yang mengenai organ target seperti medula spinalis, usus, esofagus dan jantung akan meningkatkan risiko terjadinya efek samping yang lebih besar. Divergensi berkas sinar juga dapat menyebabkan timbulnya daerah dengan dosis berlebih pada permukaan kulit, yang dapat memperburuk hasil secara kosmetik akibat terbentuknya jaringan parut (fibrosis).

Heterogenitas dosis pada *field junction* sering menjadi permasalahan bagi pekerja radioterapi. Beberapa konsep teknik *field junction* telah diteliti untuk mengurangi heterogenitas dosis pada *field junction*. Cara yang dilakukan adalah dengan menghilangkan divergensi berkas sinar, memperlebar penumbra tepi berkas sinar sehingga memberikan gradasi dosis yang lebih halus, dan dengan memindahkan titik *junction* menjadi beberapa lokasi berbeda. Setiap teknik memiliki kekurangan, kelebihan, serta hasil homogenitas dan tingkat kesulitan dalam pelaksanaan yang berbeda. Setiap pusat radioterapi hendaknya mempertimbangan hal tersebut ketika memilih teknik *field junction* yang paling cocok.

## Jenis dan Aplikasi *Field Junction*

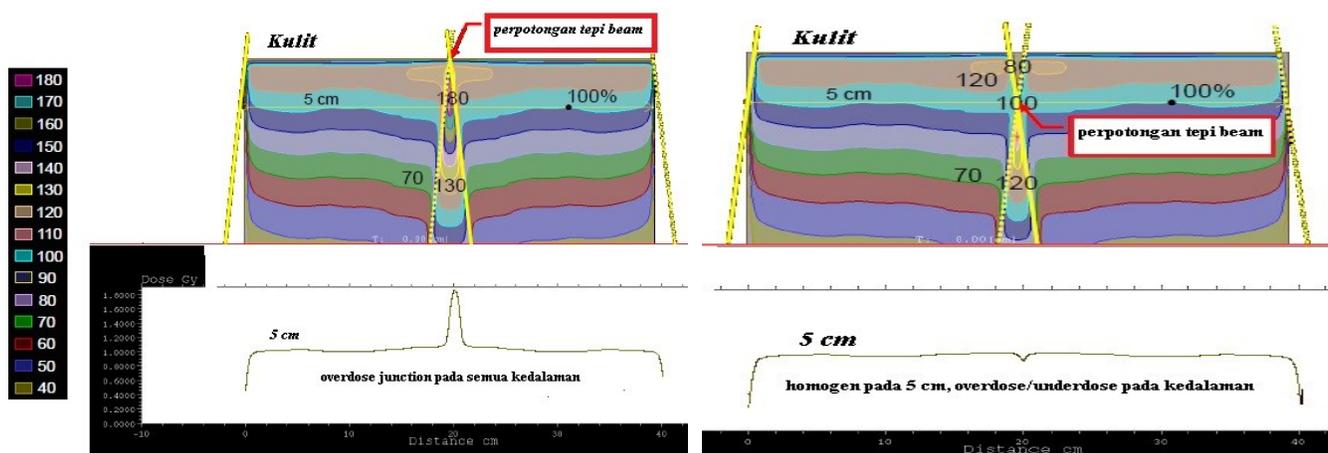
Saat ini sebagian besar radioterapi menggunakan sinar pengion berupa foton dan elektron dengan berbagai energi, sehingga *field junction* dapat terbentuk dari berbagai kombinasi sinar pengion, seperti :

### 1. Foton – foton *field junction*.

Aplikasi pemakaian lapangan Foton-Foton merupakan jenis *field junction* yang paling banyak dipakai secara klinis dan dapat ditemukan pada berbagai kasus, seperti radiasi kraniospinal antara lapangan kranial dan 2 lapangan spinal, radiasi kepala leher antara lapangan *opposing lateral* dengan lapangan supraklavikula, radiasi payudara antara lapangan tangensial dengan lapangan supraklavikula, radiasi paliatif tulang belakang dengan beberapa lapangan atau antara lapangan baru yang berbatasan dengan lapangan lama.

### 2. Foton – elektron *field junction*.

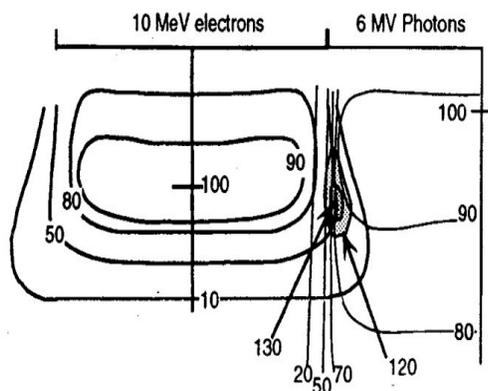
Penumbra elektron lebih besar daripada penumbra foton. Penumbra elektron memiliki sifat penurunan dosis yang cepat dalam jarak yang sempit (*rapid fall off dose*) dan *outscattering* yang tidak dimiliki foton. Hal ini menyebabkan daerah *overdose* dan *underdose* sulit dihindari pada *junction* foton–elektron (Gambar 3). *Field matching* menggunakan indikator cahaya lapangan menghasilkan variasi dosis sampai 25% pada titik *junction*. Hal ini disebabkan perbedaan penumbra pada kedua modalitas sinar. Variasi dosis ini akan meningkat seiring meningkatnya *setup error*. Pengaturan posisi yang tepat diperlukan untuk meningkatkan homogenitas pada perbatasan foton–elektron.<sup>3</sup>



**Gambar 2.** Daerah dengan dosis berlebih (*overdose*) terbentuk dibawah perpotongan tepi berkas sinar dan daerah dengan dosis yang kurang (*underdose*) terbentuk diatasnya.<sup>4</sup>

Kemikler G (2006)<sup>3</sup> merekomendasikan *gap* dengan jarak 2 mm antara lapangan foton dan elektron untuk mengurangi *overdose* dan *underdose* pada *junction* Foton-elektron. Ben Heijmen (2012)<sup>4</sup> merekomendasikan penggunaan SSD 110 cm untuk elektron pada *junction* Foton-Elektron, karena akan memberikan dosis yang homogen pada semua kedalaman daripada jika menggunakan jarak SSD 100 cm.

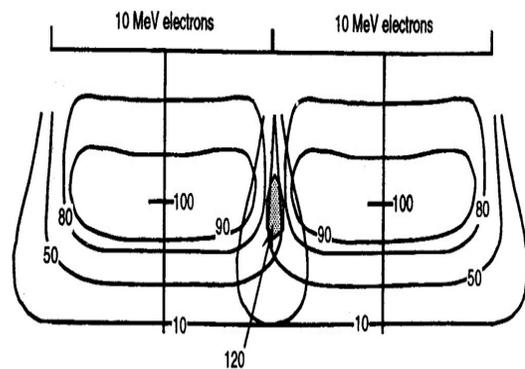
Aplikasi pemakaian lapangan foton–elektron dapat ditemukan pada berbagai kasus, misalnya: penggunaan elektron pada leher bagian belakang dan foton untuk lapangan *opposing lateral*, dengan tujuan mengurangi dosis medula spinalis pada penyinaran keganasan di kepala leher.



**Gambar 3.** Kurva isodosis *matching field junction* foton 6 MV dan elektron 10 MeV dengan *hotspot*.<sup>1</sup>

### 3. Elektron– elektron *field junction*.

Elektron-elektron *field junction* dapat ditemukan pada kasus penyinaran dengan target superfisial yang luas seperti tumor kulit. Pada beberapa kondisi, sulit untuk memberikan dosis yang homogen pada seluruh area target dengan satu lapangan elektron saja, oleh karena kelengkungan dinding dada. Penggunaan dua lapangan elektron yang berdekatan menimbulkan risiko munculnya dosis yang sangat tinggi pada daerah yang tumpang tindih (Gambar 4). Fraktur iga dan perforasi ventrikel pernah dilaporkan sebagai akibat dari *field matching* lapangan elektron yang tidak baik.<sup>1</sup>

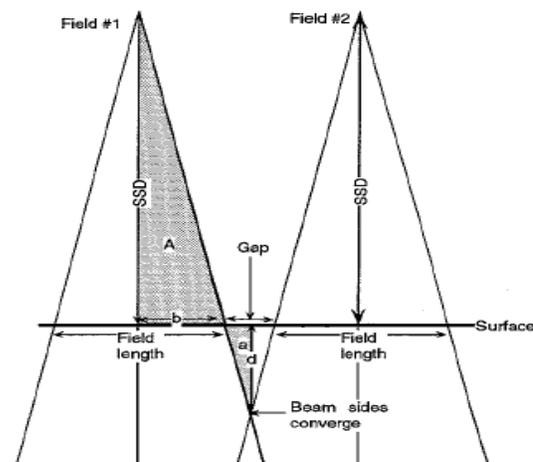


**Gambar 4.** Kurva isodosis *matching field* antara dua lapangan elektron 10 MeV.<sup>1</sup>

### Teknik *Field Junction*

#### 1. Teknik *gap separation*

Teknik ini dilakukan dengan memberi jarak antara lapangan pada permukaan kulit. Titik *junction* berada pada kedalaman yang menghasilkan dosis radiasi yang seragam. Jarak separasi *gap* antar lapangan dihitung berdasarkan geometri dari divergensi berkas sinar. Meskipun teknik ini cukup praktis dan dapat diterima pada kedalaman lebih dari 5 cm, selalu terbentuk daerah *underdose* di atas *junction* dan *overdose* di bawah *junction*. Lebar *gap* dapat dihitung dengan rumus seperti yang dideskripsikan pada Gambar 5.<sup>1,5</sup>

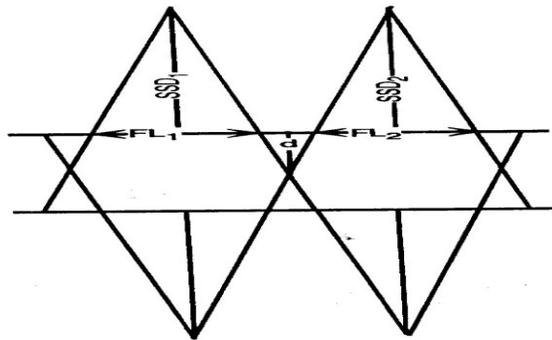


$$\text{Gap} = \frac{d \times b}{\text{SSD}}$$

d = kedalaman yang diinginkan  
b = setengah panjang lapangan  
SSD = Source skin distance

**Gambar 5.** Perhitungan lebar *gap* pada kedalaman yang telah ditentukan.<sup>1</sup>

Teknik gap separation dapat diaplikasikan pada lapangan yang arah berkas sinarnya saling berlawanan (*opposing*). Dosis paling homogen dapat dicapai apabila persilangan tepi berkas sinar berada pada setengah separasi tubuh pasien. *Gap* dapat dihitung dengan rumus yang dapat dilihat pada Gambar 6.

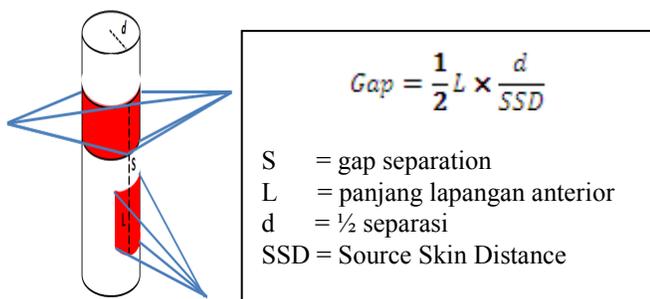


$$Gap = \frac{d}{2} \left( \frac{FL1}{SSD1} + \frac{FL2}{SSD2} \right)$$

d = setengah separasi  
 FL1 = Panjang lapangan 1  
 SSD 1 = Source Skin Distance 1  
 FL2 = Panjang lapangan 2  
 SSD 2 = Source Skin Distance 2

**Gambar 6.** Perhitungan lebar *gap* pada lapangan

Pada beberapa lapangan seperti lapangan dengan berkas sinar yang saling tegak lurus (*orthogonal*), penyinaran kepala leher dengan *beam opposing lateral* dan penyinaran lapangan supraklavikula bagian anterior; perhitungan separasi *gap* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang ada pada Gambar 7.



$$Gap = \frac{1}{2} L \times \frac{d}{SSD}$$

S = gap separation  
 L = panjang lapangan anterior  
 d = ½ separasi  
 SSD = Source Skin Distance

**Gambar 7.** Separasi *gap* untuk *field junction* pada penyinaran *orthogonal*.<sup>1</sup>

Berbagai penelitian dalam bidang dosimetri mengenai *field junction* menyebutkan bahwa teknik *gap* atau penempelan tepi lapangan secara sederhana dapat menimbulkan inhomogenitas sebesar 20%, dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya *setup error*.<sup>6</sup>

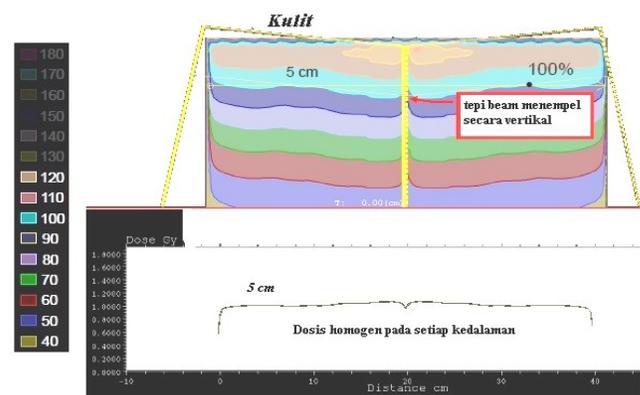
Hal lain yang harus diperhatikan pada teknik *gap* ini

adalah bahwa pemberian *gap junction* foton –foton pada kedua set lapangan *opposing* yang memiliki ukuran atau jarak yang berbeda akan menyebabkan hilangnya efek “*perfect match*” dari tepi berkas sinar, sehingga meskipun dengan setup yang akurat, tetap akan terbentuk daerah *overdose* dan *underdose*.

Pada penyinaran dengan batas lapangan yang tidak beraturan seperti lapangan radiasi mantel dan radiasi paraaorta, *gap* juga harus menyesuaikan dengan lapangan yang tidak beraturan tersebut, sehingga harus menggunakan blok individual.<sup>1</sup>

## 2. Teknik penyudutan

Teknik penyudutan dilakukan dengan membuat sumbu sinar saling menjauhi sehingga tepi berkas sinar menempel secara vertikal. Penyudutan dapat dilakukan dengan putaran meja, *gantry* dan kolimator (Gambar 9). Dengan pengaturan yang tepat, teknik ini bisa memberikan dosis yang homogen pada seluruh volume target (Gambar 8).<sup>1,7,8</sup>

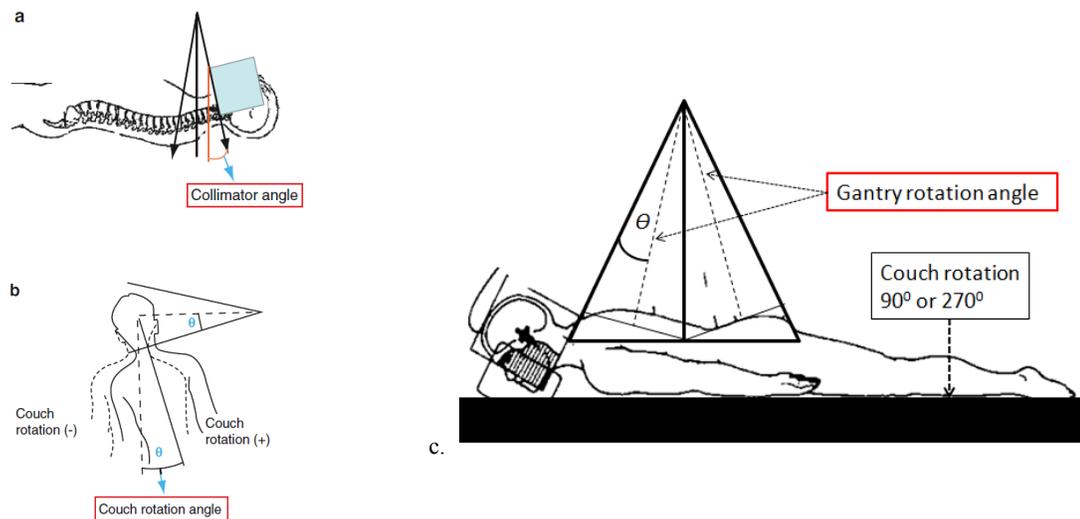


**Gambar 8.** Garis isodosis teknik penyudutan yang homogen pada setiap kedalaman.

## 3. Teknik *isocentric split*

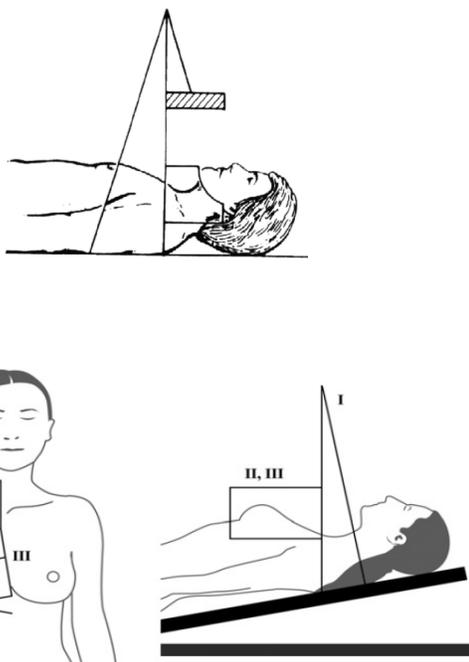
Teknik *isocentric split* dilakukan dengan membelah berkas sinar pada bidang yang melewati sumbu sentral dengan menggunakan *half beam block* atau *beam splitter*. Teknik ini menghilangkan divergensi berkas sinar pada bidang tersebut dan biasa digunakan pada lapangan penyinaran *orthogonal*, sehingga dosis yang homogen pada daerah perbatasan dapat dicapai. Akan tetapi, teknik ini menyebabkan hanya setengah lapangan yang bisa dipakai, sehingga tidak bisa diaplikasikan pada PTV yang melebihi luas lapangan penyinaran.<sup>9,10</sup>

Rosenthal (1998)<sup>11</sup> menganjurkan untuk memberi perhatian lebih pada *matching berkas sinar* dengan



**Gambar 9.** Berbagai teknik penyudutan dengan *field junction* : a) penyudutan dengan putaran kolimator, b) penyudutan dengan putaran *couch*, c) penyudutan dengan putaran *gantry* ( $90^{\circ}$  atau  $270^{\circ}$ ).<sup>8</sup>

teknik ini. Kesalahan dalam *matching* tepi berkas sinar sebanyak 1 mm dianggap masih dapat ditoleransi, sedangkan *gap* atau *overlap* sebanyak 2 mm akan meningkatkan dosis pada garis *matching* sebanyak 30-40%.



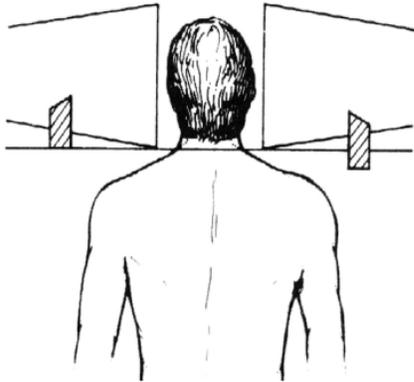
**Gambar 10.** Teknik *isocentric split* dengan menggunakan *half beam block* pada penyinaran payudara dan keganasan kepala leher.<sup>11,12</sup>

Hernandez dan Sempau (2011)<sup>12</sup> dalam penelitian dosimetrinya mengenai radiasi dengan *half beam block* menyatakan bahwa dosis pada *field junction* bervariasi cukup besar. Variasi ini bergantung pada pengaturan dan posisi relatif lapangan. Ketika lapangan anterior lebih dekat ke *gantry* daripada lapangan lateral, dapat muncul *gap* sehingga menyebabkan *underdose* pada *junction*. Ketika jarak lapangan anterior terhadap *gantry* lebih jauh daripada jarak lapangan lateral terhadap *gantry*, akan muncul *overlap* pada *junction* yang bisa menyebabkan daerah *overdose*. Perbedaan dosis pada *junction* ini bisa mencapai 18%. Dosis yang homogen pada lapangan bersebelahan pada radiasi yang dihasilkan *gantry* bersudut  $0^{\circ}$  tidak menjamin homogenitas pada sudut *gantry* lain karena dipengaruhi juga oleh posisinya, relatif terhadap lapangan radiasi.<sup>6,12</sup>

#### 4. Penumbra generator

Teknik lain yang dapat diterapkan pada penyinaran dengan lapangan bersebelahan adalah dengan menggunakan alat yang dapat memodifikasi tepi berkas sinar. Alat ini berupa *wedge* kecil yang dapat menghasilkan penumbra dengan karakteristik lebih lebar dan garis isodosis yang lebih rata secara paralel pada tepi berkas sinar yang akan di-*matching*. Dengan memodifikasi kedua tepi berkas, maka berkas sinar akan memiliki karakteristik yang serupa. Hal ini menyebabkan dosis menjadi lebih kurang sensitif terhadap *error*, karena terbentuknya *dose fall off* yang lebih bertahap. *Matching* tepi berkas sinar akan menyebabkan dosis yang relatif homogen pada pada

seluruh kedalaman *junction* dan pada seluruh luas daerah yang tumpang tindih.<sup>1,13,14</sup>

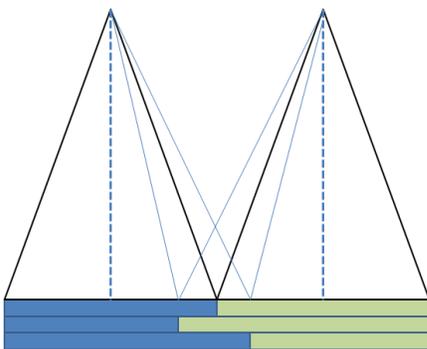


**Gambar 11.** Penumbra foton generator untuk lapangan kraniospinal

### 5. Moving junction

*Moving junction* atau dikenal juga dengan teknik *feathering* dilakukan dengan memindahkan *junction* atau tepi lapangan yang di-*matching* secara harian atau mingguan. Metode yang umum dipakai dalam *moving junction* adalah dengan menggeser *junction* 1 cm maju dan mundur setiap 3 hari.

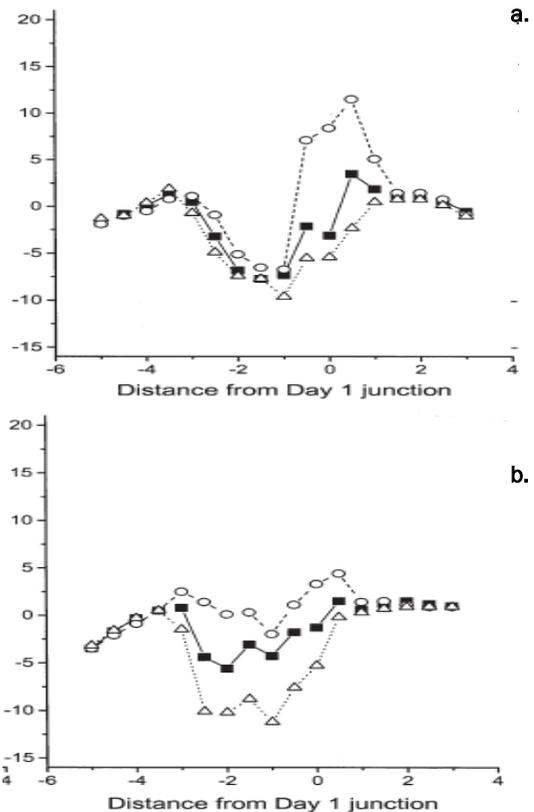
Pengembangan terbaru dari *moving junction* yaitu dengan memodifikasi setiap berkas sinar menjadi beberapa lapangan dengan titik *junction* berbeda, dan dilakukan penyinaran seluruh titik *junction* tersebut pada hari yang sama dengan membagi rata MU (*monitor unit*) dari *beam prescription* (Gambar 12). *Moving junction* diharapkan memperbaiki inhomogenitas dosis yang disebabkan kesalahan sistematis<sup>1,15</sup>



**Gambar 12.** *Moving junction* dengan titik *junction* yang disebar pada beberapa titik.<sup>4</sup>

*Moving junction* dapat digunakan pada *junction* Foton-Foton dan Foton-elektron. *Moving junction* pada lapangan Foton-Foton bisa diaplikasikan pada penyinaran kraniospinal. Pada kasus tertentu, pemakaian *moving junction* dapat ditambahkan dengan *gap* 0,5 mm jika *overdose* pada daerah dibawah *junction* terlalu tinggi.<sup>4,15</sup>

*Moving junction* pada *junction* Foton-elektron dilakukan dengan menggeser batas lapangan foton, sedangkan lapangan elektron tetap sama. Hal ini bertujuan untuk memperluas penumbra lapangan foton secara kumulatif, sehingga ketika bergabung dengan penumbra elektron (yang relatif lebih lebar) akan menghasilkan dosis yang lebih homogen pada *junction*.<sup>15</sup>



**Gambar 13.** Variasi dosis harian pada pasien 21 thn dengan radiasi kraniospinal. a) *junction* yang tetap. b) *moving junction*.<sup>15</sup> Keterangan: (▪) *Matching* yang tepat, (○) *Overlap* 2 mm, (Δ) *Gap* 2 mm.

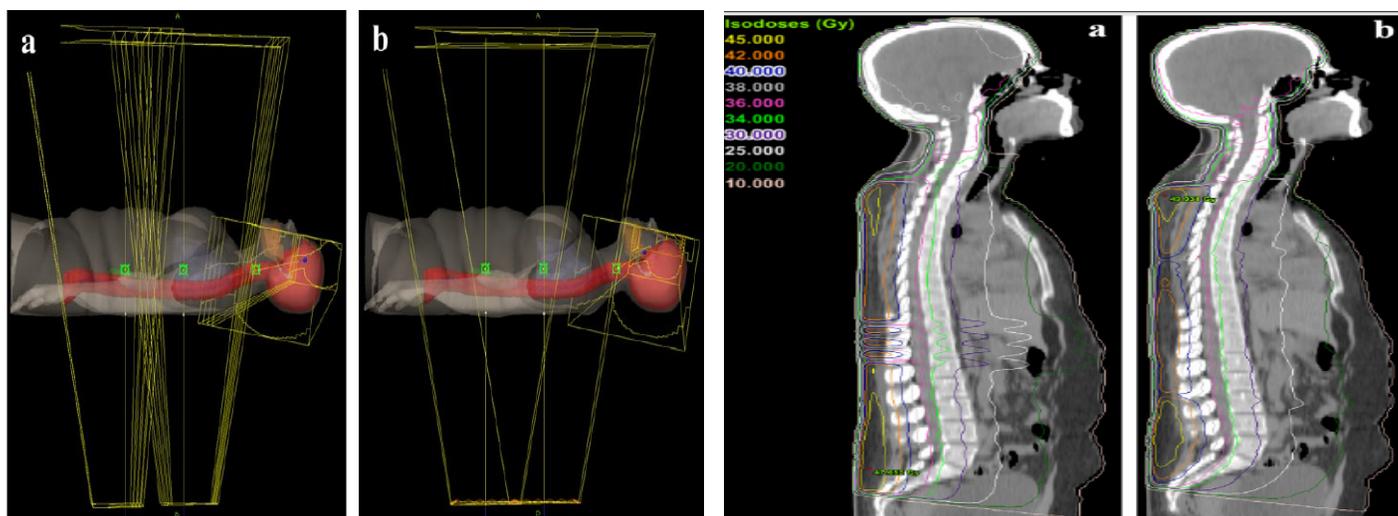
Kiltie AE (2000)<sup>15</sup> melakukan penelitian yang membandingkan dosis harian pada penyinaran kraniospinal dengan *field junction* yang tetap dan penyinaran kraniospinal dengan *moving field junction*. Ia juga menyebutkan bahwa *setup error* sebesar 2 mm akan menimbulkan daerah *overdose* dan *under dose*

yang cukup besar, namun dengan teknik *moving field junction*, variasi dosis yang dihasilkan akan lebih kecil. (Gambar 13).<sup>15</sup>

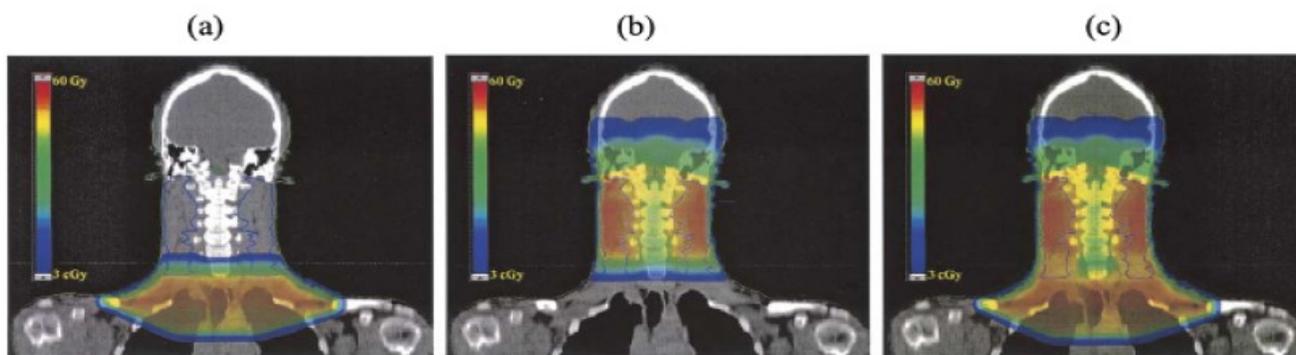
### **Field Junction pada IMRT**

Dengan menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), homogenitas dosis pada PTV dapat tercapai lebih baik dan dosis pada organ kritis lebih kecil. Pada beberapa kondisi, IMRT harus dilakukan dengan isosenter lebih dari satu, sehingga muncul *field junction*<sup>16,17</sup> Teknik *field junction* pada IMRT yang umum dipakai saat ini adalah *feathering* dengan menggeser *junction* pada setiap fraksi.<sup>4</sup>

Teknik lainnya adalah *dynamic split field* IMRT merupakan suatu teknik baru yang mampu menciptakan gradien dosis homogen pada daerah *junction* dengan *setup* 2 lapangan yang sederhana. Teknik ini diharapkan bisa mengurangi beban *setup* seperti pada *junction* dengan teknik penyudutan atau *moving junction*, sehingga dapat memberikan penyinaran dengan dosis homogen yang lebih cepat dan aman. Gambar 14 dan 15 memperlihatkan aplikasi teknik ini pada IMRT kraniospinal dan kepala leher.<sup>16,18,19</sup>



**Gambar 14.** a. IMRT dengan *Inter-fractional moving junction*. b. Teknik *dynamic split beam* IMRT dengan gradien dosis yang lebih halus pada *junction*.<sup>19</sup>



**Gambar 15.** Distribusi dosis pada *dynamic split field* IMRT. a) Dosis pada supraklavikula. b) Dosis pada leher atas. c) Gabungan kedua lapangan tersebut memperlihatkan dosis yang halus pada daerah *junction*.<sup>18</sup>

### **Pertimbangan Klinis pada Aplikasi Field Junction**

Terdapat beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan dalam melakukan *matching field* lapangan yang bersebelahan. Salah satunya adalah

daerah yang dipilih sebagai *matching* sebaiknya tidak mengandung tumor atau struktur kritis lainnya. Jika posisi tumor relatif lebih superfisial dari titik *junction*, sebaiknya tidak diberikan *gap* karena akan menyebabkan *coldspot* yang meningkatkan risiko kekambuhan. Dengan tidak memberikan *gap*, sinar

akan tumpang tindih pada kedalaman tertentu, yang secara klinis masih dapat diterima asalkan dosis pada jaringan di bawahnya tidak melewati batas toleransi.

Jika tumor berada pada permukaan, sedangkan organ kritis berada pada kedalaman, *field junction* bisa digunakan dengan teknik yang menghilangkan divergensi beam seperti *beam splitter* atau dengan teknik penyudutan. Untuk tumor yang terletak cukup dalam, lapangan bisa dipisah dengan *gap* pada permukaan.

Teknik *field matching* harus diverifikasi dengan distribusi dosis sebenarnya sebelum digunakan dalam aplikasi klinis secara umum. Hal ini berarti pengaturan berkas sinar dengan batas lapangan dengan *visual light beam* dan akurasi *isodose* pada penumbra harus diperhitungkan.

Rosenthal dkk., (1998)<sup>11</sup> meneliti efek kesalahan posisi kolimator pada garis *matching* antara dua lapangan konvensional seperti pada penyinaran lapangan lateral dan anterior untuk keganasan orofaring. Dalam studi

ini, *error* 2 mm terhadap posisi kolimator menyebabkan *overdose* dan *under dose* sebanyak 20% pada garis *matching*. Reproduksi dari garis *matching* tidak perlu dilakukan setiap hari, karena variasi harian akan menyebabkan dosis pada *junction* lebih menyebar dan hal ini adalah menguntungkan. Alasan ini juga yang mendasari dilakukannya pergeseran *junction* setiap dua atau tiga kali penyinaran.<sup>10,11</sup>

Kompleksnya *setup* pada *field junction* dapat meningkatkan kejadian terjadinya *set-up error* yang bisa berdampak klinis. Pemilihan teknik *field junction* yang dipakai secara umum pada suatu pusat radioterapi juga perlu disesuaikan dengan beban kerja radiografer untuk melakukan *set-up field junction* secara rutin. Pada pusat radioterapi yang lebih maju, dapat memilih teknik *dynamic split field* IMRT karena dapat mengurangi beban kerja radiografer serta lebih aman dan tepat.<sup>16</sup>

## DAFTAR PUSTAKA

- Bentel GC. Radiation Therapy Planning. Edisi kedua. New York:McGraw-Hill; 1996.
- Miles EA, Venables K, Hoskin PJ, Aird EG, START Trial Group. Dosimetry and field matching for radiotherapy to the breast and supraclavicular fossa. *Radiother Oncol.* 2009; 91:42-8.
- Kemikler G. Dosimetric effect of *matching* 6MV photon and electron fields in the treatment of head and neck cancers. *Radiation measurement.* 2006; 41:183-8.
- Ben Heijmen, Trine JN. Field junctions theory and practice. Paper presented at: ESTRO- Physics for clinical radiotherapy; 2012 October 21; Bangkok, Thailand.
- Hopfan S, Reid A, Simpson L, Ager PJ. Clinical complications arising from overlapping of adjacent radiation fields. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.*1997; 2: 801-8
- El-Mongy M, Mehany GA, Tolba AR. Measured and calculated dose to the junction between supraclavicular field and tangential fields using different techniques in post-mastectomy radiotherapy. *J Egypt Natl Canc Inst.* 2009;21:203-8.
- Michalski JM, Klein EE, Gerber R. Method to plan, administer and verify supine craniopinal irradiation. *J Appl Clin Med Phys.*2002; 3: 310-6.
- Beyzadeoglu M, Ozyigit G, Ebruli C. Basic Radiation Oncology. Berlin: Springer; 2010.
- Parker WA, Freeman CR. A simple technique for craniospinal radiotherapy in supine position. *Radiother Oncol.* 2006; 78:217-22.
- Bloemen-vangurp E, Du bois W, Bruivins I, Jalink D, Hermans J, Lambin P. Clinical dosimetry with MOSFET dosimeter to determine the dose along the field junction in a split beam technique. *Radiother Oncol.* 2003; 67: 351-7.
- Rosenthal DI, McDonough J, Kassae A. The effect of independent collimator misalignment on dosimetry of abutted halfbeam blocked fields for treatment of head and neck cancer. *Radiother Oncol.* 1998; 49: 273-8.
- Hernandez V, Sempau J. The influence of the field setup on the dosimetry of abutted fields in single-isocenter half-beam techniques. *Med Phys.* 2011; 38: 1468-72.
- Lachance B, Tremblay D, Pouliot J. A new penumbra generator for electron fields *matching* *Med. Phys.* 1997; 24:485-95.
- Birgani MJT, Ansari M, Behrooz MA. A new method for ideal distribution of adjacent fields for external beam radiation therapy. *Med J Isl Rep Iran.* 2007; 20:192-7.
- Kiltie AE, Povall JM, Taylor RE. The need for the moving junction in craniospinal irradiation. *Br J Radiol.* 2000; 73:650-4.
- Amdur RJ, Liu C, Li J, Mendenhall W, Hinerman R. *Matching* Intensity-Modulated radiation to an

- anterior low neck field. *Int J Radiat Oncol Bio Phys.* 2007; 69 Suppl 2:S46-8.
17. Bahl A, Basu KS, Sharma DN, Rath GK, Julka PK, Thulkar S. Integral dose to the carotid artery in intensity modulated radiotherapy of carcinoma nasopharynx : extended field IMRT versus split-field IMRT. *J Cancer Res Ther.* 2010; 6:585-7.
  18. Duan J, Shen S, Spencer SA, Ahmed RS, Popple RA, Ye Sj, et al. A dynamic supraclavicular field-*matching* technique for head and neck cancer patients treated with IMRT. *Int J Radiat Biol Phys.* 2004; 60:959-72.
  19. Seppälä J, Kulmala J, Lindholm P, Minn H. A method to improve target dose homogeneity of craniospinal irradiation using dynamic split field IMRT. *Radiother Oncol.* 2010; 96:209-15.