

# Electromagnetic Interference of Permanent Pacemaker

Sefri Noventi Sofia, Yoga Yuniadi

Arrhythmias Division, Department of Cardiology and Vascular Medicine, Faculty of Medicine University of Indonesia, and National Cardiovascular Center Harapan Kita

Increasing numbers of permanent pacemaker implantation in Indonesia raise the needs of electromagnetic interference (EMI) knowledge. EMI potentially result in pacemaker malfunction or failure that endangered the patient. This review discuss EMI sources that exist around patient daily live such as magnetic resonance imaging (MRI) examination, cellular phone, microwave oven, metal detector gate, elctrical cardioversion etc.

(J Kardiol Indones. 2012;33:41-9)

**Keywords:** permanent pacemaker, electromagnetic interference

# Interferensi Elektromagnetik pada Pacu Jantung

Sefri Noventi Sofia, Yoga Yuniadi

Seiring dengan pemasangan alat pacu jantung menetap yang makin banyak dilakukan di Indonesia terdapat peningkatankeperluan tentang pengetahuaninterferensi elektromagnetik (EMI). EMI dapat menyebabkan terganggunya fungsi alat pacu jantung menetap bahkan sampai menimbulkan keadaan yang berbahaya. Beberapa sumber EMI yang sering ditemui sehari-hari seperti pemeriksaan magnetic resonance imaging (MRI), telpon seluler, microwave, gerbang metal detector, kardioversi elektrik dan lain-lain akan diuraikan secara singkat pada tinjauan pustaka ini.

(J Kardiol Indones. 2012;33:41-9)

**Kata kunci:** pacu jantung menetap, interferensi elektromagnetik

## PENDAHULUAN

Pemasangan pacu jantung saat ini telah banyak dilakukan diseluruh dunia dengan berbagai indikasi. Meskipun pacu jantung merupakan alat yang canggih dan rumit, namun kerja pacu jantung dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor baik internal maupun eksternal. Terutama pasien yang dependent pacu jantung yang sangat berisiko untuk mendapatkan efek negatif dari gangguan elektromagnetik atau electromagnetic interference (EMI). EMI secara

umum didefinisikan sebagai gangguan fungsi pacu jantung akibat sinyal yang dihasilkan oleh suatu sumber eksternal.<sup>1</sup>

Saat ini alat pacu jantung relatif lebih kebal terhadap terjadinya EMI karena sirkuit pacu jantung yang dilapisi bahan titanium atau stainless steel sebagai penyekat. Beberapa sistem pacu jantung dapat menyaring sinyal non-kardiak dari luar dengan menggunakan bandpass filter yang dapat mencegah sensing sinyal eksternal sehingga menyebabkan EMI. Dokter maupun pasien perlu mengetahui sejauh mana pengaruh sumber EMI terhadap pacu jantung untuk mencegah efek gangguan elektromagnetik yang tak diinginkan tersebut atau justru untuk tidak terlalu menyikapinya secara berlebihan. Beberapa sumber elektromagnetik dari luar baik dari bidang medis maupun nonmedis yang diperkirakan dapat mengganggu fungsi pacu jantung adalah sebagai berikut:

### Alamat Korespondensi:

Dr. dr. Yoga Yuniadi, SpJP, Divisi Aritmia dan Elektrofisiologi, Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular FKUI dan Pusat Jantung Nasional Harapan Kita, Jl. S Parman Kav 87 Jakarta 11420.  
E-mail: [yogayun@yahoo.com](mailto:yogayun@yahoo.com)

## I. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

MRI merupakan salah satu alat diagnostik yang penting dan memiliki banyak manfaat dibandingkan media diagnostik X-Ray lainnya. MRI saat ini merupakan modalitas pilihan untuk pemeriksaan otak, tulang belakang, sistem muskuloskeletal, kepala dan leher serta struktur jaringan lunak lainnya. Sebelumnya MRI merupakan kontraindikasi mutlak bagi pasien yang dipasang pacu jantung maupun ICD karena risiko terjadinya interaksi elektromagnetik antara MRI dengan sistem pacu jantung. Beberapa mekanisme interaksi antara MRI dengan sistem pacu jantung antara lain meliputi : pergerakan generator atau lead, perubahan atau modifikasi fungsi pacu jantung baik secara temporer maupun permanen, sensing maupun triggering yang tak sesuai program, pemanasan lead yang berlebihan, maupun pencetus aliran elektrik pada lead.

Achenbach meneliti efek MRI pada sebelas elektroda dan pacu jantung, didapatkan peningkatan temperatur ujung lead, tidak didapatkan malfungsi pacu jantung pada mode asynchronous (VOO/DOO), terdapat inhibisi dan rapid pacing pada saat spin-echo imaging pada pacu jantung mode VVI atau DDD.<sup>2</sup>

Roquin dkk melakukan penelitian pada 17 ICD dan 9 model pacu jantung yang kemudian dilakukan pemeriksaan MRI untuk dinilai bagaimana efek pemanasan lead, fungsi alat pacu jantung, serta distorsi image pada pasien dengan pacu jantung yang dilakukan pemeriksaan MRI 1,5 T secara *in vivo* dan *in vitro*. Dari pengukuran *in vivo* didapatkan peningkatan temperatur lead  $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$ . Beberapa alat ICD generasi lama (produksi sebelum thn 2000) mengalami kerusakan oleh MR scan, namun ICD generasi baru dan sebagian besar pacu jantung tidak mengalami kerusakan. Pacing threshold dan amplitude electrogram intracardiac tidak mengalami perubahan setelah 8 minggu, kecuali pada satu hewan yang mengalami kegagalan capture transient (<12 jam). Hasil patologi menunjukkan adanya area necrosis atau fibrosis yang tidak berbeda bermakna dibandingkan dengan kontrol.<sup>3</sup>

Saat ini telah banyak dikeluarkan sistem pacu jantung yang didesain aman untuk pemeriksaan MRI. Willkoff mencoba meneliti keamanan dan efektivitas pacu jantung yang didesain aman untuk MRI pada 464 pasien yang dipasang dual chamber pacu jantung kemudian dievaluasi segera setelah tindakan, serta 1 minggu dan 1 bulan paska pemeriksaan MRI. Hasilnya tidak didapatkan komplikasi segera setelah pemeriksaan MRI, termasuk sustained ventricular

arrhythmia, inhibisi atau output failure, reset electrical, maupun malfungsi pacu jantung yang lain. Didapatkan perubahan minimal pada pacing capture threshold dan sensed electrogram amplitude, namun tidak berbeda dibandingkan grup kontrol (yang tidak dilakukan MRI).<sup>4</sup>

Beberapa rekomendasi yang disarankan oleh Martin et al (2004), Roquin et al (2004), Loewy et al (2004), The American College of Radiology (2007), serta The American College of Cardiology/American Heart Association (2007) tentang bagaimana pelaksanaan pemeriksaan MRI pada pasien yang non-pacu jantung dependent antara lain: pertama kali pastikan rasio risk-benefit pada pasien tersebut, berikan informed consent baik lisan maupun tertulis, lakukan pretest fungsi pacu jantung sebelumnya, seorang kardiolog atau elektrofisiolog perlu memutuskan apakah perlu dilakukan program ulang sebelum pemeriksaan MRI serta mendampingi pasien selama pemeriksaan MRI. Tekanan darah, pulse rate, saturasi oksigen dan ECG pasien perlu dimonitor secara continuous selama pemeriksaan MRI, alat defibrillator harus selalu tersedia, pasien sebaiknya selalu dijaga kontak mata dan visualnya. Beritahukan kepada pasien untuk waspada bila dirasakan rasa tidak nyaman atau adanya sensasi yang tak biasa sehingga mungkin pemeriksaan MRI perlu dihentikan. Setelah pemeriksaan MRI selesai, kardiolog atau elektrofisiolog perlu melakukan interogasi ulang untuk mengkonfirmasi fungsi pacu jantung dan memastikan fungsi pacu jantung sama seperti sebelum dilakukan pemeriksaan MRI.

## 2. Fisioterapi

Telah banyak dilaporkan sebelumnya tentang interaksi antara pacu jantung dengan beberapa prosedur fisioterapi yang menggunakan sumber elektromagnet. Disisi lain, perlu menjadi perhatian kita bahwa beberapa pasien yang telah dilakukan implantasi pacu jantung tidak bisa mendapatkan fisioterapi yang optimal. Keterbatasan data sebelumnya tentang keamanan fisioterapi pada pasien dengan pacu jantung menyebabkan para fisioterapis lebih cenderung menerapkan terapi konvensional saja pada pasien dengan pacu jantung sedangkan pasien tersebut bisa saja mendapatkan hasil atau manfaat yang lebih baik dengan modalitas fisioterapi yang lebih canggih. Beberapa modalitas fisioterapi yang dilaporkan dapat menyebabkan EMI pada pasien dengan pacu jantung adalah sebagai berikut:

### A. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)

TENS biasanya digunakan sebagai terapi untuk menghilangkan nyeri muskuloskeletal baik akut maupun kronik, yaitu dengan meletakkan elektrode pada kulit dan digunakan berbagai stimulasi dengan frekuensi, intensitas maupun pulse durasi yang bervariasi. Interferensi eksternal ini dapat mempengaruhi pacu jantung melalui 3 cara yaitu pertama bila sinyal TENS melebihi sirkuit deteksi, hal ini dapat terjadi pada synchronous pacu jantung. Kedua, sinyal TENS mempengaruhi sirkuit generator sehingga mempengaruhi timing cycle yang dapat menyebabkan generator berhenti. Ketiga, TENS dapat merubah program atau merusak pacu jantung itu sendiri. Asynchronous pacu jantung biasanya kurang dipengaruhi oleh interferensi eksternal, sebaliknya synchronous pacu jantung lebih sensitif terhadap sumber interference eksternal karena program dari potensial R-wave hanya beberapa milivolts sehingga pacu jantung jenis ini dapat dipengaruhi peralatan elektrik yang mengeluarkan energi continuous dengan frekuensi 50-60 Hz. Frekuensi yang biasa digunakan pada TENS konvensional adalah 12-100 Hz.<sup>5</sup>

Pinski dan Trohman melaporkan adanya interaksi EMI pada pasien dengan pacu jantung yang dilakukan TENS. Mereka mengatakan bahwa TENS dapat digunakan pada pasien yang dipasang modern pacu jantung bipolar atau unipolar jika sensitivitasnya diturunkan. Eriksson melaporkan terjadinya inhibisi pacu jantung pada empat pasien dengan non-programmable unipolar pacu jantung, dimana beberapa studi lain menyebutkan bahwa inhibisi oleh TENS pada pacu jantung dapat dikurangi dengan memprogram pacu jantung menjadi lebih sensitif, akan tetapi hal ini dapat menyebabkan undersensing pacu jantung atau kompetitif antara pacu jantung dengan irama intrinsik.<sup>6</sup> Cen dan Phillip meneliti 2 pasien dengan pacu jantung yang dilakukan TENS kronik, dari hasil EKG selama tindakan TENS tidak menunjukkan adanya disfungsi pacu jantung, namun hasil holter monitoring setelah tindakan TENS didapatkan interferensi fungsi pacu jantung. Kelainan tersebut tidak kembali meskipun telah dilakukan reprogram sensitivitas pacu jantung.<sup>7</sup> Risiko interferensi TENS tampaknya lebih rendah bila elektrode TENS diletakkan jauh dari pacu jantung dan bila digunakan dengan frekuensi rendah, mungkin dengan mengontrol jarak dan frekuensi TENS, serta pemilihan pasien yang berisiko rendah

seperti pasien yang menggunakan pacu jantung sistem bipolar atau asynchronous maka TENS cukup aman digunakan.

### B. Electro-Acupuncture (EA)

Acupuncture merupakan modalitas fisioterapi dengan menusukkan jarum ke dalam kulit pada titik tertentu untuk mengurangi rasa nyeri. Terapi ini biasanya dianggap memiliki risiko rendah untuk menimbulkan interferensi pada pasien dengan pacu jantung karena tidak menggunakan aliran elektrik. Akan tetapi ada suatu laporan kasus yang melaporkan terjadinya reaksi pada pasien yang dipasang pacu jantung dengan acupuncture. Apaloo dkk melaporkan pasien dengan pacu jantung yang mengalami episode sinkope pada saat dilakukan acupuncture elektrik yang diberikan stimulus listrik dengan berbagai frekuensi dan voltage untuk menimbulkan efek blok nyeri yang lebih lama, namun penulis tidak menemukan kelainan pada interrogation pacu jantung. Sinkope akibat acupuncture ini mungkin disebabkan oleh kelainan lain diluar EMI. Meskipun tindakan acupuncture relatif aman pada pasien dengan pacu jantung, namun karena berkembang adanya issue adverse effect terutama pada electro-acupuncture maka perlu penelitian lebih lanjut. Cumming dkk meneliti efek electro-acupuncture pada pacu jantung dengan menggunakan PicoScope untuk melihat dan merekam aliran elektrik yang terjadi. Hasil observasi Cumming menunjukkan bahwa bila jarum ditusukkan dibawah lutut atau siku maka tidak terdeteksi aliran elektrik didaerah dada, hal ini sesuai dengan guidelines oleh British Medical Acupuncture Society (BMAS) yang menyatakan EA sebaiknya tidak digunakan di area yang dapat menimbulkan aliran listrik ke dada.<sup>8</sup>

### C. Diathermy

Diatermi merupakan metode pemanasan jaringan dalam dengan menggunakan ultrasound ataupun elektrik untuk menghilangkan nyeri. Short-wave diathermy (SWD) secara spesifik mengacu pada terapi dengan menggunakan radiasi radiofrequency electromagnetic untuk mencapai pemanasan jaringan dalam, sehingga penggunaan terapi ini berpotensi mengganggu pacu jantung. Panas yang ditimbulkan dapat membakar jaringan sekitar dan merusak sirkuit pacu jantung, disamping itu medan elektromagnetik yang dihasilkan dapat mengganggu program pacu

jantung. Sebuah review menyatakan bahwa interferensi pacu jantung akibat penggunaan SWD continuous lebih banyak terjadi pada demand pacu jantung daripada asynchronous pacu jantung. Valtonen dkk menemukan SWD dapat menyebabkan penurunan output pacu jantung dan meningkatkan pulse rate. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh power yang digunakan, jarak antara elektrode dan pacu jantung dan orientasi pacu jantung dan lead terhadap medan elektrik SWD. Study lain tidak menemukan adanya disrupsi pada delapan pasien dengan pacu jantung yang dilakukan SWD, hal ini dikatakan mungkin karena semakin berkembangnya modern pacu jantung shielding.

#### D. Light Amplification Stimulated Emission of Radiation (Laser)

Terapi laser menggunakan infra red untuk memperbaiki penyembuhan luka dan menghilangkan nyeri. Terapi ini dikenal baik untuk membantu penyembuhan kelainan kulit dan muskuloskeletal tanpa efek termis dan dikatakan memiliki peran terapeutik pada arthritis rheumatoid, gangguan sendi post trauma dan nyeri miofasial. Sebuah review oleh Volkman dkk menyatakan bahwa laser tidak menimbulkan bahaya pada pasien dengan pacu jantung dan relatif aman dibandingkan ultrasound,

termoterapi dan fototerapi. Berikut tabel rekomendasi dari International Physiotherapy Societies dan dari perusahaan CRD.

### 3. Telepon selular

Telepon selular dapat berinteraksi dengan pacu jantung dengan menghambat pacing output, sebabkan asynchronous pacing dan ventricular triggering. Interaksi akan lebih mudah terjadi jika lokasi antena dekat dengan pulse generator header. Hayes dkk mempublikasikan sebuah artikel studi multicenter dengan 980 pasien yang membandingkan efek dan interaksi antara berbagai jenis telepon selular dengan pacu jantung. Insidensi terjadinya interferensi adalah 20%. Tipe interferensi yang paling banyak adalah tracking ventricular dari sinyal dikenali di channel atrial, noise reversion, dan inhibisi output ventricle. Tidak didapatkan interferensi yang secara klinis signifikan jika telepon diletakkan secara normal ditelinga. Interferensi yang secara klinis bermakna terjadi hanya pada 1,7% tes dimana telepon diletakkan tepat diatas pacu jantung. Interferensi lebih banyak terjadi pada sistem dual chamber (25,3%) dibanding single chamber (6,8%), serta pada grup dengan telepon digital (24%) dibanding telepon analog (3%). Pasien dengan ketergantungan pacu jantung sebaiknya menggunakan telepon selular yang menggunakan sistem analog. Membawa telepon

**Table 1 Summary of international physiotherapy societies recommendations**

Society	Recommendation
APTA (American Physical Therapy Association) <sup>a</sup>	No comment
APA (Australian Physiotherapy Association)	Refer to Robertson et al. <sup>28</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deep heating: SWD C/I within 3 m of inbuilt pulse generator (e.g. pacemaker); MW and US C/I over pulse generator</li> <li>• Superficial heating or cold: no C/I</li> <li>• Estims (electrical stimulation e.g. TENS)—C/I over stimulator</li> <li>• US (no/low heat)—C/I over pulse generator</li> <li>• UV/Laser—no C/I</li> </ul>
CPA (Canadian Physiotherapy Association) <sup>b</sup>	No specific recommendations are implemented. A document is in preparation at the time of writing.
OPA (Ontario Physiotherapy Association) <sup>c</sup>	No specific recommendations are implemented.
International Society of Educators in Physiotherapy (Australia)	Refer to Robertson et al. <sup>28</sup>
Chartered Society of Physiotherapists (UK) <sup>d</sup>	No comment
Irish Society of Chartered Physiotherapists <sup>e</sup>	No comment

**Table 2 Cardiac rhythm device manufacturers' recommendations for use of physical therapy modalities in cardiac rhythm device patients**

Physical therapy modality	Recommendations
<b>Medtronic<sup>10</sup></b>	
Acupuncture—no electrical stimulus	Low risk of affecting pacemaker or ICD
Interferential Electrical Current Therapy	Potential pacemaker reversion or magnet rate Potential ICD shock Recommend magnet application for ICD and pacemakers
Magnetic Therapy	Low risk when following safety precautions Potential pacemaker reversion or magnet rate Potential disable of ICD detection circuit Maintain a 6 in. (15 cm) distance between all therapy magnets and an implanted device
MET (Microcurrent Electrical Therapy) Alpha-Stim 100 <sup>®</sup>	Potential pacemaker reversion or magnet rate  Potential pacemaker inhibition Potential ICD shock
Pulse Radiation Therapy	Low risk when following safety precautions Potential pacemaker reversion or magnet rate Potential pacemaker inhibition Potential ICD shock Magnet application recommended for pacemaker and ICD. Nerve ablation can damage pacemaker and ICD circuitry, if it is administered within 6 in. (15 cm) of the device. If the ablation is farther than 6 in. (15 cm), there is the potential for pacemaker reversion or ICD shock.
TENS Unit (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)	Potential pacemaker reversion or magnet rate  Potential pacemaker inhibition Potential ICD shock There is a lower risk of the pacemaker or ICD detecting TENS when used on extremities
Ultrasound diagnostics/therapeutics	Low risk when following safety precautions Maintain a 6 in. (15 cm) distance between the transducer head and the implanted device
<b>Guidant—Boston Scientific<sup>28</sup></b>	
Diathermy	Direct current interference Possible inhibition of pacing or asynchronous pacing Possible device reset Risk of inappropriate shock Possible device damage due to heating effects Recommendations: temporarily deactivate ICD, no direct contact, monitor patient and watch for interactions, confirm normal device operation and programmed parameters
TENS (Trancutaneous electrical nerve stimulation)	Direct current interference  Possible inhibition of pacing or asynchronous pacing Risk of inappropriate shock Generally contraindicated for patients Recommendations: place TENS electrodes as close together as possible, place TENS electrodes as far from device/lead system as possible, test TENS settings in clinic before home use (test at maximum output and high/low frequencies, use lowest clinically effective setting, instruct patient not to change any settings)
<b>Ultrasound</b>	
St. Jude Medical (Hospital EMI and the Pacemaker/Implantable Cardioverter Defibrillator (ICD) Patient, personal communication)	No EMI concerns
Diathermy	Avoid, even if the device is programmed off
TENS	Place a magnet over the device, positioned off-centre, to suspend arrhythmia detection. A magnet reversion will not affect the bradycardia pacing function of the device; therefore, the need for asynchronous pacing must be evaluated OR program the device to non-tachyarrhythmia configuration, e.g. 'Defic Off', 'All Functions Off' or 'Brady Pacing Only'. Programming the pacer to the bipolar mode of sensing and decreasing the sensitivity level will minimize the potential for interaction with TENS stimulation.

	Burst mode is contraindicated Recommendations: (i) monitor the patient's heart rate during the procedure, (ii) electrode placement should be left to right (lateral not anterior, posterior), (iii) place electrode pads in close proximity to each other, (iv) maintain a high frequency (>30 Hz) at all times, (v) pacemakers utilizing impedance based sensors (like minute ventilation or stroke volume) for rate responsive pacing should be programmed to a non-rate responsive mode to prevent increased pacing rates during TENS therapy, (vi) following the procedure, evaluate the pacing system by determining the capture and sensing thresholds.
Sorin Group—ELA (Diathermy Warning from User's Manual & TENS Therapy and ICD, personal communication)	
TENS	Will not interfere with pacemaker or ICD with proper precautions. Place the TENS electrodes as close to each other as possible. Place the TENS electrodes as far from the pulse generator/lead system as possible and monitor cardiac activity during TENS use.
Diathermy	Not recommended. If necessary, the following precautions must be used: keep the current path and ground plate as far away from the device and the leads as possible (a minimum of 15 cm/6 in.); before the procedure, deactivate ATP and shock therapies; during the procedure, keep the diathermy device as far as possible from the cardiac defibrillator, set it at minimum intensity, and use it briefly; after the procedure, check for proper implant function. The device should never be exposed directly to the diathermy source.
Therapeutic Ultrasound	Not recommended

pada sisi tubuh yang sama dengan tempat pemasangan pacu jantung lebih mudah menimbulkan pacu jantung. Jika menggunakan telepon selular sebaiknya diletakkan minimal 15 cm dari tempat pacu jantung dan pada telinga sisi yang berlawanan.<sup>1,9</sup>

#### 4. Metal Detector Gate

Efek metal detector gate pada pacu jantung telah lama dipelajari sejak 20 tahun yang lalu. Dari 103 pasien yang dimonitor saat melewati metal detector alarm akan teraktivasi. Tidak satupun pasien mengalami gangguan fungsi pacu jantung. Tidak alat pacu jantung satupun yang mengalami reset program atau mengalami inhibit output. Oleh karena itu dikatakan pasien dengan pacu jantung aman melewati metal detector gate, namun pasien disarankan membawa dan menunjukkan kartu identitas pacu jantung untuk lebih pada masalah keamanan.<sup>10</sup>

#### 5. DC Shock/Kardioversi Transthoracic

Beberapa masalah pada pacu jantung yang disebabkan oleh DC shock: pacu jantung kembali ke back-up mode, peningkatan transient threshold dan loss of capture, sampai kerusakan generator dan sirkuit pacu jantung. Suatu studi klinis yang melibatkan 36 pasien dengan pacu jantung unipolar yang ditanam di sisi pectoralis kanan menunjukkan 50% pasien mengalami loss of capture karena peningkatan stimulasi threshold. Tujuh pasien mengalami sensing failure dan 3 pasien mengalami kerusakan generator sehingga perlu

dilakukan replacement. Penulis menyatakan bahwa energi shock yang digunakan sebaiknya serendah mungkin dan sebelum dilakukan shock sebaiknya pacu jantung diprogram ke maximal output. Problem ini dapat dicegah dengan menempatkan paddles atau patches paling tidak 15 cm dari generator atau melalui pendekatan anterior-posterior. Pacu jantung sebaiknya selalu dilakukan interrogate sebelum dan sesudah dilakukan kardioversi/DC shock.<sup>1</sup>

#### 6. Radiofrequency Ablasi

Generator radiofrequency memproduksi sinyal unmodulated dengan frekuensi antara 400-500 kHz. Pfeiffer dkk mengevaluasi 25 pasien dengan 13 model pacu jantung yang berbeda yang sebagian besar dengan lead unipolar yang dilakukan radiofrequency ablation. Mereka mendapatkan 8 pasien mengalami sensing failure dan 4 pasien mengalami pacing failure. Secara umum pasien yang akan dilakukan ablation radiofrekuensi dilakukan pemeriksaan pacu jantung sebelum dan sesudah ablation, dengan disediakan pacu jantung temporer. Fungsi rate response sebaiknya dimatikan. Aplikasi Radiofrequency sebaiknya dilakukan sesingkat mungkin dan jauh dari ujung elektrode pacu jantung. Jika pasien bukan dependent pacu jantung, maka pacu jantung dapat disetting OOO atau VVI dengan lower rate lebih rendah dari rate intrinsik. Jika pasien adalah dependent pacu jantung, maka pacu jantung perlu disetting VOO dan perlu dipasang wire pacu jantung temporer sebagai back-up. Reinterrogation pacu jantung setelah tindakan penting dilakukan dan integritas sirkuit harus selalu dievaluasi.<sup>1</sup>

## 7. Elektrocauter

Electrocauter menggunakan aliran radiofrekuensi untuk memotong dan mengkoagulasi jaringan. Electrocauter dapat memproduksi sinyal yang dapat menghambat stimulus pacing atau mencetuskan ventricular pacing akibat atrial oversensing. Aliran elektrik yang ditimbulkan electrocauter dapat menyebabkan kerusakan miokard akibat akumulasi konsentrasi aliran di pertemuan elektrode-jaringan dan terjadi peningkatan threshold pacing. Bila ujung electrocauter berada dekat pacu jantung maka dapat menyebabkan setting pacu jantung berubah ke noise reversion fixed rate mode atau terjadi inhibisi akibat oversensing sinyal. Oleh sebab itu, electrocauter yang digunakan sebaiknya bipolar, dan sebisa mungkin tidak dilakukan pada pasien dengan pacu jantung, atau dilakukan dalam waktu beberapa detik saja. Pacu jantung sebaiknya diubah ke mode asynchronous VOO dan atau disertai pemasangan pacu jantung temporer sebagai back-up.

## 8. Radioterapi

Radiasi dengan energi tinggi dapat menyebabkan berbagai efek yang tak diinginkan pada pasien dengan pacu jantung, seperti kerusakan sirkuit pacu jantung atau terjadinya EMI. Pacu jantung yang modern menggunakan sirkuit semikonduktor metal oxide sebagai tambahan. Radiasi dapat merusak transistor dan lapisan oxide yang tipis akibat akumulasi muatan positif didalam lead sirkuit sehingga menyebabkan kerusakan batere atau penggunaan batere yang meningkat. Tipe radiasi, akumulasi dosis dan lokasi pacu jantung dapat digunakan untuk prediktor besarnya kerusakan. Perubahan kemampuan sensing, kegagalan fungsi telemetri dan kerusakan pacu jantung permanent dapat terjadi. Souliman dkk melakukan evaluasi pada 18 pacu jantung yang diberikan radioterapi. Mereka mendapatkan perubahan temporer ke safety mode pacing yang dapat kembali seperti semula setelah dilakukan reprogram, kerusakan berat dimana pacu jantung berhenti pacing. Marbach dalam penelitiannya pada 4 pacu jantung menyatakan bahwa pasien yang dipasang pacu jantung sebaiknya tidak diberikan betatrons, dan linear acceleraator harus digunakan dengan sangat hati-hati. Radiasi  $^{60}\text{Co}$  dengan dosis kurang dari 7000 rad tampaknya tidak menimbulkan malfungsi pacu jantung.<sup>11</sup> Sundara dkk melalui penelitian in vitro menunjukkan bahwa

modern multi-programmable pacu jantung sangat sensitif terhadap radiasi megavoltage. Tidak ada ambang radiasi megavoltage yang aman. X-Ray dengan energi kilovoltage yang rendah yang biasanya digunakan untuk stimulasi radioterapi dapat menimbulkan malfungsi pacu jantung. Radiasi megavoltage dapat secara aman diberikan kepada pasien dengan pacu jantung bila radiasi dilakukan tidak langsung pada pacu jantung dengan pengawasan ketat selama dan setelah tindakan, dimana dosis yang digunakan dijaga tetap dibawah 2 Gy.<sup>12</sup> Didukung oleh Wadasadawala dkk yang meneliti 8 pasien dengan pacu jantung yang diberikan radiasi 1,8-2,0 gy perhari menunjukkan tidak terjadi malfungsi pacu jantung yang diamati segera setelah tindakan sampai 5 bulan paska tindakan.<sup>13</sup> Beberapa rekomendasi untuk pasien pacu jantung yang akan dilakukan radioterapi : monitor ketat fungsi pacu jantung pada saat tindakan sampai beberapa minggu setelah tindakan, posisi lapangan radiasi sebaiknya memiliki sudut oblique dengan pacu jantung untuk mengurangi jumlah radiasi pada tempat pacu jantung. Total akumulasi 2 rad perlu dimonitor menggunakan luminescent dosimeters atau sistem diode dose measurement. Perlu diberikan tambahan pelindung (shielding) pada pacu jantung dengan tambahan jarak 1cm. Sebaiknya dihindari radiasi tepat pada daerah pacu jantung, bila perlu dilakukan eksplantasi pacu jantung kemudian ditanam disisi yang lain, dan pemasang pacu jantung temporer sebagai back-up.

## 9. Extracorporeal shock wave litotripsy

Pacu jantung sebagian besar ditanam di area pectoralis sehingga jarang terjadi interferensi antara pacu jantung dengan shock litotripsi. Jika shock dilakukan tepat pada pacu jantung maka dapat terjadi kerusakan. Pemberian shock sebaiknya disesuaikan dengan stimulus output ventrikel untuk mencegah terjadinya oversensing dengan gelombang shock. Litotriptor focal point sebaiknya diletakkan minimal 25 cm dari alat pacu jantung dan dilakukan pengecekan sebelum dan sesudah prosedur.

## 10. Oven Microwave

Meskipun belum ada studi terbaru yang mengevaluasi efek peralatan rumah tangga seperti microwave pada pacu jantung namun telah banyak diterima dan dipercaya bahwa peralatan pacu jantung modern

terlindung secara adekuat dari energi yang dikeluarkan microwave. Perusahaan pacu jantung menganjurkan pasien dengan pacu jantung agar tidak perlu takut untuk menggunakan peralatan rumah tangga seperti oven microwave, televisi, radio, toaster maupun selimut listrik.

## 11. Hearing aid

Dari penelitian menyatakan bahwa tidak didapatkan interferensi antara alat bantu dengar dengan pacu jantung, namun dilaporkan gangguan lebih pada terdapatnya noise pada alat bantu dengar tersebut.

## Referensi

1. Erdogan O. Electromagnetic Interference on Pacemakers. *Indian Pacing Electrophysiol J.* 2002; 2: p74–78.
2. Achenbach S, Moshage W, Diem B, Bieberlea T et al. Effects of magnetic resonance imaging on cardiac pacemakers and electrodes. *AHJ.*1997;134;p467-473
3. Roguin A, Zviman MM, Meiningner GR, Rodrigues ER et al. Modern Pacemaker and Implantable Cardioverter/Defibrillator Systems Can Be Magnetic Resonance Imaging Safe. In Vitro and In Vivo Assessment of Safety and Function at 1.5 T. *Circulation.* 2004;110:475-482
4. Wilkoff BL, Bello D, Taborsky M, Vymazal J, Kanal E et al. Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. *Heart Rhythm.* 2011 Jan;8:65-73
5. Shade SK. Use of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation for a Patient with a Cardiac Pacemaker. *Practice.*1985;6;p206-208
6. Digby GC, Daubney ME, Baggs J, Campbell D et al. Physiotherapy and cardiac rhythm devices:review of the current scope of practice. *Europace* 2009, 11, p 850–859
7. Chen D, Philip M, Philip PA, Monga TN. Cardiac pacemaker inhibition by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Arch Phys Med Rehabil.*1990 Jan;7:27-30
8. Thompson JW, Cummings M. Investigating the safety of electroacupuncture with a Picoscope. *Acupunct Med.* 2008 Sep;26:133-9
9. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Potential interference of mobile phones with pacemaker, hearing aids, and other devices. [www.arpansa.gov.au](http://www.arpansa.gov.au)
10. Niehaus M, Tebbenjauhanns J. Electromagnetic interference in patients with implanted pacemakers or cardioverter-defibrillators *Heart* 2001;86:246-248
11. Marbach JR, Mendez RT, Huffman JK, Hudgins PT, Almond PR. The effects on cardiac pacemakers of ionizing radiation and electromagnetic interference from radiotherapy machines. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics,*1978;4;1055-1058
12. Sundara S, Symonds RP, Deehanc C. Radiotherapy to patients with artificial cardiac pacemakers. *Cancer treatment review.*2005;31;474-486
13. Wadasadawala T, Pandey A, Agarwal JP, Jalali R et al. Radiation Therapy with Implanted Cardiac Pacemaker Devices: a Clinical and Dosimetric Analysis of Patients and Proposed Precautions. *Clinical Oncology.*2011; 23;p79-85