

## BAB 6

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi bermakna antara paparan arus listrik dosis bertingkat secara langsung dan melalui medium air dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung.

Hasil penelitian sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa arus listrik bolak balik (*alternating current*) menyebabkan kontraksi otot yang bersifat tetani antara 40-110 kali per detik. Aliran listrik rumah tangga mempunyai frekuensi 50 Hertz. Frekuensi ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot.<sup>24,25</sup>

Fineschi V,dkk (2006) melaporkan dari hasil pemeriksaan histopatologis otot jantung 16 korban sengatan listrik menunjukkan bahwa terjadi perubahan serat otot jantung berupa teregang dan atau terputusnya diskus interkalatus dan terputusnya *myofibril (myofibril break up/MFB)* pada 90 % kasus tersebut. MFB didefinisikan sebagai berkas sel miokar yang hiperdistensi diselingi dengan sel miokar yang hiperkontraksi. Inti sel pada miokardium yang hiperkontraksi memiliki bentuk “persegi” dibandingkan pada sel yang terdistensi. Pada kelompok sel yang lain ditemukan juga adanya pelebaran atau ruptur (segmentasi) diskus

interkalatus. Gambaran MFB mengisyaratkan terjadinya kekacauan dan ketidaksinkronan listrik jantung dan dapat diinduksi oleh aliran listrik abnormal.<sup>9</sup>

Qin ZQ et al meneliti perubahan struktur pada sengatan listrik. Penelitian dilakukan pada tikus, dan didapatkan perubahan pada otot jantung berupa nekrosis dan hiperkontraksi.<sup>16</sup>

Otot merupakan jaringan tubuh yang memiliki kelistrikan sendiri dan dapat dirangsang (*excitable cells*) oleh rangsang kimia dan fisika dari luar. Otot dan saraf adalah jaringan tubuh yang paling rentan dari pengaruh sengatan listrik. Jaringan otot yang dilalui arus listrik akan mengalami kerusakan yang dapat pulih (*reversible*) maupun tidak dapat pulih (*irreversible*) melalui mekanisme elektroporasi, panas (*joule heating*), hiperkontraksi dan ruptur serabut-serabut otot.<sup>28,35</sup>

Kerusakan organ dalam akan semakin parah bila arus listrik yang memasuki tubuh semakin besar. Jumlah arus listrik yang memasuki tubuh dipengaruhi oleh variabel-variabel elektrofisik, yaitu: besar tegangan listrik, besar tahanan jaringan tubuh, lama kontak dan luas kontak dengan listrik, medium air (kadar elektrolit dan suhu air) yang dilalui arus listrik.<sup>5,11</sup>

## **6.2 Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan kadar kreatin kinase –MB serum**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat secara langsung dan melalui medium air dengan kadar kreatin kinase - MB serum.

Kreatin kinase-MB pada infark miokard akut akan muncul dalam serum 4-6 jam . mencapai puncak 10-24 jam dan lenyap dalam sirkulasi darah dalam waktu 3- 4 hari setelah serangan akut.<sup>15,39,41-2</sup> Hasil penelitian yang dilakukan di RS Midwestern terhadap 225 yang mengalami infark miokard mendapatkan hasil yang berbeda mengenai waktu kemunculan kadar kreatin kinase-MB .Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa pada pasien infark miokard akut didapatkan kadar kreatin kinase-MB meningkat pada jam ke nol sebanyak 31 pasien , jam ke 6 sebanyak 14 pasien, jam ke 12 dan 24 jam masing-masing sebanyak 2 pasien.<sup>40</sup> Berdasarkan penelitian Hausinger TA , Green L dkk pada penelitiannya dengan 26 kasus sengatan listrik didapatkan 56 % terjadi peningkatan kadar CK-MB.<sup>19</sup>

Zhang B dkk melakukan penelitian terhadap 32 pasien akibat trauma listrik dengan mengevaluasi gambaran elektrokardiogram (EKG ) , kadar CK dan kadar CKMB . Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa kerusakan jantung akibat trauma listrik dapat diperkirakan dari kadar CK dan CK-MB serum.<sup>23</sup>

Kadar kreatin kinase – MB dilepaskan ke sirkulasi darah secara berangsur-angsur pada orang yang masih hidup.<sup>16,39</sup> Penelitian yang dilakukan Hausinger TA , Green L dkk dan Zhang B dkk kadar kreatin kinase-MB diambil pada korban akibat sengatan listrik yang masih hidup dan diambil beberapa jam setelah sengatan listrik.<sup>17,23</sup> Penelitian yang peneliti lakukan saat ini tikus langsung mati setelah mendapat paparan arus sebesar 61-90 mA , 90-120 mA dan sampel diambil segera setelah paparan arus listrik hal inilah yang menyebabkan tidak ada korelasi yang bermakna antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan kadar kreatin kinase – MB serum.

### **6.3 Korelasi antara jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dengan kadar kreatin kinase – MB serum**

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat korelasi yang bermakna antara jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dengan kadar kreatin kinase-MB serum. Sesuai dengan teori bahwa pada kasus sengatan listrik, kreatin kinase - MB tidak hanya dilepaskan ke sirkulasi darah oleh kerusakan sarkomer ketika terjadi hiperkontraksi sel otot, namun juga oleh peristiwa elektroporasi, denaturasi protein, dan ruptur serabut otot, serta nekrosis sel otot.<sup>30,34</sup>

Faktor-faktor lainnya yang berpengaruh pada kadar kreatin kinase-MB serum adalah usia, jenis kelamin, berat otot, iskemi jantung, infark otot jantung, radang kandung jantung, sengatan listrik, serangan jantung, paska defibrilasi jantung dan paska operasi.<sup>16,39,41,42</sup>

### **6.4 Perbedaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung antara paparan listrik secara langsung dibandingkan dengan melalui medium air**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata yang bermakna jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung antara paparan listrik secara langsung dan melalui medium air. Pada penelitian ini rerata jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung akibat paparan listrik secara langsung lebih tinggi daripada rerata jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung akibat paparan listrik melalui medium air, karena air merupakan konduktor yang baik

maka semakin besar arus yang dialirkan semakin besar arus yang masuk kedalam tubuh sehingga sebelum terjadi hiperkontraksi terjadi fibrilasi ventrikel dan asistol .

Syamsun A ( 2010) melakukan penelitian efek paparan arus bertingkat secara langsung dan melalui medium air terhadap jumlah titik hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* dan kadar kreatin kinase pada tikus wistar didapatkan bahwa semakin besar arus maka semakin tinggi jumlah titik hiperkontraksi.<sup>5</sup>

Berbeda dengan hasil penelitian Syamsun A, hasil penelitian ini rerata jumlah titik hiperkontraksi serabut otot pada paparan arus listrik melalui air meningkat dan mencapai puncaknya pada kelompok paparan arus 31-60 mA kemudian rerata menurun pada paparan arus 61-90 mA dan 91-120 mA. Jantung mempunyai proses adaptasi ketika aliran listrik berlebih masuk ke dalam tubuh berupa hiperkontraksi serabut otot. Terdapat puncak rerata jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung pada arus 31-60 mA menunjukkan bahwa adaptasi maksimal otot jantung terhadap aliran listrik yang berlebih adalah 60 mA, selanjutnya bila arus listrik yang masuk makin besar jantung tidak dapat lagi melakukan adaptasi sehingga terjadi fibrilasi ventrikel dan berakhir dengan henti jantung (*cardiac arrest*)<sup>44</sup> Makin besar arus yang masuk melalui medium air maka makin besar pula arus listrik yang masuk kedalam tubuh karena tahanan listrik pada air kecil , berbeda dengan apabila kontak langsung maka apabila arus listrik menyebabkan pengurangan (karbonisasi) maka tahanan tubuh menjadi besar dan arus yang masuk menjadi kecil.

Teori menyatakan bahwa terdapat dua keadaan jantung yang dapat menyebabkan kematian akibat sengatan listrik, yaitu asistole dan fibrilasi ventrikel. Asistole disebabkan oleh sengatan listrik bertegangan  $> 1000$  Volt dan dapat menyebabkan kematian dalam waktu sekejap. Fibrilasi ventrikel disebabkan oleh sengatan listrik bertegangan  $65 - 1000$  Volt dan menyebabkan kematian dalam waktu beberapa detik ( $< 15$  detik), tetapi lebih lambat dari kematian akibat asistole. Fibrilasi ventrikel yang sangat fatal dapat terjadi jika aliran yang melewati dada sebesar  $50$  miliampere atau lebih meskipun aliran tersebut hanya terjadi beberapa detik. Arus bolak-balik (AC) jauh lebih berbahaya daripada arus searah (DC) sehubungan dengan timbulnya aritmia jantung.<sup>5,10,24</sup>

#### **6.5 Perbedaan kadar kreatin kinase – MB serum antara paparan listrik secara langsung dibandingkan dengan melalui medium air**

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna kadar kreatin kinase-MB serum tikus wistar yang terpapar arus listrik secara langsung dibandingkan dengan melalui medium air. Hasil penelitian ini bertolak belakang dengan teori yang mengatakan bahwa sengatan listrik di air juga menyebabkan kejadian asfiksi oleh proses masuknya air ke dalam saluran pernafasan (*drowning*) di air. Kejadian asfiksi juga menyebabkan cedera seluler, sehingga kejadian tersebut menjadi *co-incidence* cedera seluler akibat sengatan listrik.<sup>5,8,11</sup> Penelitian ini mendapatkan hasil yang berbeda karena sampel darah

segera diambil setelah paparan listrik, sehingga kadar kreatin kinase-MB serum yang ada belum menunjukkan kadar puncaknya.<sup>10,12</sup>

#### **6.6. Tidak terdapat sel otot jantung yang mengalami nekrosis**

Gambaran nekrosis sel otot jantung setelah paparan arus listrik tidak ditemukan pada penelitian ini. Proses terjadinya nekrosis memerlukan waktu beberapa jam bahkan beberapa hari setelah sengatan listrik. Penelitian pada penelitian ini sampel otot jantung diambil segera setelah paparan listrik sehingga gambaran nekrosis sel otot jantung belum nampak. Pengambilan segera setelah paparan listrik bertujuan untuk menghindari kerancuan hasil gambaran kerusakan otot jantung akibat paparan arus listrik dengan kerusakan otot jantung yang disebabkan oleh karena proses setelah kematian (*postmortem*).