

INTEPRETASI EKG PADA ANAK

Dr Sri Endah Rahayuningsih, dr Sp.A(K)

Departemen IlmuKesehatan Anak

Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran/RS.Dr. Hasan Sadikin Bandung

PENDAHULUAN

Pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) merupakan salah satu pemeriksaan penunjang dalam mendiagnosis kelainan jantung pada anak. Pemeriksaan penunjang lain yang diperlukan untuk mendiagnosis kelainan jantung pada anak yaitu fototoraks, laboratorium, ultrasonografi, dan lain-lain. EKG hanya bersifat membantu serta melengkapi pemeriksaan klinis. Pemeriksaan klinis tetap merupakan yang terpenting, bahkan harus selalu diperhitungkan dalam interpretasi EKG. Terkadang ditemukan anak dengan kelainan jantung mempunyai interpretasi EKG normal, sedangkan anak tanpa kelainan jantung menunjukkan gambaran EKG normal, sehingga pemeriksaan klinis tetap merupakan hal utama dan interpretasi EKG disesuaikan dengan temuan klinis^{1,2}

Rekaman aktivitas listrik jantung mempunyai peran yang sangat penting dalam kardiologi. Pencatatan aktivitas jantung berdasarkan perbedaan potensial listrik disebut elektrokardiografi (EKG). Jantung mempunyai otot yang bersifat unik karena mempunyai automatisasi kontraksi yang ritmik. Impuls listrik memacu kontraksi melalui sistem konduksi khusus dan menimbulkan arus listrik lemah yang menyebar ke seluruh tubuh. Dengan elektroda yang diletakkan di beberapa tempat pada permukaan tubuh dan dengan menghubungkan elektroda tersebut dengan alat elektrokardiografi, maka arus listrik tersebut terekam pada kertas elektrokardiografi.¹

Pemeriksaan EKG harus dilakukan pada setiap anak yang diduga memiliki kelainan jantung. Evaluasi jantung menjadi tidak lengkap bila tidak dilakukan pemeriksaan EKG. Pengetahuan yang cukup tentang interpretasi EKG pada anak dapat melengkapi pemeriksaan fisik dan penunjang yang lain.³

Pada beberapa penyakit jantung bawaan (PJB) EKG menunjukkan interpretasi yang khas, misalnya pada defek septum atrium sekundum, atresia trikuspid, dan *endocardial cushion defect*. Elektrokardiografi juga dapat memberi informasi tentang beratnya derajat stenosis pada kelainan katup pulmonalis yaitu stenosis pulmonalis. Gangguan hemodinamik pada berbagai penyakit jantung bawaan, seperti pada anak dengan defek septum ventrikel atau duktus arteriosus persisten, dapat juga dinilai dari hasil pemeriksaan EKG. Oleh karena itu, EKG dapat membantu menegakkan diagnosis dan mengukur derajat kelainan yang akan memegang peran penting dalam tatalaksana anak dengan kelainan jantung.³

Harus diingat bahwa interpretasi EKG bergantung pada usia, karena nilai normal interpretasi EKG bergantung pada usia. Merupakan kesalahan yang sangat fatal, bila interpretasi EKG

dilakukan tanpa melihat usia. Pengalaman menunjukkan bila interpretasi EKG tidak dilakukan dengan mempertimbangkan manifestasi klinis dan usia, maka pada beberapa contoh kasus ditemukan interpretasi EKG yang salah, misalnya anak usia 6 tahun didiagnosis infark miokardium akut.

Karena anak tumbuh dan berkembang, maka sebaiknya pemeriksaan EKG pada bayi dan anak perlu dilakukan secara berkala agar setiap perubahan yang terjadi dapat segera diketahui.

Salah satu kelainan jantung pada anak yang diagnosis hanya ditentukan oleh EKG adalah disritmia. Walaupun disritmia dapat dideteksi secara klinis, tetapi penentuan jenis serta asal disritmia tersebut hanya dapat dilaksanakan dengan pemeriksaan EKG. Pemeriksaan EKG juga penting untuk menilai gangguan miokardium akibat infeksi, kelainan metabolik maupun elektrolit. Proses patologis pada perikardium juga tercermin pada EKG, demikian pula efek berbagai obat jantung.¹⁻³

INDIKASI PEMERIKSAAN ELEKTROKARDIOGRAFI

Manfaat klinis EKG sangat banyak, dapat mencerminkan proses primer atau sekunder yang terjadi di otot jantung (misalnya gangguan arteri koroner, hipertensi, kardiomiopati, dan kelainan infiltratif lain), gangguan metabolik dan elektrolit, serta efek terapi dan toksik obat. Sampai saat ini, EKG merupakan baku emas untuk diagnosis disritmia.⁴

Kegunaan utama EKG pada penderita pediatrik mencakup evaluasi awal penderita yang diduga menderita kelainan jantung dan evaluasi serial penderita yang telah diketahui menderita kelainan jantung. Pemeriksaan EKG perlu dilakukan pada evaluasi penderita yang diduga atau telah diketahui mengalami gangguan irama dan konduksi, termasuk penderita yang mengalami keluhan palpitasi dan sinkop. Selain itu, pemeriksaan EKG juga perlu dilakukan pada penderita yang mendapat terapi aritmia atau obat lain dengan *potential cardiac effects*.

Indikasi pemeriksaan EKG secara ringkas dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1Indikasi Pemeriksaan EKG pada Bayi dan Anak

Sinkop atau kejang	Gangguan elektrolit
<i>Exertional symptons</i>	Penyakit Kawasaki
<i>Drug ingestion</i>	Demam reumatik
Takikardia	Miokarditis
Bradikardia	<i>Myocardial contusion</i>
Episode sianotik	Pericarditis
Gagal jantung	Pascaoperasi jantung
Hipotermia	Defek jantung bawaan

Sumber: Goodacre dan McLeod⁴

Pemeriksaan EKG emergensi harus dilakukan pada bayi dengan:⁵

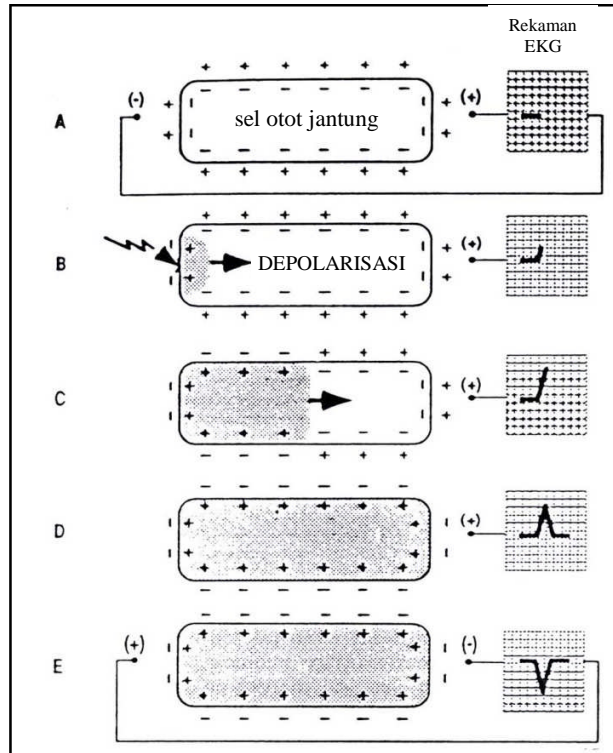
1. Analisis gas darah menunjukkan $PO_2 < 50$ torr dengan FiO_2 1,0
2. Sianosis diferensial
3. Murmur yang bersamaan dengan sianosis
4. Sianosis tanpa distress pernapasan.

Nyeri dada pada anak jarang diakibatkan kelainan jantung dan seringkali berhubungan dengan kelainan di dinding dada. Pemeriksaan EKG biasanya tidak membantu menegakkan diagnosis, tetapi dapat dilakukan untuk meyakinkan keluarga.⁴

ELEKTROFISIOLOGI

Elektrokardiogram menggambarkan aktivitas elektrik di tingkat selular (Gambar 1). Pada keadaan istirahat, potensial listrik di luar membran sel lebih positif dibandingkandengan di dalam sel sebagai hasil distribusi ion intraselular dan ekstraselular. Pada keadaan istirahat, tidak ada aktivitas elektrik yang terekam.⁶

Saat sel mengalami stimulasi, keseimbangan ini akan terganggu akibat masuknya kation ke intraselular. Polaritas daerah yang terstimulasi akan berubah, daerah luar akan menjadi negatif. Proses ini dikenal sebagai depolarisasi yang ditandai dengan perbedaan potensial antara bagian sel yang sudah mengalami depolarisasi dan bagian yang masih terpolarisasi. Akibatnya, aliran listrik akan timbul di antara kedua bagian ini.⁶



Keterangan:

- A: Keadaan istirahat
- B. Stimulasi sel memulai proses depolarisasi
- C. Depolarisasi menyebar dan menimbulkan gelombang yang semakin tinggi
- D. Sel terdepolarisasi sempurna
- E. Bila posisi elektroda diganti, gelombang yang terekam menjadi terbalik

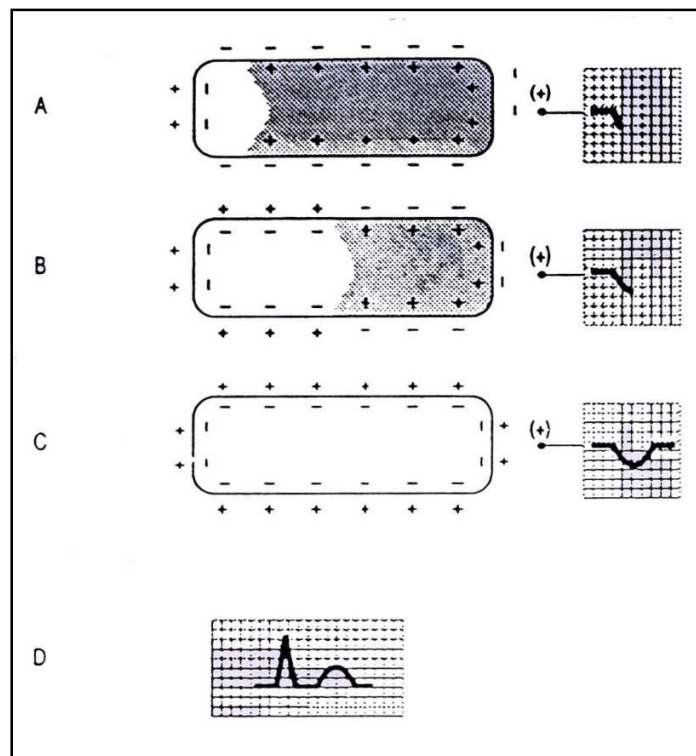
Gambar 1 Proses Depolarisasi Sel Otot Jantung

Sumber: Lilly⁶

Aliran listrik akan mengalir dari daerah dengan potensi elektrik negatif ke daerah dengan potensi elektrik positif. Aliran listrik yang mendekati elektroda positif akan menghasilkan defleksi positif pada EKG. Ketika gelombang depolarisasi ini semakin menyebar, aliran listrik yang semakin besar akan menghasilkan defleksi yang semakin tinggi. Setelah sel mengalami depolarisasi sempurna, potensial listrik di luar sel akan menjadi lebih negatif dibandingkan dengan di dalam sel dan homogen, sehingga akan tampak gambaran datar. Hal yang penting diperhatikan, bila letak elektroda ditukar maka aliran listrik saat sel mengalami depolarisasi akan menjauhi kutub positif, sehingga defleksi yang terekam berubah menjadi defleksi ke bawah.⁶

Proses depolarisasi sel akan mengawali kontraksi sel dan akan segera diikuti oleh repolarisasi, proses potensial listrik akan kembali ke keadaan istirahat (Gambar 2). Saat sel mengalami repolarisasi, muatan listrik di luar membran akan menjadi positif kembali, sehingga aliran listrik akan mengalir dari bagian muatan listrik negatif dan menjauhi kutub positif. Akibatnya, EKG akan memperlihatkan defleksi negatif. Proses repolarisasi berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan proses depolarisasi, sehingga defleksi yang terekam lebih lebar dan lebih pendek. Setelah sel mencapai repolarisasi sempurna dan kembali ke kondisi istirahat, aliran listrik berhenti mengalir.⁶

Pada jantung manusia, proses repolarisasi berlangsung dengan arah yang berlawanan dengan proses depolarisasi, dimulai dari daerah yang terakhir terdepolarisasi. Sampai saat ini, alasannya masih belum diketahui. Karena itu, defleksi repolarisasi pada manusia normal selalu sama dengan arah defleksi depolarisasi.⁶



Keterangan:

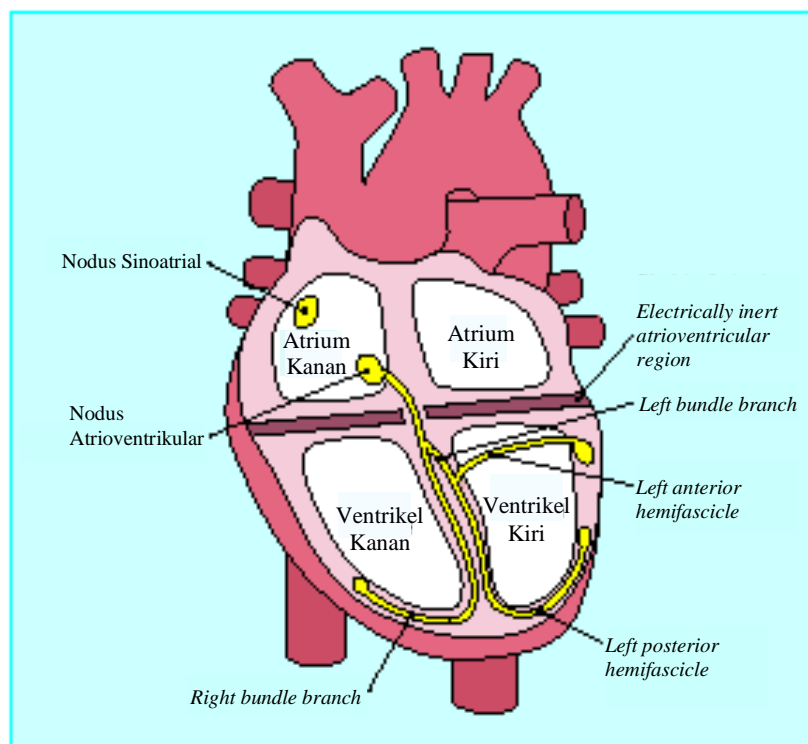
- A. Awal repolarisasi
- B. Progresi proses repolarisasi
- C. Repolarisasi sempurna
- D. Proses repolarisasi dengan arah yang berlawanan dengan depolarisasi

Gambar 2 Proses Repolarisasi Sel Otot Jantung

Sumber: Lilly⁶

SISTEM KONDUKSI JANTUNG

Konduksi listrik di jantung merupakan proses yang berurutan (Gambar 3). Denyut jantung yang normal dimulai dari nodus sinoatrialdi *junction* atrium kanan dan vena kava superior. Gelombang depolarisasi dengan cepat menyebar melalui atrium kanan dan kiri, mencapai nodus AV dan akan mengalami perlambatan. Setelahnya, impuls akan menyebar melalui *bundle of his* dan terbagi menjadi *right bundle branches* dan *left bundle branches*. Keduanya kemudian akan bercabang menjadi serat Purkinje yang akan masuk ke dalam serat otot jantung dan merangsang kontraksi.⁷

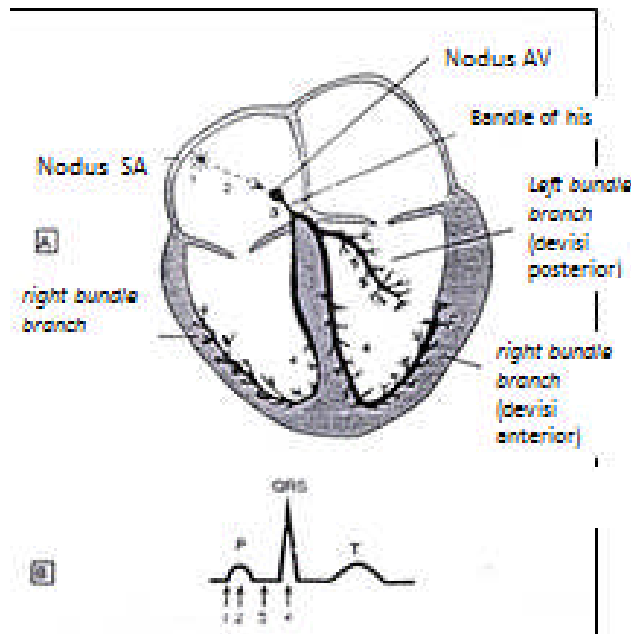


Gambar 3Sistem Konduksi Jantung

Sumber: Meek dan Morris⁷

Setiap denyut jantung digambarkan dengan 3 defleksi utama pada rekaman EKG yang menggambarkan urutan propagasi listrik (Gambar 4). Gelombang P menggambarkan depolarisasi atrium. Selama perlambatan konduksi di AV node, gambaran akan kembali ke garis datar. Defleksi kedua adalah kompleks QRS yang menggambarkan proses depolarisasi sel otot ventrikel. Setelahnya, gambaran EKG akan kembali ke garis datar dan segera diikuti repolarisasi

sel yang digambarkan dengan defleksi ketiga, gelombang T. Ada kalanya setelah gelombang T dapat ditemukan gelombang U yang merupakan gambaran fase lambat repolarisasi ventrikel.⁸

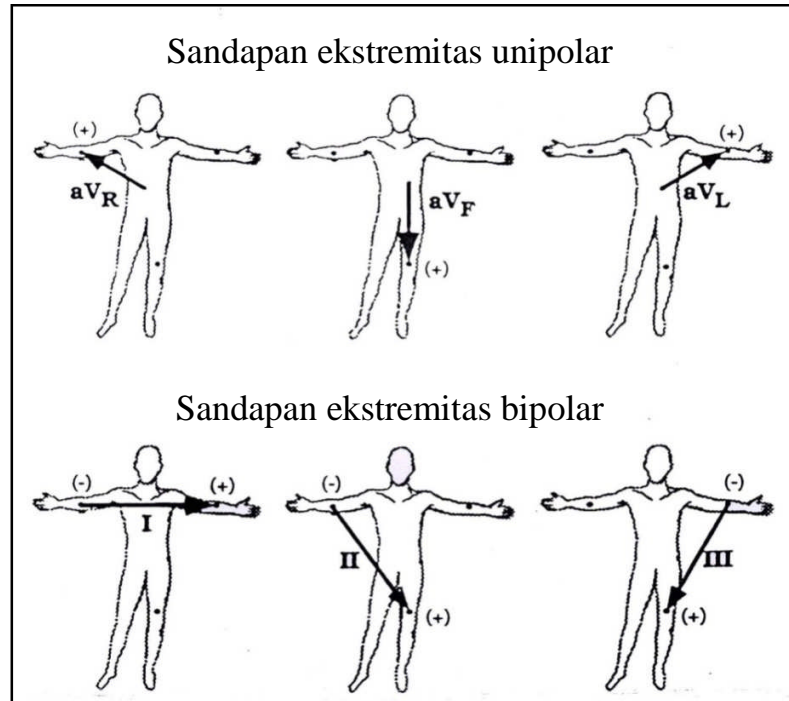


Gambar 4 Konduksi Elektrik Jantung dan Defleksi pada Rekaman EKG
 Sumber: Lilly⁶

SANDAPAN ELEKTROKARDIOGRAFI

Elektrokardiogram standar telah mengalami perubahan mulai dari rekaman dengan 3 sandapan yang diperkenalkan oleh Einthoven sampai rekaman dengan 15 sandapan yang digunakan saat ini pada penderita pediatrik. Secara garis besar, sandapan yang digunakan terbagi menjadi 2 tipe: sandapan ekstremitas (bidang frontal) dan sandapan prekordial (bidang horizontal).¹⁻³

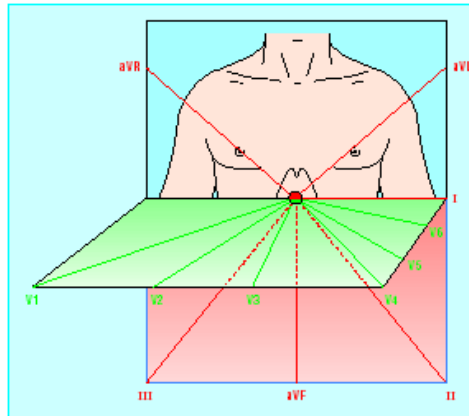
Sandapan ekstremitas dapat dibagi lagi menjadi *Einthoven's standard bipolar system* (sandapan I, II, dan III) dan *augmented variation of Wilson's unipolar lead system* (aV_R , aV_L , dan aV_F). Sandapan Einthoven merekam potensial listrik antara pasangan elektroda positif dan negatif di ekstremitas, sedangkan sandapan Wilson merekam potensial listrik dari satu ekstremitas terhadap terminal sentral potensial nol (*zero potential central terminal*) (Gambar 5). Gelombang listrik yang bergerak mendekati kutub positif sandapan ini akan menghasilkan gelombang positif pada EKG.¹⁻³



Gambar 5 Sandapan Ekstremitas Unipolar dan Bipolar
 Sumber: Lilly⁶

Sandapan prekordial (V_{4R} sampai V_7) menggambarkan aktivitas listrik di bidang horizontal (Gambar 6). Sandapan ini merupakan sandapan unipolar (positif) dengan terminal sentral potensial nol tanpa augmentasi.^{1-3,7}

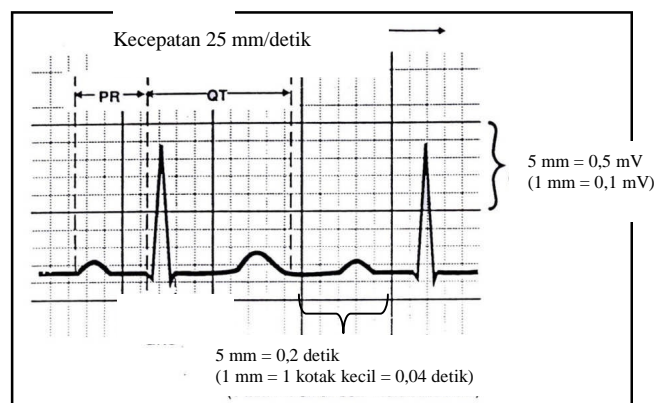
Susunan sandapan demikian menghasilkan hubungan anatomis sebagai berikut: sandapan II, III, dan aV_F mencerminkan keadaan permukaan inferior jantung; sandapan V_1 sampai V_4 mencerminkan keadaan permukaan anterior; sandapan I, aV_L , V_5 , dan V_6 mencerminkan keadaan permukaan lateral; dan sandapan V_1 serta aV_R menggambarkan keadaan atrium kanan dan di dalam rongga ventrikel kiri.⁷ (Gambar 7)



Gambar 7 Perspektif Frontal dan Horizontal Sandapan Ekstremitas dan *Precordial*
 Sumber: Meek dan Morris⁷

ELEKTROKARDIOGRAM

Proses depolarisasi dan repolarisasi sel miokardium akan menyebabkan kontraksi dan relaksasi otot jantung. Perubahan potensial listrik ini direkam melalui elektroda yang ditempatkan di ekstremitas serta dinding dada dan direkam pada kertas grafis yang menghasilkan gambaran EKG.⁷ Elektrokardiogram direkam pada kertas standar yang bergerak dengan kecepatan standar 25 mm/detik. Kertas ini terbagi menjadi kotak besar berukuran 5 mm dan setara dengan 0,2 detik. Setiap kotak besar terbagi menjadi 5 kotak kecil dengan ukuran 1 mm dan setara dengan 0,04 detik.⁷ Aktivitas listrik yang terdeteksi oleh EKG diukur dalam satuan miliVolt (mV). Alat EKG standar dikalibrasi sedemikian rupa sehingga amplitudo 1 mV akan menghasilkan gelombang dengan amplitudo 10 mm.⁷ Bila kompleks QRS sangat tinggi, kalibrasi ini perlu disesuaikan menjadi $\frac{1}{2}$ (1 mV setara dengan 5 mm) atau $\frac{1}{4}$ (1 mV setara dengan 2,5 mm).⁹

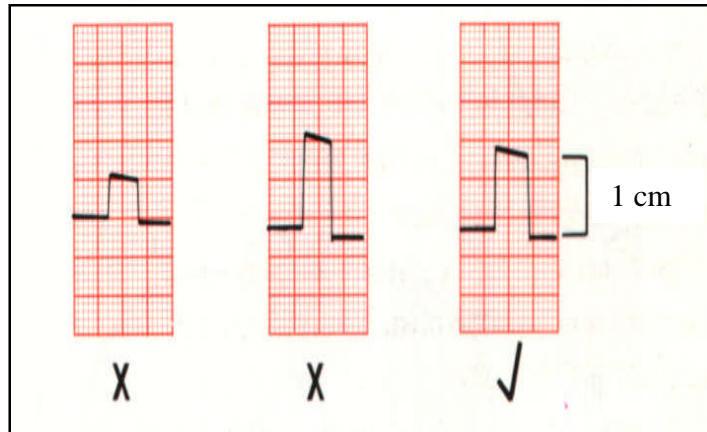


Gambar 8 Gambaran Gelombang EKG
 Sumber: Lilly⁶

Rekaman EKG yang ideal harus memiliki kemampuan untuk merekam 3 sampai 12 sandapan secara simultan. Konfigurasi standar ada kalanya diubah pada anak dan orang dewasa dengan kelainan kongenital untuk merekam aktivitas listrik jantung dari sandapan kanan dan kiri tambahan.⁸

Hal-hal yang harus diperhatikan agar mendapatkan rekaman EKG yang baik antara lain:

1. Dilakukan penjelasan terlebih dahulu kepada anak atau orangtua penderita, tentang prosedur dan tujuan pemeriksaan EKG. Pemeriksaan EKG dilakukan di tempat tidur yang cukup besar untuk menyangga seluruh tubuh penderita, sehingga memungkinkan penderita cukup tenang untuk dilakukan pemeriksaan. Selama pemeriksaan EKG anak atau bayi tidak boleh bergerak, karena pergerakan otot atau *twitching* dapat mempengaruhi hasil rekaman EKG. Pada anak atau bayi yang rewel dapat digunakan sedasi yaitu dengan pemberian diazepam per rektal atau kloral hidrat peroral.
2. Kulit dan permukaan elektroda kontak dengan baik. Kontak yang tidak baik akan memberikan hasil yang tidak diharapkan. Tidak boleh ada luka pada kulit yang kontak dengan elektroda.
3. Dilakukan standardisasi alat rekam EKG sehingga tegangan 1 mV akan menghasilkan defleksi 10 mm. Jika tidak dilakukan standardisasi atau kalibrasi akan menyebabkan kesalahan pengukuran voltase kompleks gelombang dan interpretasi EKG.
4. Bayi/anak dan alat perekam EKG harus dihubungkan dengan *ground* untuk menghindari pengaruh arus listrik bolak-balik.
5. Hindari terdapatnya perlengkapan elektronik pada bayi/anak, juga area disekitar tempat tidur pemeriksaan karena dapat menyebabkan timbulnya artefak pada rekaman EKG.
6. Untuk mendapatkan rekaman EKG yang baik pada anak diperlukan kesabaran. Elektroda ekstremitas sebaiknya dipasang di daerah lebih proksimal untuk mengurangi artefak akibat pergerakan tubuh.
7. Posisi standar elektroda yang dipergunakan sama dengan orang dewasa, hanya ditambah dengan sandapan V3R atau V4R untuk mendeteksi terdapatnya hipertrofi ventrikel atau atrium kanan.⁹



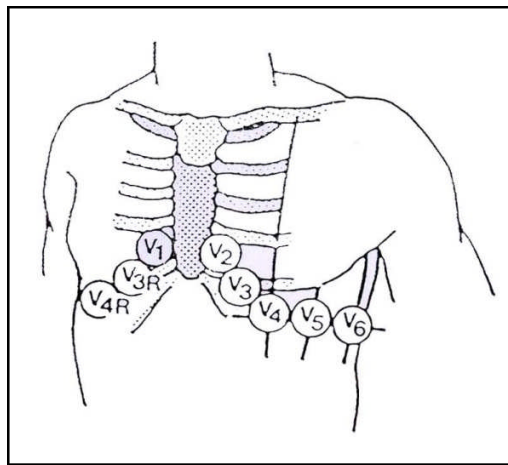
Gambar 9 Kalibrasi Tegangan 1 mV Akan Menghasilkan Defleksi 10 mm
 Sumber: Meek dan Morris⁷

CARA PENYADAPAN EKG

Teknik penyadapan EKG dilakukan dengan posisi penderita berbaring tenang karena gerakan tubuh dan kontraksi otot mempengaruhi hasil rekaman. Perlekatan elektroda pada kulit harus baik, yaitu dengan mengoleskan *jelly* pada kulit yang akan disandap. Elektroda harus diletakkan ditempat yang tepat seperti tampak pada gambar.^{1-3,7}

Elektroda diletakkan di berbagai posisi di dinding dada. Pada sandapan V1, elektroda diletakkan di interkostal empat garis parasternal kanan. Pada sandapan V2, elektroda diletakkan di interkostal empat garis parasternal kiri, sedangkan pada sandapan V4, elektroda diletakkan di interkostal lima garis midklavikular kiri. Pada sandapan V3, elektroda diletakkan antara V2 dan V4. Pada sandapan V5 dan V6, elektroda diletakkan sejajar dengan elektroda V4. Untuk sandapan V5, elektroda diletakkan di garis aksilaris anterior, sedangkan sandapan V6 di garis aksilaris media.^{1-3,7}

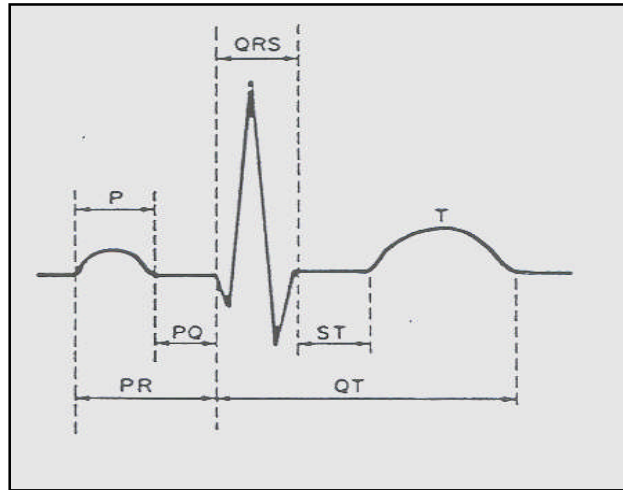
Pada keadaan tertentu seperti di ICU, kadang-kadang kita tidak perlu merekam dengan 12 sandapan seperti disebutkan diatas. Pada keadaan seperti ini, pemantauan EKG diperlukan untuk analisis denyut per denyut hanya dari satu alat pantau. Biasanya ada 3 elektroda. Satu ditempatkan di V1, satu lagi dibahu kiri, dan lainnya di bahu kanan. Rekaman di alat monitor ini biasanya digunakan untuk pemantauan aritmia jantung. Setelah hasil EKG terekam dalam kertas, maka dilakukan pencatatan identitas penderita, nama, usia, jam, dan tanggal pemeriksaan EKG.^{1-3,7}



Gambar 10 Letak Elektroda

Sumber: Meek dan Morris⁷

BENTUK BENTUK GELOMBANG EKG DAN ARTINYA



Gambaran 11 Komponen-komponen EKG Normal

Sumber: Meek dan Morris⁷

Keterangan:

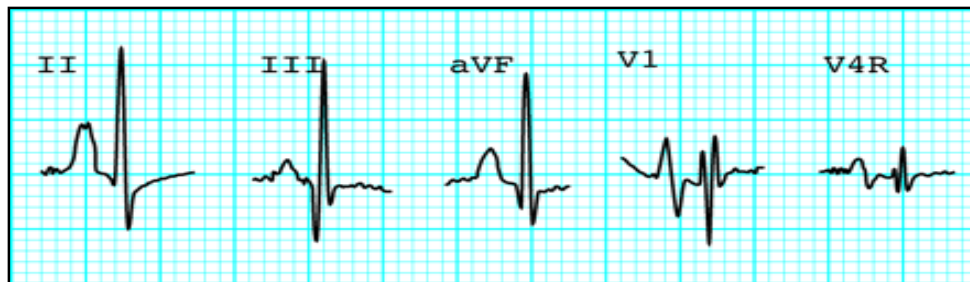
- Kal = kalibrasi = penyimpangan 1 miliVolt = tinggi 1 cm
- P = defleksi lambat awal = gelombang depolarisasi atrium
- PR = waktu antara awal gelombang P dan awal gelombang Q
- Q = defleksi ke bawah pertama
- R = defleksi ke atas pertama (semuanya kembali pada garis dasar)
- S = defleksi ke bawah kedua
- ST = segmen antara titik J dan titik awal gelombang T
- T = defleksi lambat langsung sesudah QRS
- QT = waktu antara titik awal Q dan titik akhir T.

Gelombang P

Awal gelombang positif berasal dari gaya yang keluar dari atrium kanan bagian anterior, sedangkan gelombang negatif yang datang berikutnya berasal dari gaya yang keluar dari atrium kiri bagian posterior. Gelombang negatif ini normalnya tidak melebihi area seluas 1 mm². Arah gelombang P biasanya searah dengan arah kompleks QRS. Jika menyimpang dari aturan ini kemungkinan karena salah letak (*misplacement*) atrium, misal pada dekstrokardia atau ada gangguan konduksi antara lain pada sumber pacu (*pacemaker*) yang abnormal. Akan tetapi, kadang-kadang karena salah menyambung elektroda dapat menyebabkan deviasi gelombang P. Misalnya, penyambungan elektroda ekstremitas atas kanan tertukar dengan penyambungan elektroda ekstremitas atas kiri.¹⁻⁷

Gelombang P normal tidak lebih dari 2,5mm (0,25 mV) kecuali pada neonatus, tinggi gelombang P normal mencapai 3 mm (0,3 mV) dan tidak lebih panjang dari 0,08 detik.¹⁻⁷

Pada anak normal, jarang terjadi gelombang P di hantaran V1, bifasik. Bentuk gelombang P yang normal adalah bulat, tidak runcing atau membentuk lekukan. Amplitudo yang normal 1,5–3 mm. Durasi yang normal 0,06+0,02 detik.¹⁻⁷



Gambar 12 Gelombang P yang Lebar di Sandapan II, Gelombang P *Biphasic* di V1
Sumber: Meek dan Morris⁷

Gelombang Q

Gelombang Q merupakan gaya listrik yang menjauh dari elektroda perekam. Gelombang Q biasanya terdapat di V6 dan merupakan proyeksi depolarisasi septum dari arah kiri ke kanan. Jika gelombang Q tidak ada, dapat berarti bahwa lokasi septum abnormal atau mungkin septumnya tidak ada.¹⁻⁷

Pada umumnya, gelombang Q pada anak bukan merupakan hilangnya otot jantung seperti halnya pada orang tua yang menderita infark lama yang sudah sembuh (*old myocardial infarction*, OMI). Gelombang Q di V1 menandakan terdapatnya hipertrofi atrium kanan dan hipertrofi ventrikel kanan. Interpretasi gelombang Q ini dapat tertukar dengan gelombang rsR, karena bentuknya yang mirip. Gelombang Q dalamnya kurang dari 5 mm, biasanya hanya sekitar 1 mm dan durasinya 0,02 detik. Gelombang Q dapat terlihat di I, II, III, aVF, V5, dan V6. Gelombang Q yang lebih dalam dari 3 mm di hantaran V6 (gelombang Q septum) merupakan petunjuk terdapatnya hipertrofi ventrikel kiri tipe volume.¹⁻⁷

Gelombang R

Gelombang R bergantung pada sumbu QRS. Biasanya sangat dominan di sandapan I dan II, V5 dan V6, sedangkan disandapan aVR, V1, dan V2 biasanya gelombang R hanya kecil atau tidak ada sama sekali. Amplitudo gelombang R bervariasi sesuai usia.¹⁻⁷

Gelombang S

Gelombang S kurang atau tidak terlihat dibandingkan dengan gelombang R disandapan I atau II. Di sandapan aVr, V1 atau V2 gelombang S terlihat lebih menonjol. Di V4–V6 kurang terlihat dibandingkan dengan gelombang R. Amplitudo gelombang S juga bervariasi sesuai usia¹⁻⁷ (lihat Lampiran 1. Tabel Amplitudo Gelombang R dan S)

Kompleks QRS

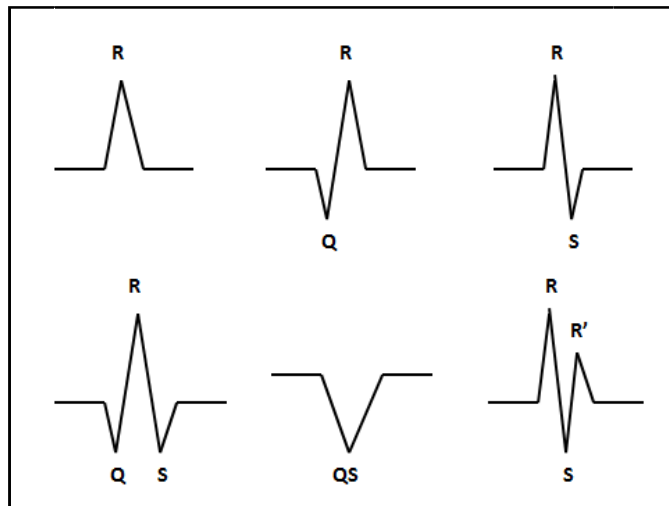
Kompleks QRS terdiri atas:

Gelombang Q = defleksi ke bawah pertama

Gelombang R = defleksi ke atas pertama

Gelombang S = defleksi ke bawah segera sesudah defleksi ke atas pertama.

Apabila dipakai huruf kapital, defleksi tersebut mempunyai amplitudo yang besar, sedangkan jika amplitudo kecil dipakai huruf kecil. Kadang-kadang ada gelombang R', yaitu suatu defleksi ke atas kedua atau gelombang S', yaitu defleksi ke bawah kedua. Jika pada kompleks QRS tidak ada defleksi ke atas, kompleks ini disebut gelombang QS. Panjang kompleks QRS diukur dari awal gelombang Q ke akhir gelombang S. Pada anak biasanya QRS lebih pendek daripada orang dewasa, sampai usia sebelum 3 tahun <0,08 detik. Sampai usia sebelum 8 tahun <0,09 detik. Usia sesudah 8 tahun 0,10 detik. Kompleks QRS yang lebar, lebih lebar dari 0,10 detik merupakan petunjuk terdapatnya hambatan konduksi intraventrikular dan biasanya berarti *bundle branch block* atau awal pacu berasal dari ventrikel.¹⁻⁷ (lihat Lampiran 2. Tabel Durasi Kompleks QRS)



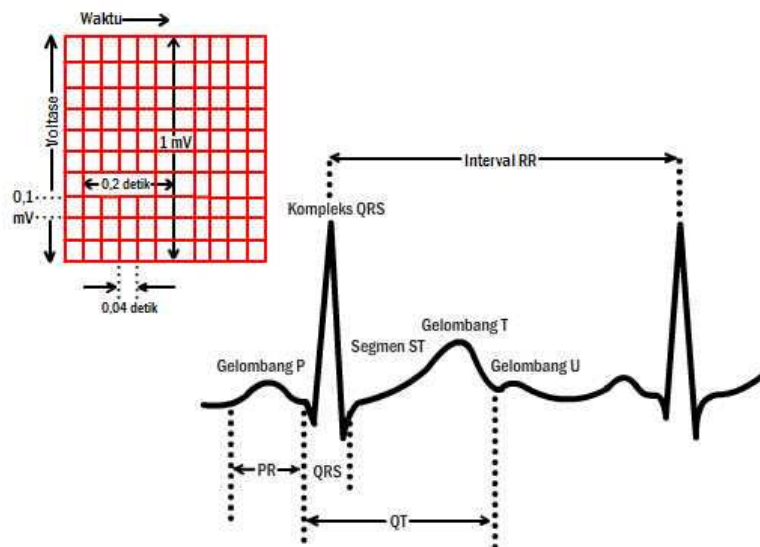
Gambar 13 Kompleks QRS
 Sumber: Meek dan Morris ⁷

Gelombang T

Juga merupakan bagian repolarisasi ventrikel. Pada umumnya arah defleksi gelombang T sama dengan arah defleksi terbesar gelombang QRS. Amplitudo gelombang T paling baik dilihat di hantaran prekordial kiri. Amplitudo gelombang T biasanya:

- V5 <1 tahun: 7 mm
- >1 tahun: 11 mm
- V6 <1 tahun: 5 mm
- >1 tahun : 7 mm

UKURAN UKURAN SEGMENT DAN INTERVAL



Gambar 14 Ukuran Segmen dan Interval pada EKG

Sumber: Meek dan Morris⁷

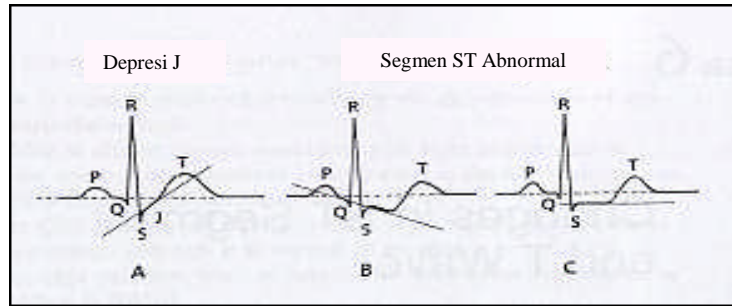
Interval PR

Interval PR diukur mulai dari permulaan gelombang P sampai permulaan kompleks QRS.¹⁻⁷ (lihat Lampiran 3. Tabel Nilai Normal Interval PR Menurut Usia dan Frekuensi Jantung)

Segmen ST

Segmen ST diukur mulai dari akhir kompleks QRS sampai awal gelombang T. Bagian ini merupakan awal repolarisasi ventrikel. Biasanya isoelektris. Bervariasi sampai +1 mm di sandapan ekstremitas dan sampai 2 mm di sandapan prekordial.¹⁰

Depresi J segmen ST adalah depresi pada ujung kompleks gelombang QRS tanpa depresi pada segmen ST (Gambar 15) lebih sering ditemukan pada sandapan prekordial dibandingkan dengan sandapan ekstremitas. Depresi segmen ST yang abnormal bila terjadi depresi pada ujung kompleks QRS dan awal segmen ST. (Gambar 15)



Gambar 15 Perbedaan Depresi J dengan Segmen ST Abnormal
 Sumber: Park¹⁰

Interval QT

Interval QT diukur dari permulaan kompleks QRS sampai akhir gelombang T. Interval QT terutama menunjukkan ventrikel yang baru saja terstimulasi telah kembali ke keadaan istirahat. Nilai normal interval QT sangat dipengaruhi oleh laju jantung. Bila laju jantung meningkat, interval QT akan memendek, sebaliknya bila laju jantung menurun, interval QT akan memanjang. Oleh karena itu, beberapa ahli melakukan koreksi terhadap laju jantung [Formula Bazett:¹⁰](lihat Lampiran 4. Tabel Interval QT)

$$\text{QT yang terkoreksi} = \frac{\text{QT}}{\sqrt{\text{Interval RR}}}$$



Gambar 16 Sindrom Long QT
 Sumber: Meek dan Morris⁷

PENENTUAN SUMBU (AKSIS) JANTUNG

Aksis QRS¹⁰

- Langkah pertama

Tentukan kuadran dengan menggunakan sandapan I dan aVF

	Sandapan I	Sandapan aVF	
$0^\circ - +90^\circ$			
$0^\circ - -90^\circ$			
$+90^\circ - \pm 180^\circ$			
$-90^\circ - \pm 180^\circ$			

Gambar 17 Kuadran Kompleks QRS

Sumber: Park¹⁰

- Langkah kedua

Temukan sandapan dengan QRS kompleks yang ekuifasik, yaitu tinggi gelombang R = kedalaman gelombang S

- Langkah ketiga:

Aksis QRS tegak lurus terhadap sandapan dengan kompleks QRS yang ekuifasik pada kuadran yang ditentukan. (lihat Lampiran 5. Tabel Harga Normal Aksis QRS berdasarkan Usia)

CARA MEMBACA EKG

Irama Jantung

- Irama (sinus atau nonsinus) yang digambarkan dengan aksis P
- Irama sinus:
 - Irama yang berasal dari nodus sinus
 - Irama normal pada semua usia
 - Gelombang P diikuti kompleks QRS
 - Aksis P normal ($0-90^\circ$)
 - Untuk aksis P berada antara 0 dan $+90^\circ$
 - P *upright* di sandapan I dan aVF
 - P *upright* di sandapan II dan *inverted* di aVR
- Frekuensi denyut jantung
 - 1500 dibagi jumlah kotak kecil antara R–R'
 - 300 dibagi jumlah kotak besar antara R–R'
 - Hitung siklus R–R pada 6 kotak besar (1/50 menit) dan dikalikan dengan 50

Bila frekuensi denyut jantung lambat

- Hitung jumlah kotak besar antara 2 gelombang R dan dibagi 2 dengan 300 (1 menit= 300 kotak besar)

Bila frekuensi ventrikel dan atrium berbeda, seperti pada *heart block* atau *atrial flutter*, frekuensi atrium dapat dihitung dengan menggunakan metode yang sama.

Frekuensi Jantung

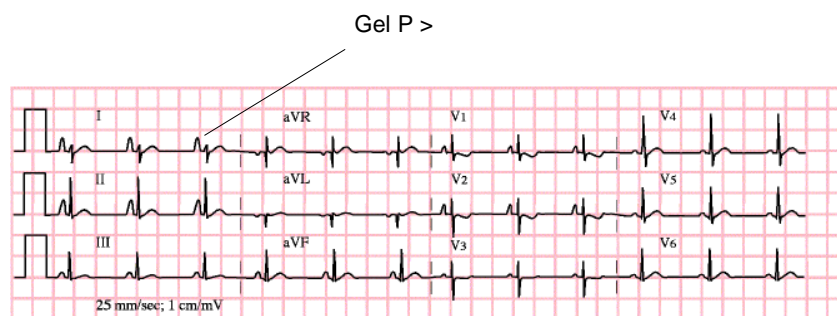
Interpretasi harus didasarkan pada frekuensi jantung disesuaikan dengan usia. Akibat variasi usia pada bayi dan anak, maka definisi bradikardia (kurang dari 60 kali/menit) dan takikardia (lebih dari 100kali/menit) pada dewasa tidak dapat digunakan pada anak dan bayi.^{1,2}(lihat Lampiran 6. Tabel Normal Interval pada EKG Pediatri dan Lampiran 7. Tabel Rata-rata Frekuensi Nadi dalam 24 Jam Monitoring *Holter* pada Neonatus, Balita, dan Anak Usia SekolahSehat)

Pada anak sehat sering didapatkan sinus aritmia dan pada keadaan tidur, kadang-kadang terdapat disosiasi atrioventrikular dengan irama *junctional*.^{7,10}

Beberapa Kelainan Jantung yang dapat Dinilai dengan Pemeriksaan EKG

Hipertrofi Atrium Kanan

Hipertrofi atriumkanan diketahui jika gelombang P berbentuk runcing dan tingginya lebih dari 2,5 mm di sandapan V, tetapi dapat juga terlihat di sandapan III, V_{3R}, dan V₂. Perubahan bentuk P ini merupakan akibat gaya yang lebih besar yang datang dari pembesaran atrium kanan anterior. Disebut juga P *pulmonale*.^{7,10}

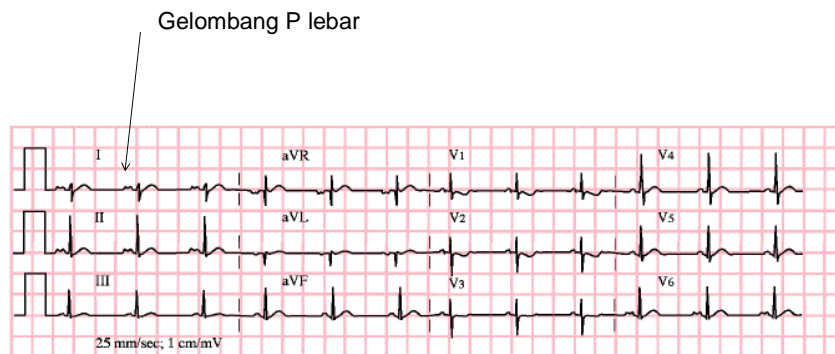


Gambar 18 Hipertrofi Atrium Kanan pada EKG

Ket: tampak gelombang T yang tinggi di sandapan I
Sumber: Meek dan Morris⁷

Hipertrofi Atrium Kiri

Hipertrofi atriumkiri diketahui apabila gelombang P inversi di sandapan V dengan menempati luas area lebih dari 1 mm, atau jika ada lekukan yang lebar pada puncak, atau apabila puncak gelombang datar dan lebih panjang dari 0,08 detik di sandapan V₆ atau di sandapan II. Hipertrofi atriumkiri dapat juga dilihat di sandapan I dan V₃. Perubahan ini merupakan akibat gaya yang lebih besar yang mengarah ke posterior dan ke kiri karena hipertrofi atrium kiri bagian posterior. Perubahan gelombang P ini disebut P *mitral*.^{7,10}



Gambar 19 Hipertrofi Atrium Kiri pada EKG

Ket: Tampak gelombang P yang lebar dan bifasik di I
 Sumber: Meek dan Morris⁷

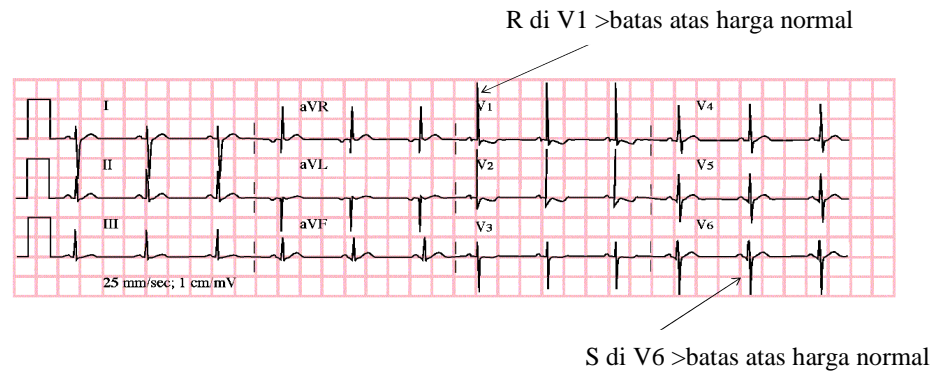
Hipertrofi Atrium Kiri dan Kanan

- Hipertrofi atriumkiri dan kanan = *Combined atrium hypertrophy (CAH)*^{7,10}
- Jika gelombang P lebih panjang dari 0,08 detik dan lebih tinggi dari 2,5 mm di sandapan V dan sandapan II.^{7,10}

Hipertrofi Ventrikel Kanan

- Aksis QRS ke kanan^{7,10}
- Kompleks QRS yang melebar dengan peningkatan voltase QRS
 - R di sandapan V1, V2 atau aVR lebih besar daripada nilai normal limit bawah usia, S di sandapan I dan V6 lebih besar daripada nilai normal limit atas untuk usia penderita
 - rsR' di sandapan V1
- R/S rasio yang abnormal merupakan tanda dari hipertrofi ventrikel kanan (tanpa disertai RBBB)^{7,10}
 - R/S rasio disandapan V1 dan V2 lebih besar daripada nilai normal limit atas untuk usia penderita
 - R/S rasio di sandapan V6 kurang dari 1 pada anak usia >6 bulan
- *Upright* T disandapan V1 pada penderita berusia lebih dari 3 hari. Terdapatnya *upright* T di sandapan prekordial kiri (V5, V6); *upright* T disandapan V1 bukan suatu yang abnormal pada penderita berusia lebih dari 6 tahun.^{7,10}

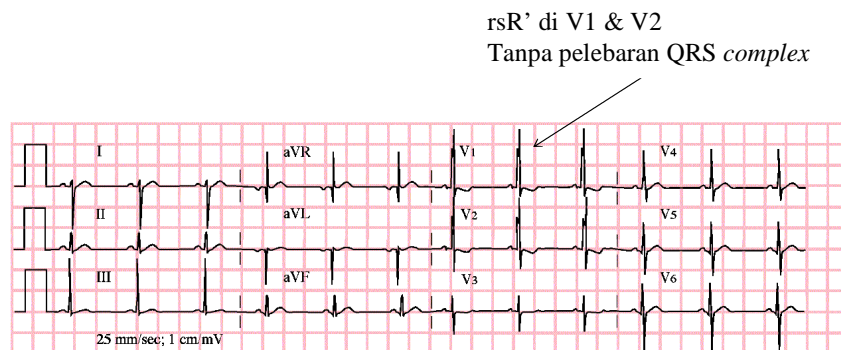
- Q di sandapan V1 (qR atau pola qRs) menandakan hipertrofi ventrikel kanan (harus yakin bahwa itu bukan gelombang r yang kecil pada konfigurasi rsR')^{7,10}
- Hipertrofi ventrikel kanan dengan QRS T *angle* yang lebar dan aksis T diluar batas normal (biasanya pada kuadran 0–90°) mengindikasikan terdapatnya pola “*strain*”^{7,10}



Gambar 20 Hipertrofi Ventrikel Kanan

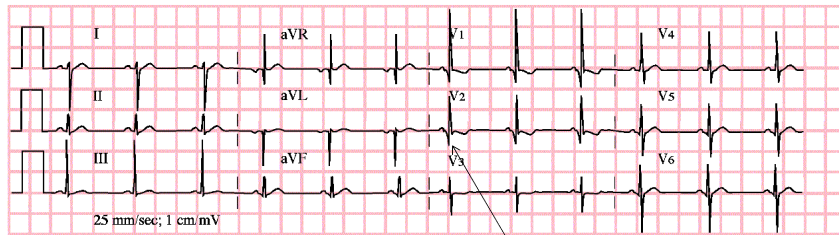
Ket: gelombang R di sandapan V1 > batas atas harga normal
 gelombang S di sandapan V6 > batas atas harga normal

Sumber: Meek dan Morris⁷



Gambar 21 Hipertrofi Ventrikel Kanan

Ket: gel rsR' disandapan V1 dan V2
 Sumber: Meek dan Morris⁷



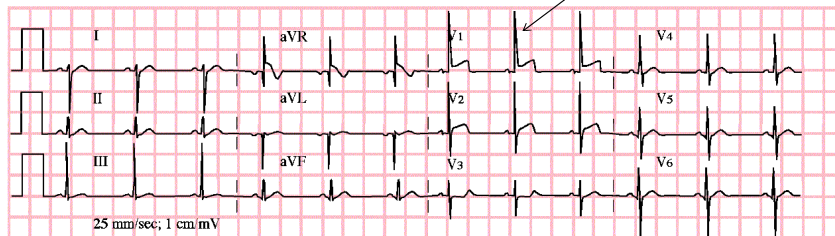
qR in V1 & V2

Gambar 22 Hipertrofi Ventrikel Kanan

Ket: gel qR di sandapan V1 dan V2

Sumber: Meek dan Morris⁷

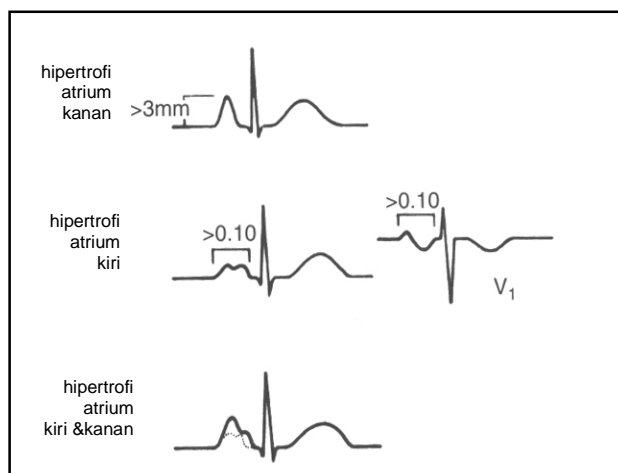
Pure R di V1 & V2



Gambar 23 Hipertrofi Kanan Ventrikel

Ket: *Pure R* di sandapan V1 dan V2

Sumber: Meek dan Morris⁷

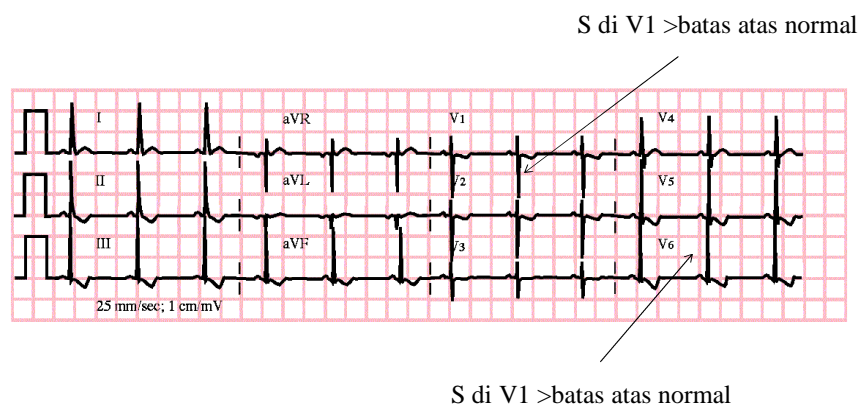


Gambar 24 Hipertrofi Atrium Kanan dan Hipertrofi Atrium Kiri, Hipertrofi Atrium Kiri dan Kanan

Sumber: Park¹⁰

Hipertrofi Ventrikel Kiri

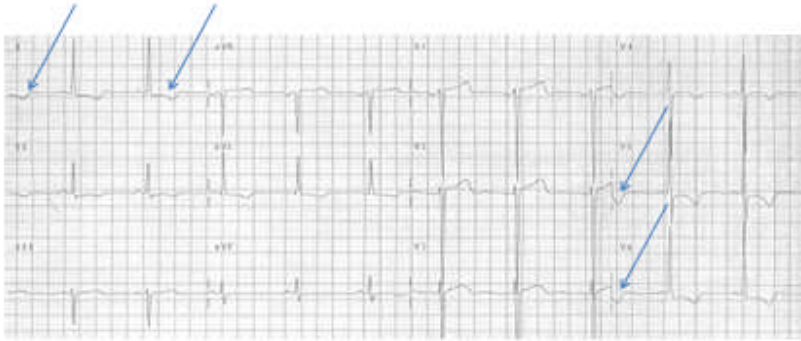
- Aksis kompleks QRS ke kiri^{7,10}
- QRS voltase sebagai tanda dari LV (tidak dijumpai pemanjangan durasi QRS)^{7,10}
 - R di sandapan I, II, III, aVL, aVF, V5 atau V6 lebih besar
 - S di sandapan V1 atau V2 lebih besar daripada nilai normal
- Abnormal R/S rasio sebagai tanda dari ventrikel kiri: R/S rasio di sandapan V1 dan V2 kurang dari nilai normal^{7,10}
- Q pada sandapan V5 dan V6 ≥ 5 mm, gelombang T yang tinggi dan simetris pada sandapan yang sama (ventrikel kiri *overload* pada fase diastolik)^{7,10}
- Hipertrofi ventrikel kiri, QRS T *angle* yang lebar dengan aksis T diluar batas normal mengindikasikan suatu pola strain akibat repolarisasi abnormal, hal ini bermanifestasi dengan gelombang T *inverted* di sandapan I, aVL < V5 dan V6^{7,10}



Gambar 25 Hipertrofi Ventrikel Kiri

Ket: S di sandapan V1 > batas atas normal. R di sandapan V6 > batas atas normal

Sumber: Meek dan Morris⁷



Gambar 26 Pola *Strain* pada Hipertrofi Ventrikel Kiri tampak gelombang T inverted di I, aVL, V5, dan V6

Hipertrofi Ventrikel Kiri dan Kanan

- Kriteria voltase positif untuk hipertrofi ventrikel kanan dan hipertrofi ventrikel kiri tanpa disertai RBBB atau preeksitasi (durasi QRS normal)
- Kriteria voltase positif untuk hipertrofi ventrikel kanan atau hipertrofi ventrikel kiri dan voltase yang relatif besar untuk ventrikel lain
- Kompleks QRS ekuifasik yang besar pada dua atau lebih sandapan ekstremitas dan pada sandapanprekordial (V2 sampai V5) disebut fenomena Katz-Wachtel^{7,10}

Disritmia Kardiak

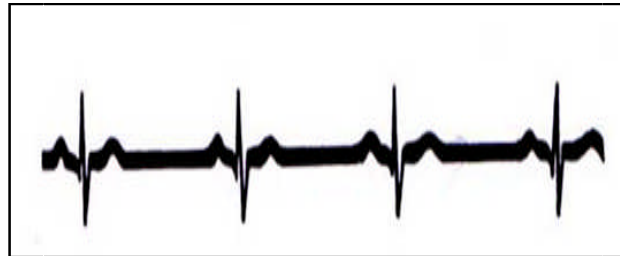
1. Disritmia dengan Nadi yang Lambat (Bradidisritmia)

Bradikardia didefinisikan sebagai denyut nadi yang lebih lambat dari limit bawah denyut nadi sesuai usia pada anak dan bayi. Mekanisme terjadinya bradikardia berkaitan dengan depresi sinus nodal dan blok pada sistem konduksi.^{7,10,11}

1.a Sinus Bradikardia

Sinus bradikardia ditandai dengan denyut nadi yang lebih lambat dari limit bawah denyut nadi sesuai usia, dengan adanya gelombang P normal yang mendahului kompleks QRS pada gambaran EKG. Biasanya denyut nadi pada anak kurang dari 80 kali/menit dan denyut nadi

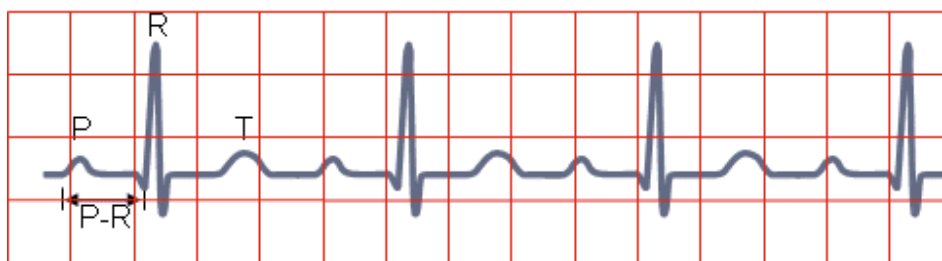
kurang dari 60 kali/menit pada neonatus. Sinus bradikardia pada umumnya tidak membahayakan dan sering didapatkan pada atlet dan saat anak atau bayi sedang tidur.^{7,10,11}



Gambar 26 Sinus Bradikardia
Sumber: Park¹⁰

1.b Blok Jantung Derajat Satu

Blok jantung derajat satu merupakan perlambatan penghantaran impuls pada atrium, nodus AV. Tipe blok ini memperlihatkan gangguan konduksi pada impuls sinus normal dan respons ventrikularnya. Gambaran EKG menunjukkan irama sinus, segmen QRS yang normal, dengan interval PR memanjang melebihi batas atas interval yang disesuaikan dengan usia. Tidak ditemukan "drop beats". Penyebab tersering yaitu infeksi sitemik pada anak dengan struktur jantung yang normal, ataupun kelainan jantung bawaan (defek septum atrium sekundum, anomali Ebstein), miokarditis, dan kardiomiopati. Kebanyakan penderita asimtomatis dan tidak memerlukan terapi lebih lanjut.^{7,10,11}



Gambar 27 AV Blok Derajat Satu, PR Interval Memanjang
Sumber: Malvino dan Plonsey¹²

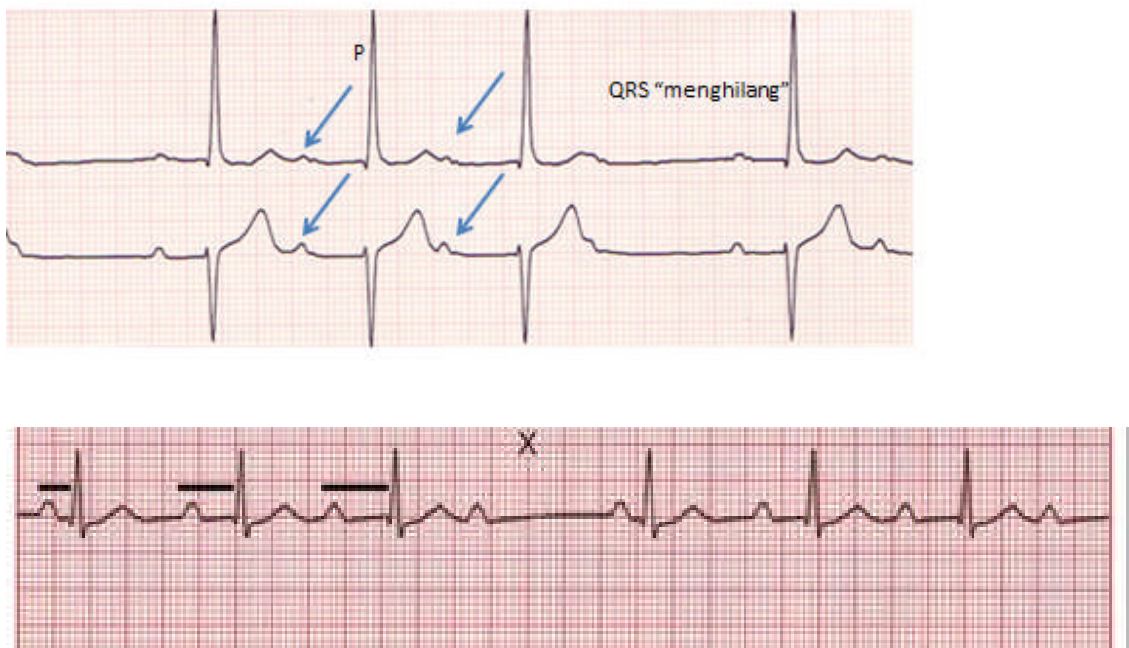
1.c Blok Jantung Derajat Dua

Blok jantung derajat dua ditandai dengan gangguan konduksi ke ventrikel yang intermiten. Selanjutnya diklasifikasikan sebagai Mobitz tipe I dan II. Mobitz tipe I atau Wenckebach blok disebabkan terdapatnya blok pada nodus AV. Gambaran karakteristik pada EKG

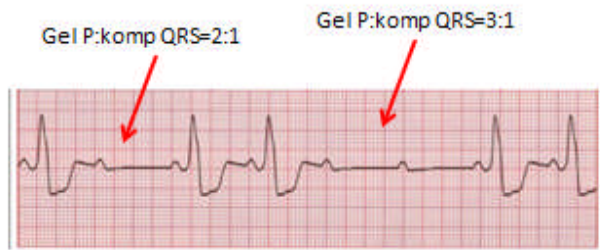
berupa perlambatan gradual interval PR yang diakhiri dengan gagalnya konduksi dan hilangnya denyut. Blok seperti ini pada umumnya berhubungan dengan obat-obatan, miokarditis, kardiomiopati, penyakit jantung bawaan, pascaoperasi jantung, dan penyakit jaringan ikat pada ibu.^{7,10,11}

Pada blok jantung derajat dua tipe Mobitz I terlihat interval PR semakin lama semakin panjang sehingga akan menyebabkan satu kompleks QRS menghilang (Gambar 28)

Blok Mobitz tipe II disebabkan oleh blok pada bagian distal sistem konduksi. Pada rekaman EKG tidak didapatkan pemanjangan interval PR sebelum hilangnya denyut. Pada keadaan ini diperlukan pemasangan pacu jantung permanen. Ditemukan blok AV is “*all or none*” Konduksi AV dapat normal atau total blok (Gambar 29)^{7,10,11}



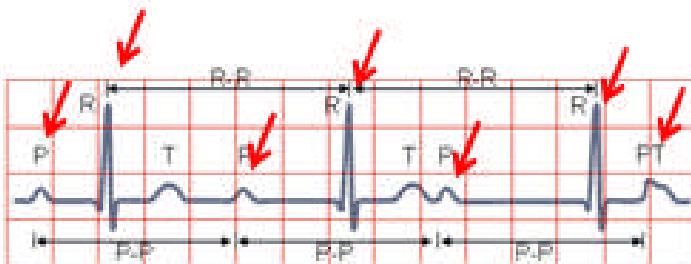
Gambar 28 Blok AV Derajat Dua (Mobitz Tipe 1), Interval PR Semakin Lama Semakin Panjang dan Diakhiri dengan Hilangnya Kompleks QRS
Sumber: Sumber: Malvino dan Plonsey¹²



Gambar 29 Blok AV Derajat Dua (Mobitz Tipe 2). Perbandingan Gelombang P dan QRS 2:1, 3:1

1.d Blok Jantung Derajat Tiga (*Complete Heart Block*)

Blok jantung derajat tiga timbul bila tidak ada impuls dari atrium yang diteruskan ke ventrikel. Konduksi irama dari pusat impuls di atrium hilang secara total, menyebabkan pusat impuls ventrikel mengambil alih fungsi konduksi. Pada EKG tampak gelombang P yang berdisosiasi dengan kompleks QRS. Irama atrium dan ventrikel berjalan sendiri-sendiri dengan tetap mempertahankan interval PP dan RR yang reguler. Durasi QRS normal bila blok terdapat pada bagian proksimal dari bundel His. Durasi QRS yang melebar tampak pada blok yang terjadi di bawah bundel His. Pada umumnya irama ventrikular lebih lambat dari normal, sekitar 60–80 kali/menit.^{7,10,11}



Gambar 28 Complete Heart Block Gelombang P dan kompleks QRS Tidak Sinkron
Sumber: Malvino dan Plonsey¹²

2. Disritmia dengan Nadi yang Cepat (Takidisritmia)

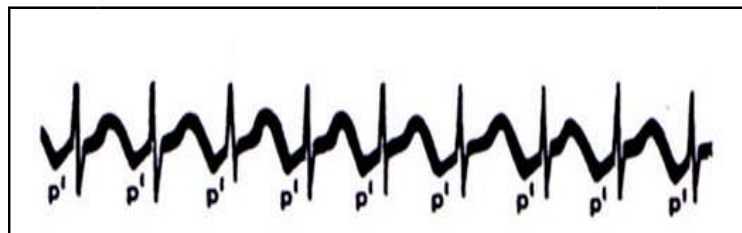
Takidisritmia didefinisikan sebagai denyut jantung yang cepat dan melewati batas atas normal pada denyut nadi sesuai dengan usia. Takikardia dapat diklasifikasikan lokasinya. Bila di atas nodus AV disebut takikardiasupraventrikular, bila pada nodus AV disebut takikardianodus AV, dan bila fokus terletak di bawah nodus AV diklasifikasikan sebagai

takikardia ventrikular. Takikardia supraventrikular merupakan kelainan yang paling sering ditemukan. Takikardia ventrikular diasosiasikan dengan gangguan hemodinamik.^{7,10,11}

2.a Takikardia Supraventrikular

Disebut sebagai disritmia yang paling banyak ditemukan pada anak. Pada bayi dan neonatus dengan takikardia supraventrikular, didapatkan denyut nadi lebih dari 220 kali/menit, sedangkan pada anak didapatkan denyut nadi lebih dari 180 kali/menit. Gambaran EKG menunjukkan takikardia dengan kompleks QRS yang sempit dan reguler, dengan atau tanpa gelombang P yang terbenam pada segmen ST dan kadang-kadang terbalik.^{7,10,11}

Terdapat 3 tipetakikardia supraventrikular, yaitu *AV-reentrant tachycardia* (yang tersering), terdapat jaras tambahan yang menghubungkan nodus SA dengan nodus AV. Tipe lain adalah *AV-node reentry tachycardia* terdapat dua jaras nodus AV yang terstimulasi secara serentak, yang terakhir yaitu *ectopic atrial tachycardia*, dengan terdapatnya fokus ektopik pada atrium (sangat jarang)^{7,10,11}

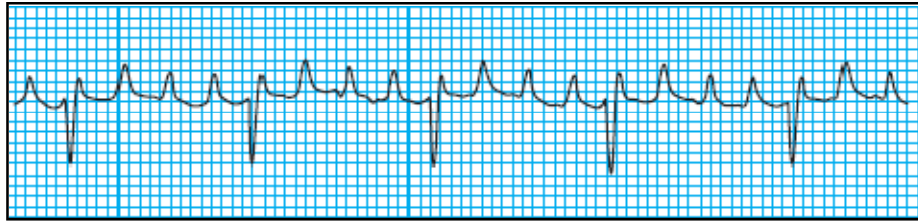


Gambar 29Supraventrikular (SVT)

Sumber: Park¹⁰

2.bFlutter Atrium

Flutter atrium sangat jarang ditemukan pada anak dan bayi. Keadaan ini berkaitan dengan tingginya angka kesakitan dan kematian pada rahim. Frekuensi atrium berkisar 300–600kali/menit dengan karakteristik gelombang P pada II,III,aVF seperti gigi gergaji. Frekuensi ventrikular dapat reguler atau ireguler dengan blok 2:1, 3:1, ataupun 4:1.^{7,10,11}



Gambar 30 Atrial Flutter, Gelombang P >1

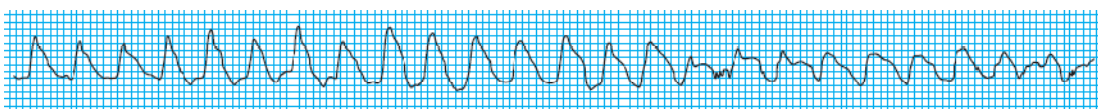
Sumber: Meek dan Morris⁷

2.c Fibrilasi Atrium

Fibrilasi atrium juga jarang ditemukan pada anak dan bayi. Anak dengan kecenderungan untuk terjadinya keadaan ini adalah anak dengan kelainan katup mitral kongenital dan hipertiroidismus, serta anak yang mengalami operasi intraatrial. Pada EKG terlihat gambaran gelombang P yang iregular dengan frekuensi 300–600/menit, disertai frekuensi ventrikel yang tidak teratur (*irregularly-irregular*).^{7,10,11}

2.d Takikardia Ventrikular

Takikardia ini jarang terjadi pada neonatus dan bayi. Bila terdapat tiga atau lebih denyut ventrikel dengan frekuensi 120–250 kali/menit, maka diagnosis takikardia ventrikular dapat ditegakkan. VT dapat disebut *sustained* (bertahan lebih dari 10 detik) dan *non sustained* (kurang dari 10 detik). Gambaran gelombang QRS dapat berupa monomorfik (morfologi seragam) ataupun polimorfik (morfologi berubah-ubah) serta *torsade de pointes* (gambaran VT polimorfik yang melingkar pada satu aksis). Diagnosis diferensial pada takikardia dengan kompleks QRS yang lebar termasuk takikardia ventrikular, sindrom Wolf-Parkinson-White (WPW), dan *bundle branch block*. Beberapa faktor yang membedakan takikardia ventrikular dengan takikardia supraventrikular adalah: 1) terdapatnya *fusion* dan *capture beat*, 2) AV disosiasi, dan 3) morfologi yang sama dengan denyut pada kontraksi prematur ventrikel. Tidak didapatkannya AV-disosiasi pada EKG tidak mengecualikan takikardia ventrikular, karena pada bayi biasanya terjadi 1:1 konduksi *retrograde*.^{7,10,11}

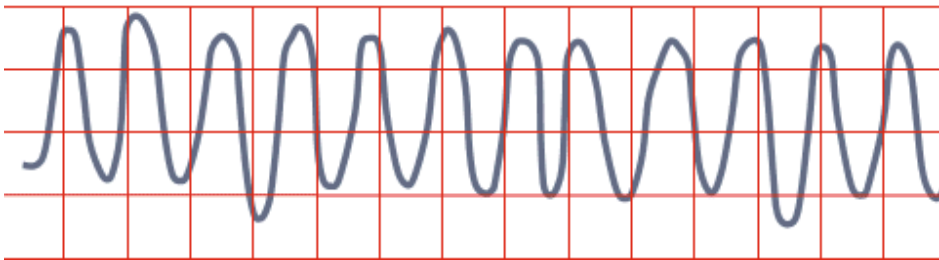


Gambar 31 Takikardia Ventrikular

Sumber: Meek dan Morris⁷

2. eFibrilasi Ventrikular

Merupakan irama yang jarang ditemukan pada bayi, tetapi dapat mengancam jiwa. Tanda penting adalah gambaran QRS yang sangat ireguler, dengan besar dan konfigurasi yang bervariasi. Penyebabnya adalah komplikasi pascaoperasi reparasi penyakit jantung bawaan, hipoksia berat, hiperkalemia, miokarditis, infarkmiokardium, dan obat-obatan (digitalis, kuinidin, katekolamin, dan anestesi).^{7,10,11}



Gambar 32 Fibrilasi Ventrikular. Kompleks QRS Cepat dan Lebar

Sumber: Malvino dan Ploney¹²

2. fLong QT-Syndrome

Long QT-syndrome adalah salah satu penyebab kematian mendadak pada neonatus. Keadaan ini berkaitan dengan bradikardia dan takikardia ventrikular *torsade de pointes*. Diagnosis didasarkan pada riwayat keluarga dengan pemanjangan interval QT pada EKG istirahat ($>0,45$).^{7,10,11}

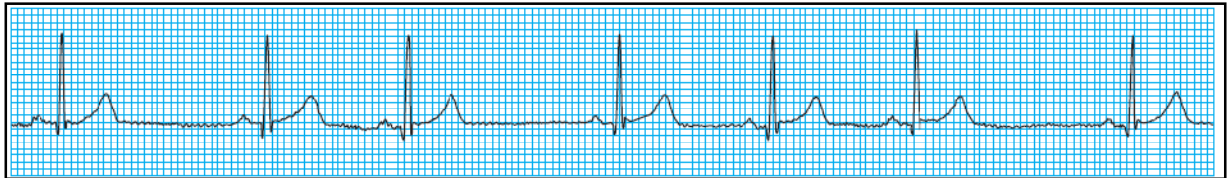


Gambar 32 Long QT Syndrome

Sumber: Meek dan Morris⁷

Resume Cara Membaca EKG Bayi atau Anak

1. Tentukan frekuensi jantung
2. Evaluasi irama jantung, irama normal atau abnormal (disritmia). Pada anak sering terdapat sinus aritmia (Gambar 33)
3. Carilah gangguan konduksi
4. Bila kecurigaan penyakit jantung bawaan atau kelainan katup dicari hipertrofi atrium atau ventrikel
5. Menghubungkan hasil interpretasi EKG dengan gejala klinis.



Gambar 33 Sinus Aritmia

Sumber: Meek dan Morris⁷

DAFTAR PUSTAKA

1. Victorica BE. Electrocardiogram interpretation and diagnostic value. Dalam: Gessner IH, Victorica BE, penyunting. Pediatric cardiology. Philadelphia: WB. Saunders Company; 1993.hlm. 47-80.
2. Walsh EP, Alexander ME, Cecchin F. Electrocardiography and introduction to electrophysiologic techniques. Dalam: Keane FB, Fyler DC, Lock JE, penyunting Nadas' pediatric cardiology. Philadelphia: Saunders and Mosby; 2006.hlm.145-83.
3. Van Hare G, Dubin AM. The normal electrocardiogram. Dalam: Allen HD, Gutgesell HP, Clark EB, Driscoll DJ, penyunting. Moss and Adam's heart disease in infants, children, and adolescents.Edisi ke-7. Philadelphia: William & Wilkins; 2008. hlm. 253-74.
4. Goodacre S, McLeod K. ABC of clinical electrocardiography: pediatric electrocardiography. BMJ. 2002;321:1392-5.
5. Rossi AF. Cardiac diagnostic tool. Dalam: Chang AC, Hanley FL, Wernovsky G, Wessel DL, penyunting. Pediatric cardiac intensive care. Pennsylvania: Williams and Wilkins; 1998. hlm. 37-43.
6. Lilly LS, penyunting. Pathophysiology of heart disease. Philadelphia: Lea and Febiger; 1993.
7. Meek S, Morris F. ABC of clinical echocardiography: introduction I-leads, rate, rhythm, and cardiac axis. BMJ. 2002;321:415-8.
8. Van Hare GF, Dubin AM. The normal electrocardiogram. Dalam: Allen HD, Gutgesell HP, Clark EB, Driscoll DJ, penyunting. Moss and Adam's heart disease in infants, children, and adolescents.Edisi ke-6. Philadelphia: William & Wilkins, 2001.hlm.425-42.
9. GoodacreS,McLeodK.ABC of clinical electrocardiography: pediatric electrocardiography BMJ. 2002;324:1382-5.
10. Park MK. Pediatric cardiology handbook.Edisi ke-5. Philadelphia: Mosby; 2008.
11. Stephenson EA, Davis AM. Electrophysiology, pacing, and devices. Dalam: Anderson RH, Baker EJ, Redington A, Rigby ML, Penny D, Wernovsky G, penyunting.Pediatric cardiology.Edisi ke-3. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2010. hlm. 379-413.

12. Malmivuo J, Plonsey R. Principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. New York: Oxford University Press 1995.

Lampiran

Lampiran 1 Tabel Amplitudo Gelombang R dan S¹⁰

Voltase gel R berdasarkan sandapan dan usia; <i>mean</i> dan nilai batas atas								
Usia								
Sandapan	0–1bulan	1–6 bulan	6–12 bulan	1–3 tahun	3–8 tahun	8–12 tahun	12–16 tahun	Dewasa
I	4(8)	7(13)	8(16)	8(16)	7(15)	7(15)	6(13)	6(13)
II	6(14)	13(24)	13(27)	12(23)	13(22)	14(24)	14(24)	5(25)
III	8(16)	9(20)	9(20)	9(20)	9(20)	9(24)	9(24)	6(22)
aVR	3(8)	2(6)	2(6)	2(5)	2(4)	1(4)	1(4)	1(4)
aVL	2(7)	4(8)	5(10)	5(10)	3(10)	3(10)	3(12)	3(9)
aVF	7(14)	10(20)	10(16)	8(20)	10(19)	10(20)	11(21)	5(23)
V ₃ R	10(19)	6(13)	6(11)	6(11)	5(10)	3(9)	3(7)	-
V ₄ R	6(12)	5(10)	4(8)	4(8)	3(8)	3(7)	3(7)	-
V ₁	13(24)	10(19)	10(20)	9(18)	8 (16)	5(12)	4(10)	3(14)
V ₂	18(30)	20(31)	22(32)	19(28)	15(25)	12(20)	10(19)	6(21)
V ₅	12(23)	20(33)	20(31)	20(32)	23(38)	26(39)	21(35)	12(33)
V ₆	5(15)	13(22)	13(23)	13(23)	15(26)	17(26)	14(23)	10(21)

Voltase gel R berdasarkan sandapan dan usia; <i>mean</i> dan nilai batas atas								
Usia								
Sandapan	0–1bulan	1–6 bulan	6–12 bulan	1–3 tahun	3–8 tahun	8–12 tahun	12–16 tahun	Dewasa
I	5(10)	4(9)	4(9)	3(8)	2(8)	2(8)	2(8)	1(6)
V ₃ R	3(12)	3(10)	4(10)	5(12)	7(15)	8(18)	7(16)	-
V ₄ R	4(9)	4(12)	5(12)	5(12)	5(14)	6(20)	6(20)	-
V ₁	7(18)	5(15)	7(18)	8(21)	11(23)	12(25)	11(22)	10(23)
V ₂	18(33)	15(26)	16(29)	18(30)	20(33)	21(36)	18(33)	14(36)
V ₅	9(17)	7(16)	6(15)	5(12)	4(10)	3(8)	3(8)	-
V ₆	3(10)	3(9)	2(7)	2(7)	2(5)	1(4)	1(4)	1(13)

Lampiran 2 Tabel Durasi Kompleks QRS¹⁰

Durasi kompleks QRS terhadap usia: <i>Mean</i> (nilai batas atas)								
Usia								
Durasi QRS (detik)	0–1 bulan	1–6 bulan	6–12 bulan	1–3 tahun	3–8 tahun	8–12 tahun	12–16 tahun	Dewasa
	0,05 (0,07)	0,055 (0,075)	0,055 (0,075)	0,055 (0,075)	0,06 (0,075)	0,06 (0,085)	0,07 (0,085)	0,08 (0,10)

Lampiran 3 Tabel Nilai Normal Interval PR Menurut Usia dan Frekuensi Jantung¹⁰

Nilai normal interval PR menurut usia dan frekuensi jantung (nilai batas atas)								
Usia								
Frekuensi jantung	0-1bulan n	1-6 bulan	6-12 bulan	1-3 tahun	3-8 tahun	8-12 tahun	12-16 tahun	Dewasa
<60	-	-	-	-	-	0,16(0,18)	0,16(0,19)	0,17(0,21)
60-80	-	-	-	-	0,15(0,17)	0,15(0,17)	0,15(0,18)	0,16(0,21)
80-100	0,10(0,12)	-	-	-	0,14 (0,16)	0,15(0,16)	0,15(0,17)	0,15(0,20)
100-120	0,10(0,12)	-	-	(0,15)	0,13(0,16)	0,14(0,15)	0,15(0,16)	0,15(0,19)
120-140	0,10(0,11)	0,11 (0,14)	0,11(0,14)	0,12(0,14)	0,13(0,15)	0,14(0,15)	-	0,15(0,18)
140-160	0,09(0,11)	0,10(0,13)	0,11(0,13)	0,11(0,14)	0,12 (0,14)	-	-	(0,17)
160-180	0,10(0,11)	0,10(0,12)	0,10(0,12)	0,10(0,12)	-	-	-	-
>180	0,09	0,09(0,11)	0,10(0,11)	-	-	-	-	-

Lampiran 4 Tabel Interval QT¹⁰

Interval QT Terhadap Frekuensi Jantung; mean (nilai batas atas/NBA)					
Frekuensi jantung	detik	Mean (NBA)	Frekuensi jantung	detik	mean (NBA)
40 ^a	1,50	450(490)	110	0,55	306(355)
50 ^a	1,20	410(450)	115	0,52	300(365)
60 ^a	1,00	390(420)	120	0,50	293(350)
70 ^a	0,85	360(380)	125	0,48	288(335)
80	0,75	359(395)	130	0,46	279(330)
90	0,67	345(380)	135	0,44	273(325)
95	0,63	328(370)	140	0,43	272(325)
100	0,60	325(360)	145	0,41	264(305)
105	0,57	318(365)	150	0,40	255(190)

Lampiran 5 Tabel Harga Normal Aksis QRS berdasarkan Usia¹⁰

Usia	Rata-rata (rentang)
1 minggu–1 bulan	+110° (+10 sampai +180)
1–3 bulan	+70° (+10 sampai +125)
3 bulan –3 tahun	+60° (+10 sampai +110)
Lebih dari 3 tahun	+60° (+20 sampai +120)
Dewasa	+50° (-30 sampai +105)