

TINJAUAN PUSTAKA

Monitoring Hemodinamik Non Invasif Perioperatif

Juni Kurniawaty, Bhirowo Yudo Pratomo, Fatkhur Roofi Khoeri

Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Manajemen hemodinamik bertujuan untuk mengoptimalkan tekanan perfusi dan hantaran oksigen untuk mempertahankan atau mengembalikan metabolisme seluler yang adekuat pada periode perioperatif. Untuk mengoptimalkan fungsi kardiopulmoner, manajemen hemodinamik menekankan pada pemberian cairan dan agen vasoaktif untuk mendapatkan target nilai variabel hemodinamik. Selain variabel hemodinamik dasar seperti tekanan darah dan laju jantung, ada variabel hemodinamik lainnya seperti preload jantung berbasis tekanan atau volume, variabel dinamis preload jantung, dan variabel aliran darah (*stroke volume*, *cardiac output*). Beragam teknologi invasif, kurang invasif, dan non invasif pemantauan hemodinamik saat ini tersedia untuk menilai variabel hemodinamik di ruang operasi atau unit perawatan intensif.

Kata kunci: hemodinamik, non invasif

ABSTRACT

In perioperative medicine, hemodynamic management aims at an optimization of perfusion pressure and oxygen delivery in order to maintain or restore adequate cellular metabolism. To optimize cardiopulmonary function, hemodynamic management triggers the administration of fluids and vasoactive agents according to predefined target values of hemodynamic variables. Besides basic hemodynamic variables (blood pressure and heart rate), include advanced hemodynamic variables such as pressure- or volume-based cardiac preload variables, dynamic cardiac preload variables, and blood flow variables (*stroke volume*, *cardiac output*). A variety of invasive, less-invasive, and non-invasive hemodynamic monitoring technologies are nowadays available to assess hemodynamic variables in the operating room or the intensive care unit.

Keywords: hemodynamic, non-invasive

PENDAHULUAN

Lebih dari 300 juta pasien menjalani tindakan operasi di seluruh dunia setiap tahunnya dengan laporan mortalitas 1% - 4% paska operasi. Komplikasi dan kematian sering terjadi pada pasien dengan risiko tinggi, yaitu pada pasien dengan usia tua dan atau dengan penyakit komorbid, serta pasien yang menjalani operasi gastrointestinal atau vaskular. Pemberian cairan intravena dan inotropik memiliki efek pada *outcome* pasien, khususnya pada operasi besar. Dengan demikian, monitoring curah jantung dalam mengarahkan pemberian cairan intravena

dan obat inotropik bagian dari algoritma terapi hemodinamik.¹

Kemajuan substansial di bidang teknologi pemantauan hemodinamik non invasif tercapai dalam beberapa dekade terakhir yang membantu mengukur dan mengoptimalkan variabel berbasis aliran seperti *stroke volume* (SV), *cardiac output* (CO) untuk upaya mencegah hipoperfusi dan kegagalan sirkulasi. Kemajuan ini tentunya dapat digunakan oleh anesthesiologis dalam prakteknya terutama di ruang operasi dan unit perawatan intensif.¹

HEMODYNAMIK

Hemodinamik berasal dari kata *hemo* yang berarti darah dan *dinamik* yang berarti perjalanan. Hemodinamik merupakan sistem aliran darah kardiovaskular yang berjalan secara dinamis, memiliki fungsi hemostatis dan bekerja secara autoregulasi. Pada kondisi normal, hemodinamik akan selalu dipertahankan dalam kondisi yang fisiologis oleh kontrol neurohormonal. Namun pada pasien-pasien dengan kondisi tertentu, mekanisme kontrol tidak bekerja secara normal sehingga status hemodinamik akan tidak stabil. *Monitoring* hemodinamik menjadi komponen yang penting dalam perawatan pasien-pasien kritis ataupun pada pasien yang menjalani tindakan operasi besar karena status hemodinamik yang dapat berubah dengan sangat cepat. Berdasarkan tingkat keinvasian alat, monitoring hemodinamik dibagi menjadi monitoring hemodinamik non invasif dan invasif.²

Profil hemodinamik tergambarkan dari pengukuran tekanan darah, aliran darah, kontraktilitas jantung, *preload* jantung dan *afterload* jantung memainkan peran penting dalam pemantauan, diagnostik dan pengobatan pasien kritis yang dirawat di perawatan intensif atau pada pasien yang menjalani operasi besar.³

Secara umum beberapa faktor penentu hemodinamik adalah:

- a. *Cardiac Output* (CO)
 - a. *Stroke Volume* (SV)
 - i. *Preload: (Filling Pressure)* menggambarkan tekanan saat pengisian atrium selama diastolik.
 - ii. *Contractility:* menggambarkan kekuatan otot jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh.
 - iii. *Afterload:* menggambarkan kekuatan/tekanan darah yang dipompakan oleh jantung
 - b. *Heart Rate* (HR)
- b. *Oxygen Delivery* (DO₂) : Haemoglobin, PaO₂, SaO₂.
- c. *Oxygen Uptake: Central Venous Saturation* (ScvO₂) dan *Mixed Venous Saturation* (SvO₂)
- d. *Oxygen Extraction Ratio:* perbandingan dari konsumsi oksigen terhadap suplai oksigen.

Pemantauan secara terus menerus tekanan darah dan *cardiac output* penting untuk mencegah hipoperfusi dan untuk mengarahkan pemberian cairan. Evaluasi utama dari hemodinamik umumnya dilakukan dengan menilai detak jantung (HR) dan tekanan darah rata-rata sebagai pengganti perfusi jaringan. Ketika parameter ini berubah, pengukuran tunggal menghasilkan informasi yang tidak relevan, sehingga diperlukan pengukuran secara terus menerus. Pengukuran tekanan darah secara *continue*, kanulasi arteri adalah pendekatan yang utama. Namun, pemantauan non invasif terhadap tekanan darah memiliki beberapa keuntungan, terutama jika pengukuran tekanan darah intra-arteri tidak dapat digunakan.⁵

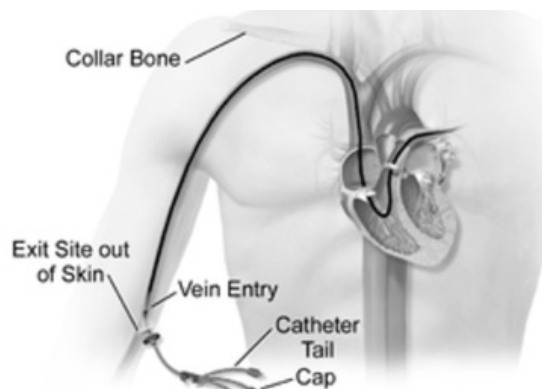
JENIS MONITORING

Invasif

Kateter arteri pulmonalis (PAC)^{6,7}

Keunggulan: tidak diperlukan pemberian cairan, tidak diperlukan kalibrasi manual, informasi fungsi jantung kanan RVEF (*right ventricular ejection fraction*), RVEDV (*right ventricle end diastolic volume*) secara terus menerus, dan SvO₂ secara berkala.

Kelemahan: sangat invasif, mahal, pemasangan yang sulit, tidak *beat to beat* (rata-rata 5 menit), tidak dapat digunakan untuk menilai *fluid responsiveness*, komplikasi ruptur arteri pulmonalis, aritmia, sinyal buruk mengganggu rasio pengukuran.



Gambar 1. Kateter arteri pulmonalis

Kurang Invasif

1) PiCCO^{6,7}

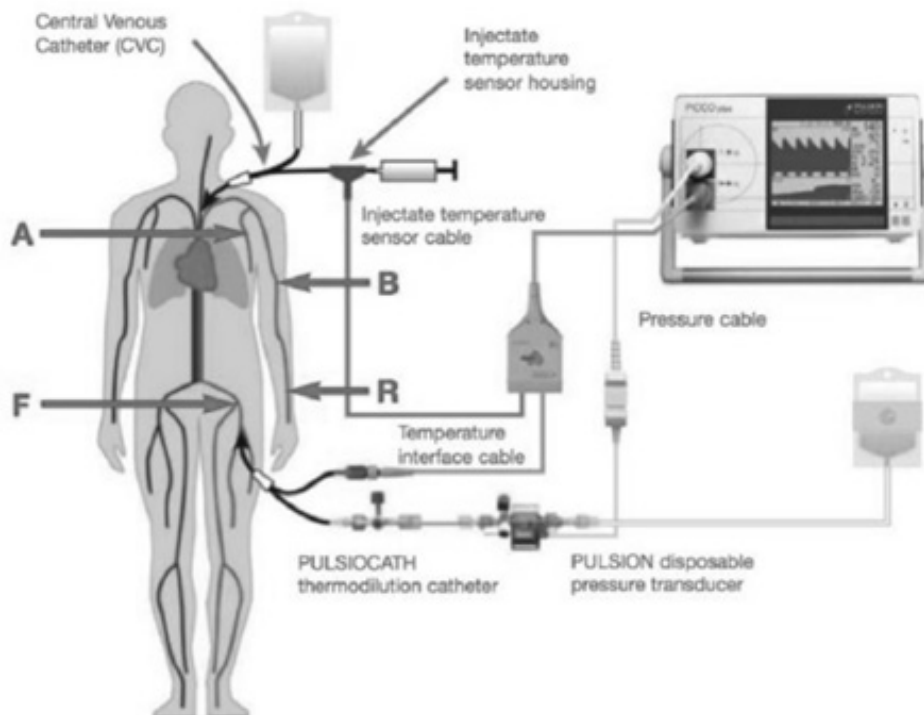
Indikasi: pasien kritis dengan kondisi *shock*, onset akut gagal organ, gagal nafas, peningkatan tekanan intrathorakal.

Kontraindikasi: Baru saja menjalani operasi vaskular arteri femoralis, pseudoaneurisma brakhialis.

Keunggulan: validasi lebih baik dibanding PAC, kurang invasif, data *beat to beat*, penilaian GEDV (*global end diastolic volume*), EVLW (*extra vascular lung water*), PVPI (*pulmonary vascular*

permeability index), identifikasi R/L *shunting*, tidak bergantung pada variasi respirasi.

Kelemahan: valvulopati, monitor volume tidak secara terus menerus, dibutuhkan kalibrasi setelah perubahan preload, afterload dan kontraktilitas.



Gambar 2. Perangkat PiCCO

2) EV1000^{6,7}

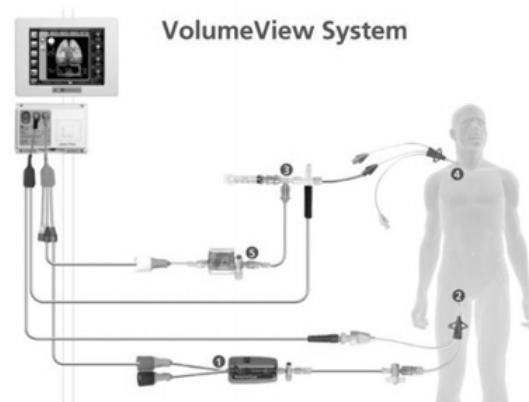
Indikasi: pasien kritis dengan kondisi *shock*, onset akut gagal organ, gagal nafas, peningkatan tekanan intra thorakal.

Kontraindikasi: Baru saja menjalani operasi vaskular arteri femoralis, pseudoaneurisma brakhialis.

Keunggulan: validasi lebih baik dibanding PAC, kurang invasif, data *beat to beat*, penilaian GEDV (*global end diastolic volume*), EVLW (*extra vascular lung water*), PVPI (*pulmonary vascular permeability index*), identifikasi R/L *shunting*, tidak bergantung pada variasi respirasi.

Kelemahan: diperlukan data CVP secara terus menerus, valvulopati, monitor volume tidak secara terus menerus, dibutuhkan kalibrasi

ulang setelah perubahan *preload*, *afterload*, dan kontraktilitas.



Gambar 3. Perangkat EV1000

3) **LiDCO^{6,7}**

Keunggulan: kurang invasif, tidak memerlukan akses vena sentral, mampu mengukur ITBV (*intrathoracic blood volume*).

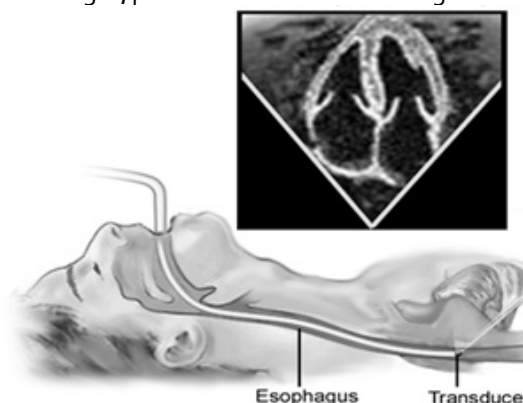
Kelemahan: sedikit parameter tambahan yang diperoleh, dibutuhkan kalibrasi ulang setelah perubahan *preload*, *afterload*, dan kontraktilitas.

4) **Transesofageal ekhokardiografi^{6,7}**

Keunggulan: minimal invasif, memberikan informasi anatomi dan fungsi.

Kelemahan: tidak mengukur secara terus menerus, harus mempelajari kurva,

kontraindikasi pada koagulopati, varises esofagus, perdarahan saluran cerna bagian atas.



Gambar 4. TEE

Non Invasif

Tabel 1. Metode Pengukuran Tekanan Darah dan Cardiac Output Non Invasif⁵

System	Method	Company	CO	BP
Nexfin	Finger cuff technology/pulse contour analysis	BMEYE	+ — + —	
Finometer	Finger cuff technology/pulse contour analysis	FMS	+ — + —	
LIFEGARD® ICG	Thoracic electrical bioimpedance	CAS Medical Systems, Inc.	+ — + ...	
BioZ Monitor	Impedance cardiography	CardioDynamics International Corporation	+ — + ...	
Cheetah reliant	"Bioreactance"	Cheetah Medical	+ — + ...	
Cardioscreen/Niccomo	Impedance cardiography and impedance plethysmography	Medis Medizinische Messtechnik GmbH	+ — + ...	
AESULON	Electrical "velocimetry"	Osyka Medical GmbH	+ — + ...	
HIC-4000	Impedance cardiography	Microtronics Corp Bio Imp Tech, Inc.	+ —	
NICaS	Regional impedance	NImedical	+ —	
IQ2	3-dimensional impedance	Noninvasive Medical Technologies	+ —	
ICON	Electrical "velocimetry"	Osyka Medical GmbH	+ —	
PHYSIO FLOW	Thoracic electrical bioimpedance	Manatec biomedical	+ —	
AcQtrac	Thoracic impedance	Väsamed	+ —	
esCCO	Pulse wave transit time	Nihon Kohden	+ —	
TEBCO	Thoracic electrical bioimpedance	HEMO SAPIENS INC.	+ —	
NCCOM 3	Impedance cardiography	Bomed Medical Manufacturing Ltd	+ —	
RheoCardioMonitor	Impedance cardiography	Rheo-Graphic PTE	+ —	
HemoSonic™ 100	transesophageal Doppler	Arrow Critical Care Products	+ —	
ECOM	Endotracheal bioimpedance	ConMed Corporation	+ —	
CardioQ-ODM™	Oesophageal Doppler	Deltex	+ —	
TECO	Transesophageal Doppler	Medicina	+ —	
ODM II	Transesophageal Doppler	Abbott	+ —	
HDI/PulseWave™ CR-2000	Pressure waveform analysis	Hypertension Diagnostics, Inc	+ -- + --	
USCOM 1A	Transthoracic Doppler	Uscom	+ --	
NICO	Rebreathing Fick	Philips Respironics	+ ...	
Innocor	Rebreathing Fick	Innovision A/S	+ ...	

1) **Non Invasif Blood Pressure**^{8,9}

Tekanan darah adalah salah satu parameter sistem kardiovaskular yang paling sering diukur sesuai dengan pedoman dari *American Society of Anesthesiologists* (ASA) dalam pemantauan tindakan anestesi, dan dievaluasi setidaknya setiap 5 menit.

Metode auskultasi tradisional masih dianggap sebagai standar baku pada pengukuran tekanan darah. Menggunakan sebuah stetoskop dan sphygmomanometer dengan manset yang dikembangkan ditempatkan di sekitar lengan atas. Ketinggian kolom merkuri (Hg) dalam milimeter di auskultasi menunjukkan sistolik dan diastolik. Sistolik adalah tekanan di mana suara pertama terdengar setelah manset dikempeskan, sedangkan diastolik adalah tekanan dimana suara terakhir yang dapat didengarkan.

Keunggulan: tidak invasif, sphygmomanometer merkuri tidak perlu kalibrasi berulang.

Kelemahan: Ukuran manset yang tidak sesuai menghasilkan *false high* dan *false low*, tergantung pada operator, sifatnya yang *intermittent* sehingga periode hipertensi dan hipotensi mungkin terlewat dan perubahan besar pada tekanan darah tidak dapat diandalkan.

2) **Transtorakal ekhokardiografi**^{2,7}

Menggunakan *probe* yang memancarkan gelombang ultrasonik dan dipantulkan dari sel darah merah yang bergerak secara terus-menerus (bergerak mendekati atau menjauhi dari transduser), sehingga memperoleh ukuran dari aliran. Ketika gelombang yang dipancarkan mengenai sel darah merah, gelombang yang dipantulkan ke arah transduser berubah frekuensinya sesuai dengan arah darah

mengalir. Ketika transduser sejajar dengan aliran darah, alat merekam frekuensi atau kecepatan optimal maksimum.

Probe diposisikan di suprasternal, supraklavikular, atau parasternal, dicari titik maksimum darah mengalir pada lokasi katup aorta dan pulmonal. Berdasarkan kecepatan pada area ini, dapat diperoleh pengukuran SV, CO, indeks jantung dan resistensi vaskular.

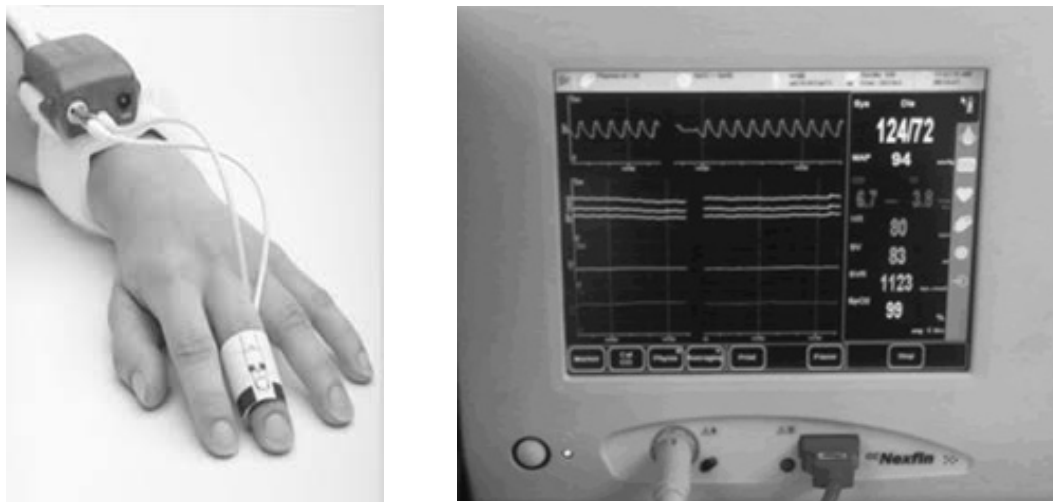
Keunggulan: tidak invasif, perangkat ringkas, stetoskop modern untuk *intensivist*, tanpa kontraindikasi, tidak memerlukan kalibrasi.

Kelemahan: bergantung pada operator, harus mempelajari kurva, tidak secara terus menerus melakukan pengukuran, rongga berudara merupakan faktor perancu, studi validasi belum terlalu banyak.

3) **Finger Cuff**^{5,9}

Dengan manset jari terdapat beberapa metode, yakni metode menjepit volume, metode tonometri dan photoplethysmographic. Generasi pertama teknologi ini diperkenalkan oleh Wesseling pada awal 1980-an dengan merk Finapres. Diameter dari arteri jari ditekan dengan manset, perubahan diameternya diukur dengan menggunakan foto-plethysmograph inframerah yang ada di dalam manset jari.

Manset jari menjaga diameter dari arteri yang yang diukur konstan dengan memberikan tekanan secara dinamis sepanjang siklus jantung. ketika fase sistolik, peningkatan volume arteri akan terdeteksi oleh plethysmograph, tekanan manset akan meningkat cepat dengan sistem *servo-controller* untuk mencegah perubahan volume. Arteri dapat ditekan pada volume berapapun kondisi kolap dan kondisi penuh.



Gambar 5. Perangkat Nexflin

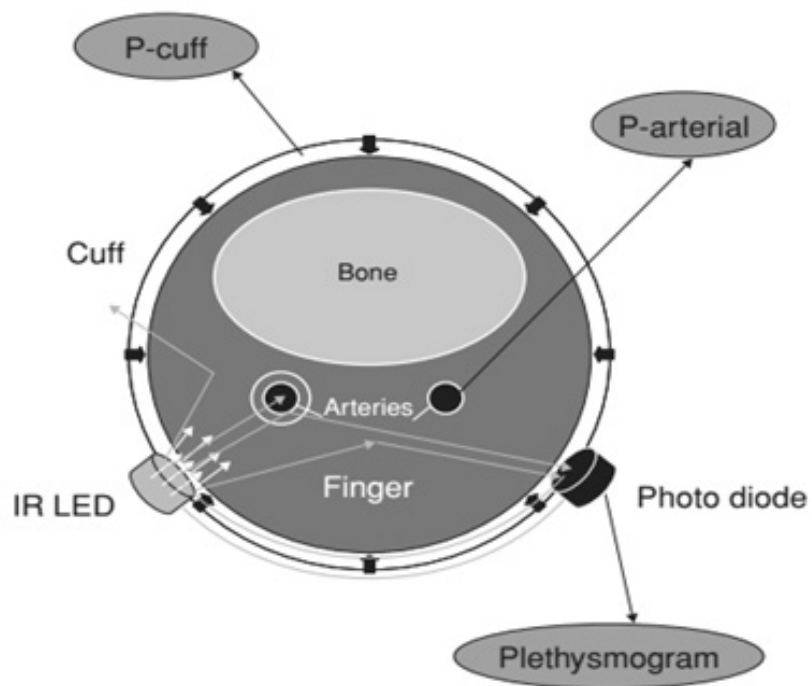


Figure 6.2. Cross-section of a finger at the middle phalanx level with a finger cuff wrapped around on it with built-in infrared (IR) plethysmograph. Source: Nexfin device, BMEYE, Amsterdam, The Netherlands.

Gambar 6. Gambar potong lintang jari dengan manset jari.

Manset dililitkan di sekitar phalanx tengah jari (direkomendasikan jari tengah) dan terhubung ke katup kontrol tekanan. Katup proporsional ini memodulasi tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor udara, sehingga menyebabkan perubahan tekanan manset jari secara paralel dengan tekanan intraarterial di jari untuk secara dinamis menurunkan dinding arteri di jari. Tekanan *cuff* memberikan ukuran tidak langsung dari tekanan intraarterial.

Keunggulan: pemantauan secara terus menerus tekanan darah arteri, perhitungan *stroke volume*, *cardiac output*, variabilitas denyut nadi, sensitivitas baroreflex, resistansi perifer dan variabilitas tekanan sistolik.

Kelemahan: tidak akurat pada kondisi sindrom Raynaud, variasi anatomi dalam sirkulasi arterial palmar serta penggunaan agen vasokonstriktor.

Tabel 2. Parameter Pengukuran Nexflin

Type	Parameters	Label
Hemodynamics	Cardiac output/cardiac index	CO/CI
	Systolic/diastolic blood pressures	Sys/Dia
	Mean arterial pressure	MAP
	Heart rate	HR
	Stroke volume	SV
	Systemic vascular resistance	SVR
	Contractility index	dP/dt
Fluid responsiveness	Pulse pressure variation	PPV
	Stroke volume variation	SVV
Oxygen transport	Oxygen delivery index	DO ₂ I
	Oxygen saturation	SpO ₂
	Total hemoglobin	SpHb
	Perfusion index	PI

4) Bioelektrical Impedance Analysis^{7,20}

Impedansi listrik spesifik pada jantung diakui pada akhir abad kesembilan belas, korelasinya dengan aktivitas jantung dimulai pada 1930-an dan korelasi dengan cairan tubuh pada 1960an. Perubahan besar dalam pemahaman impedansi toraks dibuat ketika *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) memantau terus menerus status hemodinamik pilot pesawat ruang angkasa. Investigasi selanjutnya menggambarkan SV berasal dari sinyal listrik. Penelitian lain di berbagai bidang

medis termasuk operasi jantung dan nefrologi juga menggunakan impedansi toraks untuk memperkirakan volume darah toraks.

Pengukuran *bioimpedance* mendeteksi perubahan listrik yang terjadi dengan mengukur perubahan level cairan di dada. Tingkat berubah ketika kontrak ventrikel kiri dan darah mengalir ke aorta toraks. Hal ini menyebabkan perubahan resistansi yang sesuai di dalam toraks karena tingkat cairan di aorta meningkat. Perubahan impedansi ini dapat diukur sebagai perubahan yang melewati tegangan antara elektroda yang

ditempatkan di dada pasien. Bioimpedance mengukur amplitudo dari perubahan tegangan di dada. Pengukuran dari model dan asumsi ini digunakan untuk menilai *Stroke Volume (SV)* dan *Cardiac Output (CO)*.

Metode untuk mengukur SV dan CO berbasis *bioimpedance* juga disebut sebagai plethysmography impedansi listrik, impedansi kardiografi, kardiometri listrik, rheografi integral atau *bioimpedance* listrik toraks. Pengukuran hemodinamik didasarkan pada berbagai pengukuran internal awal dan pada parameter demografis serta morfologi seperti usia, jenis kelamin, tinggi dan berat. Hematokrit juga berperan dalam pengukurannya.

Beberapa produk yang telah ada :

1. NCCOM (Bomed Medical, Irvine CA)
2. BioZ (CardioDynamics, San Diego, CA)
3. NICCOMO (MEDIS, Ilmenau, Jerman)
4. ICON (Osypka Cardiotronik, Berlin, Jerman)
5. ICG (Sistem Medis Philips, Andover, MA)
6. NICOMON (Larsen dan Toubro Ltd., Mumbai, India)
7. CSM3000 (Cheers Sails Medical, Shenzhen, Cina)
8. PhysioFlow (Manatec Biomedical, Paris, Prancis)
9. NICaS system (NI Medical, Petah-Tikva, Israel)

Keunggulan: paling tidak invasif untuk pemantauan CO, memberikan informasi TBW (*total body water*), ECW (*extracellular water*), ICW (*intracellular water*) dan kelebihan volume. Kelemahan: memerlukan kalibrasi yang berulang, tidak valid pada kondisi gangguan aorta (atheroma, prosthesis, aneurisma aorta, diseksi, massa mediastinum), abnormal hematokrit, obesitas, overhidrasi atau dehidrasi berat, tidak dapat mengukur pada kondisi edema perifer, sangat bias pada kondisi pernafasan spontan, kinerja teknologi ini masih kontroversial dan penggunaan praktisnya terbatas pada hemodinamik dengan perubahan intraindividual.

ICON¹¹



Gambar 7. Perangkat ICON

Fitur:

1. Pemantauan berkelanjutan terhadap parameter hemodinamik yang ditentukan pengguna.
2. Deteksi stimulus alat pacu jantung yang canggih

Aliran Darah / Electrical Cardiometry:

1. Volume Stroke (SV) / Indeks Stroke (SI)
2. Laju Jantung (HR)
3. *Cardiac Output (CO) / Cardiac Index (CI)*

Kontraktilitas:

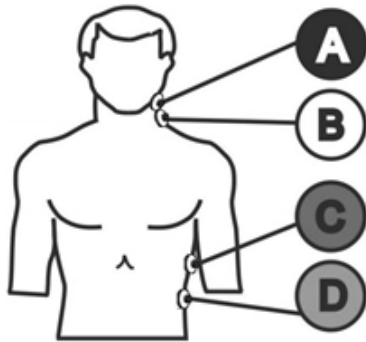
1. Indeks Kontraktilitas (ICON)
2. Variasi Indeks Kontraktilitas (VIC)
3. Rasio Waktu Sistolik (STR = PEP / LVET)

Status Cairan:

1. Kadar Cairan Thoracic (TFC)
2. Variasi Volume Stroke
3. Dinamis: *Passive leg raising (PLR) test, fluid challenge test*

Penggunaan:

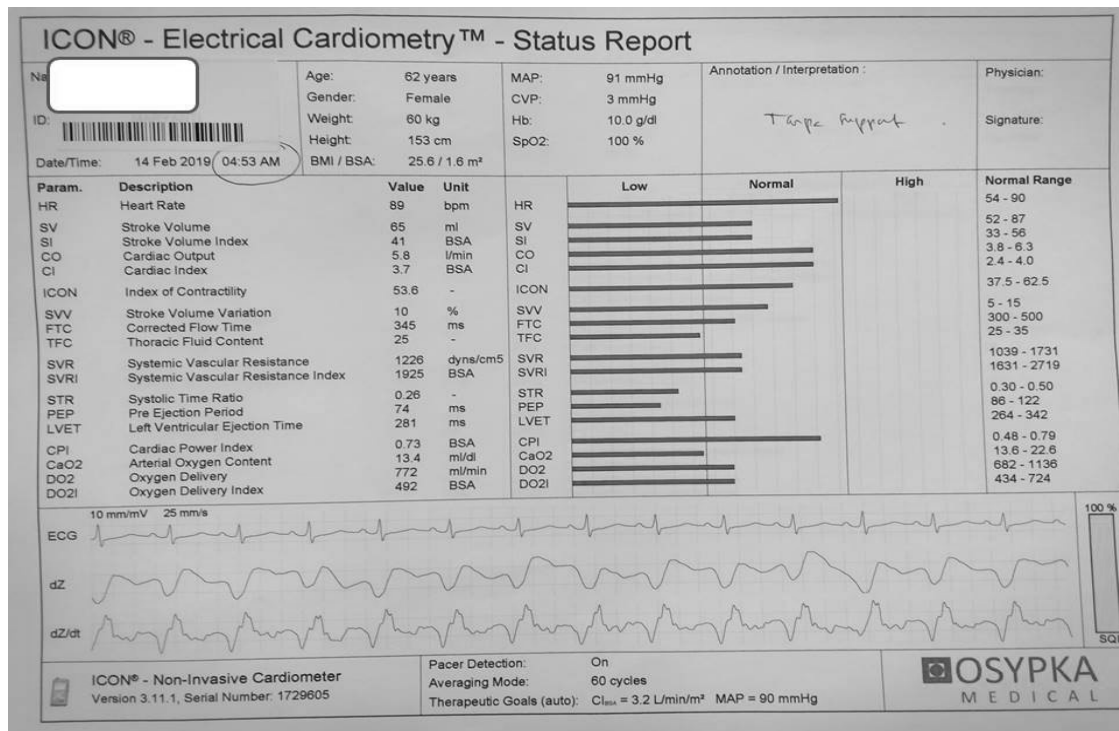
1. Pasang elektroda



Gambar 8. Pemasangan elektroda pada ICON

2. Tekan "Menu" untuk mengakses layar manajemen pasien
3. Masukkan tinggi, berat, usia pasien
4. Tekan "Measure" untuk memulai (tombol hijau)

Hasil Pengukuran:



Gambar 9. Contoh hasil pengukuran ICON

MONITORING HEMODINAMIK PERIOPERATIF

Prinsip ideal penggunaan monitoring hemodinamik⁴:

1. Murah
2. Mudah pengoperasian
3. Aman untuk pasien, diupayakan non invasif selama memungkinkan
4. Interpretasi sederhana
5. Akurat

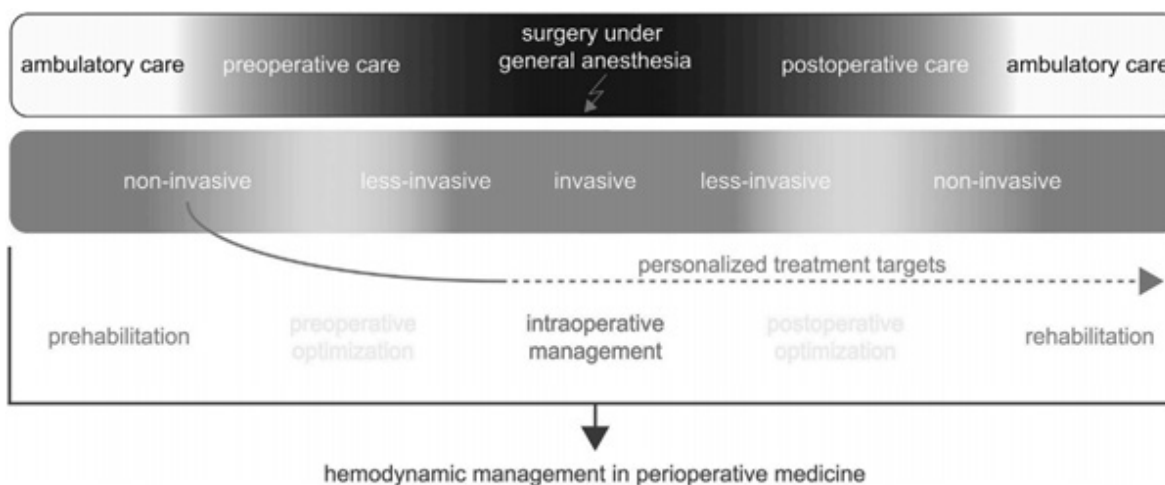
6. Pemeriksaannya tidak memerlukan waktu yang lama

7. Data dapat diakses selama 24 jam

Pada awalnya pemantauan hemodinamik yang paling dipercaya memerlukan teknik invasif seperti kateter arteri, termodilusi transpulmoner (kateter arteri khusus dan kateter vena sentral) atau termodilusi arteri pulmonalis (kateter arteri pulmonalis). Dalam dekade terakhir, penggunaan

kateter arteri pulmonalis dalam perioperatif dan perawatan kritis menurun dan penggunaan rutin kateter arteri pulmonalis tidak dianjurkan untuk pembedahan pasien yang menjalani operasi non-jantung. Pemantauan hemodinamik menggunakan teknik termodilusi *transpulmonary* disebut sebagai alternatif yang kurang invasif dibanding kateter arteri pulmonalis, namun teknik ini digunakan pada sebagian kecil pasien pada periode perioperatif. Penggunaan *doppler* esofagus dalam perawatan perioperatif pasien di Inggris banyak digunakan yang dinilai lebih tidak invasif.¹²

Beberapa tahun terakhir berbagai teknologi pemantauan hemodinamik yang sepenuhnya tidak invasif banyak dikembangkan, seperti *bioimpedance* dan *bioactance*, *pulse wave transit time*, *rebreathing partial* karbondioksida dan analisis kontur nadi non invasif. Secara umum keuntungan utama dari teknik non invasif ini adalah memungkinkan estimasi curah jantung dan variabel hemodinamik lainnya tanpa memerlukan kanulasi arteri atau kanulasi vena sentral. Selain itu, operasionalnya relatif mudah dan tidak memerlukan latihan khusus.¹³



Gambar 10. Penggunaan teknik monitoring hemodinamik¹¹

Gambar 10 menunjukkan bahwa dengan teknologi pemantauan non invasif, status hemodinamik pasien dapat dinilai sebelumnya induksi anestesi dan setelah operasi. Pemantauan hemodinamik noninvasif dapat diterapkan untuk mengoptimalkan status hemodinamik pasien pada minggu-minggu sebelum operasi dan pra operasi. Nilai variabel hemodinamik yang dinilai pada titik waktu yang berbeda pada fase pra operasi dapat digunakan sebagai target untuk memandu manajemen hemodinamik intraoperatif dan optimasi pasca operasi. Keberadaan teknologi non invasif untuk penilaian variabel hemodinamik membuka peluang untuk konsep perioperatif manajemen hemodinamik yang dipersonalisasi, bertujuan untuk mengoptimalkan dinamika kardiovaskular berdasarkan profil hemodinamik pribadi pasien. Karena teknologi non invasif ini memungkinkan

tekanan darah, aliran darah, dan variabel dinamis *preload* jantung akan diestimasi dengan cara yang sepenuhnya non invasif bahkan di klinik evaluasi pra operasi atau di bangsal sebelum induksi anestesi dan operasi.¹¹

Teknologi untuk pemantauan hemodinamik secara non invasif ini menawarkan berbagai kemungkinan untuk meningkatkan strategi perioperatif dan *outcome* pasien. Pemantauan non invasif memungkinkan strategi baru manajemen hemodinamik yang dapat diterapkan dalam berbagai klinis seperti pada operasi dengan risiko menengah dan rendah, serta untuk kelompok pasien di mana pemantauan hemodinamik biasanya tidak diterapkan, contoh pada pasien tanpa kateter arteri atau pasien dengan anestesi perifer atau neuraxial regional.¹¹

Patient's individual risk**	high	Basic monitoring minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV, PAC as individual-case decision	Basic monitoring minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV, PAC/TEE as individual-case decision	Basic monitoring CVC, minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV, PAC/TEE as individual-case decision
	intermediate	Basic monitoring non-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV	Basic monitoring minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV,	Basic monitoring CVC, minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV,
	low	Basic monitoring non-invasive, intermittent, arterial pressure (AP)	Basic monitoring non-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV	Basic monitoring CVC, minimal-invasive, cont. AP, SV/CO + PPV/SVV,
		low	intermediate	high

Surgical risk estimate*

Gambar 11. Matrik keputusan penggunaan teknik monitoring hemodinamik⁶

Risiko dari pasien berdasarkan standar prosedur operasional dari masing-masing institusi pelayanan kesehatan, sistem klasifikasi status fisik ASA, indeks

risiko jantung, ambang batas metabolik yang setara (MET).⁶

Tabel 3. Perkiraan resiko pembedahan⁶

Low risk (<1%)	Intermediate risk (1-5%)	High risk (>5%)
<ul style="list-style-type: none"> • Breast • Dental • Endocrine • Eye • Gynaecology • Reconstructive • Orthopaedic-minor (knee-surgery) • Urologic-minor 	<ul style="list-style-type: none"> • Abdominal • Carotid • Peripheral arterial angioplasty • endovascular aneurysm repair • Head and neck surgery • Neurological - major • Orthopaedic - major (hip and spine) • Renal transplant • Urologic-major 	<ul style="list-style-type: none"> • Emergency aortic surgery • Large intestine, major procedures* • General abdominal, major procedures in patients aged over 69 years* • Elective abdominal vascular surgery • Lower limb arterial surgery • Complex hip or knee revisions • Neck or femur fractures in patients aged over 69 years* • Oesophagus, complex procedures • Stomach, duodenum, complex procedures • Liver transplant
<p>* Risk of myocardial infarction and/or death within 30 days after surgery</p>		<p>*or with complicating condition(s)</p>

KESIMPULAN

Tujuan akhir dari monitoring hemodinamik adalah mengurangi angka kematian pada pasien. Saat ini banyak teknik yang tidak invasif dapat digunakan untuk memantau parameter hemodinamik. Pilihan perangkat satu atau lainnya harus ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

- Pengalaman operator dalam menggunakan teknik
- Fasilitas penggunaan dan interpretasi hasil
- Ketepatan sistem
- Efektivitas biaya

Pengaturan teknik dan alat akan efektif ketika memahami fungsinya, kelebihan dan kekurangannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, Lipsitz SR, Esquivel MM, Uribe-Leitz T, et al. Estimate of the global volume of surgery in 2012: *an assessment supporting improved health outcomes*. Lancet London England. 2015;385(Suppl 2):S11.
 2. Mateu Campos M.L., A. Ferrandiz Selles, G. Gruartmoner de Vera, J. Mesquida Febrer, C. Sabatier Cloarec, Y. Poveda Hernandez et al. Techniques available for hemodynamic monitoring. Advantages and limitations. *Update in Intensive Care Medicine*. 2012 [15 April 2019]. <http://www.medintensiva.org>
 3. Bernd Saugel 1 and Samir G. Sakka, Maria HCF., Thomas S., Sheldon M., Ruppen H. Perioperative fluid management in kidney transplantation. *Critical Care*. Januari 2018 [15 April 2019], <https://www.biomedcentral.com>.
 4. IMadeAdiPermana. 2017. *Continuing Professional Development Anestesi Kardiovaskular*. Jakarta : PP PERDATIN – IACA, Aksara Bermakna.
 5. Truijen Jasper, Johannes J. van Lieshout, Wilbert A. Wesselink, Berend E. Westerhof. 2012. *Noninvasive Continuous Hemodynamic Monitoring*. [15 Maret 2019], <https://www.biomedcentral.com>, DOI 10.1007/s10877-012-9375-8
 6. Jochen Renner, Matthias Grünewald and Berthold Bein. 2016. *Monitoring high-risk patients: minimally invasive and non-invasive possibilities*. [10 Mei 2019]. www.elsevier.com/locate/bein.
 7. Manu L.N.G. Malbrain. 2019. *Volumetric Monitoring in Critically Ill Patients in Hemodynamic Monitoring*. Switzerland : Springer; p. 253-280.
 8. Chen G, Chung E, Meng L, Alexander B, Vu T, Rinehart J, Cannesson M. 2012. Impact of non invasive and beat-to-beat arterial pressure monitoring on intraoperative hemodynamic management. *J Clin Monit Comput*. 26:133–40.
 9. Alexander J. C. Mittnacht and Tuula S. O. Kurki. 2011. Arterial pressure monitoring. In : *Monitoring in Anesthesia and Perioperative Care*. New York : Cambridge University Press; p. 45-56.
 10. Lee S. Nguyen and Pierre Squara. 2019. Bioimpedance and Bioreactance In *Hemodynamic Monitoring*. Switzerland : Springer; p. 339-356.
 11. Nicklas JY and Saugel B. 2017. *Non-Invasive Hemodynamic Monitoring for Hemodynamic Management in Perioperative Medicine*. [10 Maret 2019]. *Front. Med*. 4:209. doi: 10.3389/fmed.2017.00209
 12. Kristensen SD, Knuuti J, Saraste A, Anker S, Botker HE, Hert SD, et al. 2014 ESC/ESA guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur Heart J*. 2014 [1 Maret 2019], 35:2383–431. doi:10.1093/eurheartj/ehu282
 13. Saugel B, Cecconi M, Wagner JY, Reuter DA. 2015. Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine. *Br J Anaesth*. [10 Maret 2019]. 114:562–75. doi:10.1093/bja/aeu447
-