

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Konsep Dasar Anestesi Umum

a. Pengertian Anestesi Umum

Anestesi umum merupakan suatu keadaan medis yang ditandai oleh hilangnya kesadaran secara reversibel, disertai hilangnya persepsi nyeri, refleks protektif, serta kemampuan respons terhadap rangsangan eksternal akibat pemberian agen anestesi (Pramono, 2022). Dalam literatur anestesiologi klasik, anestesi umum dipahami sebagai suatu kondisi farmakologis yang menyerupai tidur dalam namun berbeda secara fisiologis karena melibatkan depresi sistem saraf pusat yang terkontrol (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

Literatur terkini mendefinisikan anestesi umum sebagai tindakan medik yang disengaja untuk menciptakan kondisi tidak sadar, analgesia, amnesia, dan imobilitas guna memungkinkan tindakan pembedahan berlangsung dengan aman dan tanpa nyeri (Knapp, 2024). Kondisi ini dicapai melalui kombinasi obat hipnotik, opioid, dan agen relaksan otot yang bekerja secara sinergis.

Dalam pelayanan perioperatif, anestesi umum menempati posisi sentral karena berperan langsung dalam menjamin kenyamanan pasien, kestabilan fisiologis, serta keselamatan selama

prosedur pembedahan berlangsung (Pramono, 2022). Kondisi tersebut menuntut pelaksanaan pemantauan ketat terhadap parameter vital, terutama yang berkaitan dengan fungsi sistem kardiovaskular.

b. Tujuan dan Prinsip Anestesi Umum

Tujuan utama anestesi umum adalah menciptakan kondisi optimal bagi pembedahan, baik pada kasus elektif maupun emergensi, dengan meminimalkan stres fisiologis dan psikologis pasien (Knapp, 2024). Pada pembedahan elektif, anestesi umum bertujuan memberikan kenyamanan maksimal, sedangkan pada pembedahan emergensi tujuan utamanya adalah stabilisasi cepat fungsi vital.

Secara teoretis, anestesi umum didasarkan pada *triad* anestesi, yang meliputi:

- 1) Hipnosis, yaitu hilangnya kesadaran dan respons terhadap rangsangan
- 2) Analgesia, yaitu penghilangan persepsi nyeri
- 3) Relaksasi otot, yaitu penurunan tonus otot rangka untuk memfasilitasi tindakan bedah

Triad ini merupakan prinsip fundamental yang masih relevan hingga saat ini (Pramono, 2022).

Prinsip keselamatan pasien merupakan landasan utama dalam pelaksanaan anestesi umum, di mana pemantauan hemodinamik yang adekuat, pencegahan hipoksia, serta deteksi

dini gangguan kardiovaskular menjadi komponen penting dalam penerapan *patient safety* pada praktik anestesiologi modern (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

c. Tahapan Anestesi Umum

Anestesi umum terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu induksi, pemeliharaan, dan pemulihan (Pramono, 2022).

1) Tahap induksi anestesi

Merupakan fase awal pemberian obat anestesi untuk mencapai kehilangan kesadaran. Pada tahap ini sering terjadi perubahan hemodinamik seperti hipotensi dan bradikardia akibat depresi sistem saraf pusat (Knapp, 2024).

2) Tahap pemeliharaan anestesi

Bertujuan mempertahankan kondisi anestesi yang stabil selama pembedahan. Fluktuasi tekanan darah dan denyut jantung dapat terjadi akibat stimulasi bedah, kehilangan darah, atau perubahan kedalaman anestesi (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

3) Tahap pemulihan anestesi

Merupakan fase kembalinya kesadaran dan refleks protektif. Pada tahap ini risiko instabilitas hemodinamik masih dapat terjadi akibat residu obat anestesi (Pramono, 2022).

d. Dampak Anestesi Umum terhadap Sistem Kardiovaskuler

Agen anestesi umum memiliki efek langsung terhadap sistem kardiovaskular, terutama kontraktilitas miokard dan tonus vaskular (Knapp, 2024). Beberapa obat anestesi dapat menurunkan kontraktilitas jantung sehingga berpotensi menurunkan curah jantung.

Anestesi umum dapat menyebabkan penurunan resistensi vaskular sistemik akibat vasodilatasi perifer yang berujung pada terjadinya hipotensi intraoperatif (Pramono, 2022). Kondisi tersebut sering disertai perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama anestesi umum, sehingga pemantauan hemodinamik secara kontinu menjadi kebutuhan penting dalam menjaga stabilitas kardiovaskular pasien (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

Selain menyebabkan perubahan tekanan darah dan denyut jantung, anestesi umum juga dapat memengaruhi perfusi perifer melalui perubahan tonus vaskular, vasodilatasi, penggunaan obat vasoaktif, maupun terjadinya hipotermia ringan selama tindakan pembedahan. Perubahan perfusi perifer tersebut dapat mengurangi aliran darah pada jaringan di ekstremitas sehingga memengaruhi kualitas sinyal *photoplethysmography (PPG)* yang digunakan oleh perangkat *wearable* seperti *Smartwatch*. Akibatnya, akurasi pengukuran *Heart Rate (HR)* dan saturasi oksigen (SpO_2) dapat menurun pada kondisi perfusi perifer yang tidak optimal. Oleh

karena itu, kondisi fisiologis pasien selama anestesi perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi tingkat kesesuaian hasil pengukuran antara *Smartwatch* dan *Bedside Monitor*.

2. Pasien Onkologi dalam Tindakan Operasi

a. Pengertian Pasien Onkologi

Pasien onkologi adalah individu yang didiagnosis dengan penyakit keganasan yang memerlukan penatalaksanaan medis komprehensif, termasuk tindakan pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi (Djajanti, 2025). Dari aspek keperawatan, pasien onkologi dipandang sebagai kelompok pasien dengan kebutuhan kompleks dan risiko komplikasi tinggi.

Penyakit keganasan ditandai oleh pertumbuhan sel abnormal yang dapat memengaruhi berbagai sistem organ, sehingga berdampak langsung terhadap respons pasien terhadap anestesi dan pembedahan (Pramono, 2022).

b. Karakteristik Pasien Onkologi yang Menjalani Operasi

Pasien onkologi sering memiliki kondisi fisiologis yang terganggu akibat penyakit dasar maupun terapi sebelumnya. Komorbid seperti anemia, malnutrisi, dan gangguan kardiovaskular sering ditemukan pada kelompok ini (Knapp, 2024).

Kemoterapi dan radioterapi dapat menimbulkan kardi toksisitas yang berdampak pada penurunan fungsi jantung dan peningkatan risiko instabilitas hemodinamik intraoperatif

(AbiMansour et al., 2024). Selain gangguan fungsi jantung, pasien onkologi juga sering mengalami anemia, dehidrasi, serta gangguan mikrosirkulasi akibat penyakit maupun terapi yang dijalani. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan perfusi perifer sehingga memengaruhi kualitas sinyal optik berbasis *photoplethysmography (PPG)* pada perangkat *wearable*. Oleh karena itu, kondisi fisiologis pasien onkologi perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil pengukuran *Heart Rate (HR)* dan saturasi oksigen (SpO_2) menggunakan *Smartwatch*. Penurunan status nutrisi dan imunitas juga memengaruhi respons tubuh terhadap stres bedah dan anestesi.

c. Risiko Hemodinamik pada Pasien Onkologi

Pasien onkologi memiliki risiko lebih tinggi mengalami hipotensi dan aritmia selama anestesi umum akibat gangguan cadangan fisiologis (Pramono, 2022). Risiko gangguan perfusi jaringan juga meningkat akibat anemia dan disfungsi mikrosirkulasi.

Faktor predisposisi ketidakstabilan hemodinamik meliputi usia lanjut, stadium penyakit lanjut, serta efek samping terapi onkologi sebelumnya (Knapp, 2024).

d. Implikasi Keperawatan Anestesi pada Pasien Onkologi

Pemantauan hemodinamik yang ketat merupakan kebutuhan utama dalam asuhan keperawatan anestesi pada pasien onkologi (Djajanti, 2025). Perawat anestesi berperan penting dalam pencegahan komplikasi melalui observasi kontinu dan interpretasi data monitor.

Pendekatan asuhan keperawatan berbasis risiko diperlukan untuk mengantisipasi perubahan fisiologis yang cepat selama anestesi umum (Pramono, 2022).

3. Hemodinamik Secara Intraoperatif

a. Pengertian Hemodinamik

Hemodinamik merupakan cabang ilmu fisiologi yang mempelajari dinamika aliran darah dalam sistem kardiovaskular, meliputi tekanan darah, resistensi vaskular, curah jantung, serta hubungan antara aliran darah dengan perfusi dan oksigenasi jaringan (Lippincott Williams & Wilkins, 2010). Dalam konteks klinis, hemodinamik digunakan untuk menggambarkan kemampuan sistem kardiovaskular dalam mempertahankan suplai oksigen dan nutrisi yang adekuat ke jaringan tubuh. Parameter hemodinamik seperti tekanan darah, denyut jantung, dan saturasi oksigen menjadi indikator penting dalam menilai keseimbangan antara kebutuhan metabolik jaringan dan kapasitas sistem sirkulasi pasien (Pramono, 2022).

b. Parameter Hemodinamik Intraoperatif

Parameter hemodinamik intraoperatif merupakan indikator utama yang digunakan untuk menilai stabilitas kardiovaskular dan kecukupan perfusi organ vital selama anestesi umum, yang secara klinis mencakup tekanan darah sistolik, diastolik, dan *mean arterial pressure (MAP)*, denyut jantung, serta saturasi oksigen perifer

(SpO₂) (Knapp, 2024). Tekanan darah dan MAP merefleksikan kemampuan sistem sirkulasi dalam mempertahankan aliran darah ke organ-organ vital, terutama otak, jantung, dan ginjal, sedangkan denyut jantung menggambarkan respons sistem kardiovaskular terhadap perubahan fisiologis akibat anestesi dan tindakan pembedahan (Pramono, 2022).

Saturasi oksigen digunakan sebagai parameter pendukung untuk menilai kecukupan oksigenasi jaringan dan mendeteksi dini terjadinya hipoksia intraoperatif (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010). Pemantauan parameter-parameter ini secara kontinu sangat penting karena anestesi umum dan manipulasi bedah dapat menyebabkan fluktuasi hemodinamik yang cepat, sehingga perubahan kecil pada nilai parameter hemodinamik dapat menjadi tanda awal gangguan perfusi atau ketidakstabilan fisiologis yang memerlukan intervensi segera (Knapp, 2024).

c. Perubahan Hemodinamik Selama *General Anesthesia*

Perubahan hemodinamik merupakan respons fisiologis yang hampir selalu terjadi selama pemberian anestesi umum dan dapat berbeda pada setiap tahap anestesi, yaitu induksi, pemeliharaan, dan pemulihan. Pada fase induksi anestesi, sering terjadi penurunan tekanan darah dan denyut jantung akibat efek vasodilatasi perifer, depresi miokard, serta penekanan refleks baroreseptor oleh agen anestesi, sehingga meningkatkan risiko hipotensi terutama pada

pasien dengan cadangan kardiovaskular terbatas (Pramono, 2022). Selama fase pemeliharaan anestesi, kondisi hemodinamik dapat mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh kedalaman anestesi, stimulasi pembedahan, kehilangan darah, serta respons terhadap cairan dan obat-obatan anestesi, yang menuntut penyesuaian intervensi secara kontinu (Knapp, 2024).

Pada fase pemulihan, perubahan hemodinamik dapat kembali terjadi akibat residu obat anestesi, nyeri pascaoperasi, serta aktivasi sistem saraf simpatis yang berpotensi menimbulkan hipertensi, takikardia, atau ketidakstabilan kardiovaskular lainnya (Lippincott Williams & Wilkins, 2010). Kondisi ini menjadikan pemantauan hemodinamik yang cermat pada setiap tahap anestesi umum sebagai aspek penting dalam menjaga stabilitas fisiologis dan keselamatan pasien intraoperatif.

4. Pemantauan Hemodinamik Intraoperatif

a. Pentingnya Pemantauan Hemodinamik Intraoperatif

Pemantauan hemodinamik intraoperatif merupakan komponen esensial dalam praktik anestesiologi karena berfungsi sebagai dasar utama pengambilan keputusan klinis selama tindakan pembedahan dengan anestesi umum. Pemantauan ini memungkinkan tenaga anestesi untuk menilai secara kontinu stabilitas kardiovaskular pasien melalui pengamatan parameter seperti tekanan darah, denyut jantung, dan saturasi oksigen, sehingga perubahan

fisiologis yang berpotensi mengancam keselamatan pasien dapat terdeteksi secara dini (Knapp, 2024).

Secara teoritis, anestesi umum dapat menimbulkan depresi miokard, vasodilatasi sistemik, serta gangguan mekanisme kompensasi otonom yang menyebabkan fluktuasi hemodinamik signifikan, sehingga tanpa pemantauan yang adekuat, risiko terjadinya gangguan perfusi jaringan dan komplikasi kardiovaskular akan meningkat (Pramono, 2022). Pemantauan hemodinamik yang baik berkontribusi langsung terhadap keselamatan pasien dengan memungkinkan evaluasi respons terhadap intervensi anestesi secara *real time* serta mendukung pencegahan kejadian tidak diharapkan selama periode intraoperatif (Lippincott Williams & Wilkins, 2010).

b. Tujuan Pemantauan Hemodinamik

Pemantauan hemodinamik intraoperatif bertujuan untuk memastikan stabilitas fisiologis pasien selama anestesi umum melalui pengamatan berkelanjutan terhadap parameter kardiovaskular yang merefleksikan kecukupan perfusi dan oksigenasi jaringan. Tujuan utama pemantauan ini adalah deteksi dini ketidakstabilan hemodinamik, seperti hipotensi, hipertensi, aritmia, atau hipoksia, yang dapat muncul akibat efek agen anestesi, respons terhadap stimulasi bedah, maupun kondisi dasar pasien (Pramono, 2022).

Pemantauan hemodinamik digunakan untuk mengevaluasi respons pasien terhadap intervensi anestesi, termasuk pemberian cairan, obat vasoaktif, dan penyesuaian kedalaman anestesi, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan secara tepat waktu dan terukur (Knapp, 2024). Secara keseluruhan, tujuan pemantauan hemodinamik adalah mencegah terjadinya komplikasi intraoperatif melalui pengendalian kondisi fisiologis pasien secara optimal, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan pasien dan perbaikan luaran perioperatif (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

c. Standar Pemantauan Hemodinamik Intraoperatif

Standar pemantauan hemodinamik intraoperatif ditetapkan untuk menjamin keselamatan pasien selama tindakan pembedahan dengan anestesi umum melalui pengawasan fisiologis yang konsisten dan berbasis bukti. Secara internasional, standar praktik anestesi merekomendasikan bahwa parameter minimal yang wajib dipantau secara kontinu selama anestesi umum meliputi tekanan darah, denyut jantung, dan saturasi oksigen perifer (SpO_2), karena parameter-parameter tersebut merefleksikan fungsi kardiovaskular dan respirasi yang paling mendasar (Pramono, 2022).

Pemantauan tekanan darah dan denyut jantung digunakan untuk menilai stabilitas hemodinamik dan respons terhadap anestesi maupun tindakan pembedahan, sedangkan pemantauan SpO_2

berfungsi untuk mendeteksi dini terjadinya gangguan oksigenasi yang dapat berdampak pada perfusi jaringan (Knapp, 2024). Standar ini juga menekankan pentingnya pencatatan dan evaluasi parameter secara periodik dan berkesinambungan, sehingga perubahan fisiologis yang bermakna dapat segera diidentifikasi dan ditangani, guna mencegah komplikasi intraoperatif dan meningkatkan keselamatan pasien secara keseluruhan (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

d. Frekuensi Pemantauan Hemodinamik

Frekuensi pemantauan hemodinamik intraoperatif harus disesuaikan dengan kondisi klinis pasien, tingkat risiko pembedahan, serta fase anestesi yang sedang berlangsung. Pada pasien dengan kondisi stabil dan risiko rendah, pemantauan tekanan darah non-invasif umumnya dilakukan secara periodik dengan interval tertentu, sedangkan pada pasien dengan risiko tinggi, seperti pasien onkologi, frekuensi pemantauan perlu ditingkatkan untuk mendeteksi perubahan fisiologis secara lebih dini (Knapp, 2024). Selama fase induksi dan awal pemeliharaan anestesi, perubahan hemodinamik cenderung lebih fluktuatif akibat efek agen anestesi dan manipulasi jalan napas, sehingga pemantauan dilakukan dengan interval yang lebih sering dibandingkan fase pemeliharaan yang stabil (Pramono, 2022).

Frekuensi pemantauan juga perlu disesuaikan pada fase pemulihan anestesi karena adanya risiko aktivasi respons simpatik akibat nyeri atau residu obat anestesi yang dapat memengaruhi tekanan darah dan denyut jantung (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010). Penyesuaian frekuensi pemantauan tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa setiap perubahan hemodinamik yang bermakna dapat segera diidentifikasi dan ditangani secara tepat guna menjaga stabilitas fisiologis serta keselamatan pasien intraoperatif.

e. Metode Pemantauan Hemodinamik Intraoperatif

Metode pemantauan hemodinamik intraoperatif secara umum diklasifikasikan menjadi metode non-invasif dan invasif, yang pilihannya disesuaikan dengan kondisi klinis pasien, tingkat risiko pembedahan, serta kebutuhan informasi hemodinamik selama anestesi umum. Metode non-invasif meliputi pengukuran tekanan darah non-invasif, denyut jantung melalui elektrokardiografi, serta saturasi oksigen perifer menggunakan *pulse oximetry*, yang banyak digunakan karena relatif aman, mudah diaplikasikan, dan memiliki risiko komplikasi minimal (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

Berbeda dengan metode noninvasif, pemasangan kateter arteri memungkinkan pemantauan tekanan darah secara kontinu dan lebih akurat, terutama pada pasien dengan ketidakstabilan hemodinamik atau prosedur bedah mayor, namun memiliki risiko komplikasi seperti perdarahan dan infeksi (Pramono, 2022). Secara

teoritis, pemilihan metode pemantauan harus mempertimbangkan keseimbangan antara manfaat klinis dan potensi risiko, sehingga informasi hemodinamik yang diperoleh dapat mendukung pengambilan keputusan anestesi secara optimal dan berkontribusi terhadap keselamatan pasien intraoperatif (Knapp, 2024).

f. Konsekuensi Klinis Pemantauan Hemodinamik yang Tidak Adekuat

Pemantauan hemodinamik intraoperatif yang tidak adekuat dapat menimbulkan konsekuensi klinis yang serius karena berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi perubahan fisiologis yang mengancam keselamatan pasien. Ketidaktepatan atau keterbatasan pemantauan dapat mengakibatkan hipotensi, hipertensi, aritmia, atau gangguan oksigenasi tidak teridentifikasi secara dini, sehingga intervensi klinis yang seharusnya dilakukan segera menjadi tertunda (Knapp, 2024).

Dalam konteks anestesi umum, keterlambatan deteksi gangguan hemodinamik dapat berujung pada gangguan perfusi organ vital seperti otak, jantung, dan ginjal, yang pada akhirnya meningkatkan risiko komplikasi perioperatif dan memperburuk luaran pasien (Pramono, 2022). Pemantauan yang tidak memadai berdampak pada penurunan keselamatan pasien karena keputusan klinis diambil berdasarkan data yang tidak lengkap atau tidak akurat, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya kejadian tidak diharapkan selama pembedahan (Djajanti, 2025). Kondisi tersebut

menegaskan bahwa pemantauan hemodinamik yang adekuat dan sesuai standar merupakan prasyarat penting dalam upaya pencegahan komplikasi intraoperatif serta peningkatan kualitas asuhan anestesi.

5. *Bedside Monitor* dalam Anestesi

a. Pengertian *Bedside Monitor*

Bedside Monitor adalah perangkat medis elektronik yang digunakan untuk memantau parameter fisiologis pasien secara kontinu di lingkungan klinis, khususnya selama anestesi umum dan tindakan pembedahan (Pramono, 2022). Dalam praktik anestesiologi, *Bedside Monitor* berfungsi sebagai alat utama untuk menilai kestabilan hemodinamik pasien secara *real time*.

Literatur anestesiologi menyebutkan bahwa *Bedside Monitor* merupakan standar pemantauan intraoperatif karena kemampuannya menampilkan data kardiovaskular dan respirasi secara akurat dan berkesinambungan (Knapp, 2024). Atas dasar tersebut, alat ini dijadikan *reference standard* dalam evaluasi alat pemantauan alternatif.

b. Komponen dan Parameter yang Diukur pada *Bedside Monitor*

Bedside Monitor terdiri dari beberapa modul utama yang berfungsi mengukur parameter hemodinamik pasien, antara lain:

1) Modul tekanan darah non-invasif (NIBP)

Digunakan untuk mengukur tekanan darah sistolik, diastolik, dan *mean arterial pressure (MAP)*, yang mencerminkan perfusi organ vital (Pramono, 2022).

2) Modul elektrokardiografi (EKG)

Berfungsi memantau aktivitas listrik jantung dan denyut jantung secara kontinu, serta mendeteksi gangguan irama jantung (Knapp, 2024).

3) Modul saturasi oksigen (SpO_2)

Mengukur persentase hemoglobin yang teroksigenasi, sebagai indikator kecukupan oksigenasi jaringan (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

4) Parameter tambahan

Meliputi frekuensi napas, *end-tidal CO₂*, dan suhu tubuh sesuai kebutuhan klinis intraoperatif.

c. Prinsip Kerja *Bedside Monitor*

Bedside Monitor bekerja berdasarkan prinsip sensor dan transduser fisiologis yang mengubah sinyal biologis menjadi sinyal listrik, kemudian diproses dan ditampilkan dalam bentuk numerik dan gelombang (Knapp, 2024).

Sensor tekanan darah menggunakan metode osilometrik, sedangkan modul SpO_2 menggunakan prinsip spektrofotometri cahaya merah dan inframerah untuk mendeteksi saturasi oksigen

(Lippincott Williams & Wilkins, 2010). Proses pengolahan sinyal digital memastikan data yang ditampilkan memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas tinggi.

d. Kelebihan dan Keterbatasan *Bedside Monitor*

Kelebihan *Bedside Monitor*, antara lain:

- 1) Akurasi dan reliabilitas tinggi
- 2) Telah tervalidasi secara klinis
- 3) Mampu mendeteksi perubahan fisiologis secara cepat

Namun, *Bedside Monitor* juga memiliki keterbatasan, seperti:

- 1) Mobilitas terbatas karena bersifat stasioner
- 2) Ketergantungan pada sumber listrik
- 3) Biaya pengadaan dan perawatan relatif tinggi

Keterbatasan ini mendorong eksplorasi penggunaan teknologi alternatif seperti *wearable devices* (Pramono, 2022).

e. Peran *Bedside Monitor* dalam *Patient safety*

Bedside Monitor memiliki peran krusial dalam keselamatan pasien anestesi dengan menyediakan informasi vital yang memungkinkan deteksi dini komplikasi intraoperatif (Knapp, 2024). Pemantauan kontinu tekanan darah, denyut jantung, dan SpO₂ terbukti menurunkan kejadian tidak diharapkan selama anestesi umum.

Dalam kerangka *patient safety*, *Bedside Monitor* menjadi alat utama dalam pengambilan keputusan klinis dan pencegahan cedera pasien akibat keterlambatan intervensi (*Lippincott Williams & Wilkins*, 2010).

6. *Smartwatch* sebagai Alat Pemantau Hemodinamik

a. Pengertian *Smartwatch*

Smartwatch merupakan perangkat elektronik berbasis *wearable technology* yang dikenakan di pergelangan tangan dan dirancang untuk memantau berbagai parameter fisiologis pengguna secara kontinu (*AbiMansour et al.*, 2024). Dalam konteks kesehatan, *Smartwatch* digunakan sebagai alat pemantauan tanda vital non-invasif yang mendukung pengambilan keputusan klinis berbasis data *real time*.

Literatur kesehatan digital menjelaskan bahwa *Smartwatch* menjadi bagian dari transformasi layanan kesehatan menuju pemantauan berbasis teknologi portabel dan personalisasi data fisiologis pasien (*JMIR*, 2025).

b. Teknologi yang Digunakan pada *Smartwatch*

Teknologi utama yang digunakan pada *Smartwatch* untuk pemantauan hemodinamik adalah *photoplethysmography (PPG)*, yaitu teknik optik yang mendeteksi perubahan volume darah di jaringan perifer melalui emisi dan refleksi cahaya (*AbiMansour et al.*, 2024).

Selain PPG, *Smartwatch* mengintegrasikan perangkat lunak dan algoritma digital untuk memproses sinyal biologis menjadi data numerik yang dapat ditampilkan dan dianalisis secara kontinu (*Heliyon*, 2025). Algoritma ini berperan penting dalam menentukan akurasi hasil pengukuran.

c. Sensor pada *Smartwatch*

Smartwatch dilengkapi dengan beberapa sensor utama, antara lain:

1) Sensor optik denyut jantung

Sensor ini menggunakan cahaya LED hijau untuk mendeteksi variasi aliran darah dan menghitung denyut jantung (*AbiMansour et al.*, 2024).

2) Sensor saturasi oksigen (SpO_2)

Menggunakan kombinasi cahaya merah dan inframerah untuk mengestimasi persentase hemoglobin teroksigenasi (*Heliyon*, 2025).

3) Sensor tambahan

Meliputi akselerometer dan sensor suhu yang berfungsi mendukung stabilitas pengukuran dan penyaringan artefak gerakan (*JMIR*, 2025).

d. Parameter Hemodinamik yang Diukur oleh *Smartwatch*

Parameter hemodinamik yang dapat diukur oleh *Smartwatch* meliputi:

1) Denyut jantung

Merupakan parameter paling konsisten dan banyak tervalidasi pada perangkat *wearable* (AbiMansour *et al.*, 2024).

2) Saturasi oksigen (SpO₂)

Digunakan untuk menilai kecukupan oksigenasi perifer, meskipun akurasinya dapat menurun pada kondisi perfusi rendah (Heliyon, 2025).

3) Estimasi tekanan darah

Bersifat tidak langsung dan berbasis algoritma, sehingga masih memerlukan validasi klinis lebih lanjut terutama di lingkungan intraoperatif (*Validation of Wearable Vital Signs Monitoring*, 2025)

e. Kesesuaian Hasil Pengukuran *Smartwatch* terhadap Alat Standar dalam Pemantauan Tanda Vital

Tingkat kesesuaian (*agreement*) hasil pengukuran *Smartwatch* terhadap alat standar klinis, seperti *Bedside Monitor*, merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi performa perangkat *wearable* dalam pengukuran parameter fisiologis (AbiMansour *et al.*, 2024). Penelitian menunjukkan bahwa *Smartwatch* memiliki akurasi yang cukup baik untuk pengukuran denyut jantung, namun menunjukkan variasi yang lebih besar pada pengukuran SpO₂ dan estimasi tekanan darah.

Konsep kesesuaian (*agreement*), validitas, dan reliabilitas menjadi aspek penting dalam mengevaluasi kelayakan *Smartwatch* sebagai alat pemantauan hemodinamik, terutama dalam situasi klinis berisiko tinggi seperti anestesi umum (*Heliyon*, 2025).

- f. Kelebihan dan Keterbatasan *Smartwatch* di Lingkungan Intraoperatif
- Kelebihan *Smartwatch*, antara lain:

- 1) Portabilitas tinggi dan mudah digunakan
- 2) Pemantauan kontinu tanpa kabel
- 3) Potensi integrasi dengan sistem digital kesehatan

Namun, terdapat keterbatasan signifikan, seperti:

- 1) Sensitivitas terhadap artefak gerakan
- 2) Penurunan akurasi pada kondisi vasokonstriksi dan perfusi perifer rendah
- 3) Interferensi lingkungan ruang operasi (elektrokauter, suhu rendah)

Keterbatasan tersebut menjadi dasar perlunya penelitian mengenai tingkat kesesuaian (*agreement*) hasil pengukuran *Smartwatch* dibandingkan dengan *Bedside Monitor* menggunakan analisis Bland–Altman dalam pemantauan hemodinamik intraoperatif (*AbiMansour et al.*, 2024; *JMIR*, 2025).

7. Peran Perawat Anestesi dalam Pemantauan Hemodinamik

Perawat anestesi memiliki peran sentral dalam pelaksanaan pemantauan hemodinamik intraoperatif sebagai bagian dari tim anestesiologi. Peran tersebut mencakup pelaksanaan pemantauan parameter fisiologis secara kontinu, pengoperasian alat pemantau hemodinamik, serta pencatatan dan pelaporan perubahan kondisi pasien selama anestesi umum (Pramono, 2022). Dalam praktik klinis, perawat anestesi bertanggung jawab memastikan bahwa seluruh perangkat pemantauan berfungsi dengan baik dan data yang dihasilkan dapat digunakan secara optimal sebagai dasar pengambilan keputusan klinis.

Selain sebagai pelaksana teknis pemantauan, perawat anestesi juga berperan dalam interpretasi data hemodinamik yang diperoleh dari *Beside Monitor* maupun alat pemantauan lainnya. Kemampuan mengidentifikasi perubahan tekanan darah, denyut jantung, dan saturasi oksigen secara tepat memungkinkan perawat anestesi memberikan informasi yang akurat kepada dokter anestesi serta berkontribusi dalam penentuan intervensi yang diperlukan (Knapp, 2024). Interpretasi data hemodinamik yang tepat menjadi sangat penting, khususnya pada pasien onkologi dengan anestesi umum yang memiliki risiko tinggi terhadap ketidakstabilan kardiovaskular.

Peran perawat anestesi juga erat kaitannya dengan upaya menjamin keselamatan pasien selama periode intraoperatif. Pemantauan hemodinamik yang dilakukan secara konsisten memungkinkan deteksi

dini terhadap gangguan fisiologis, sehingga tindakan pencegahan dan korektif dapat dilakukan sebelum terjadi komplikasi yang lebih serius (Lippincott Williams & Wilkins, 2010). Dalam hal ini, perawat anestesi berkontribusi langsung terhadap penerapan prinsip *patient safety* melalui pengawasan ketat terhadap kondisi hemodinamik pasien.

Kolaborasi antara perawat anestesi dan tim anestesiologi merupakan aspek penting dalam pemantauan hemodinamik intraoperatif. Komunikasi yang efektif terkait perubahan data fisiologis dan respons pasien terhadap anestesi mendukung pengambilan keputusan klinis yang cepat dan tepat (Djajanti, 2025). Dengan demikian, peran perawat anestesi tidak hanya terbatas pada aspek teknis pemantauan, tetapi juga mencakup kontribusi profesional dalam menjaga stabilitas fisiologis dan keselamatan pasien selama anestesi umum.

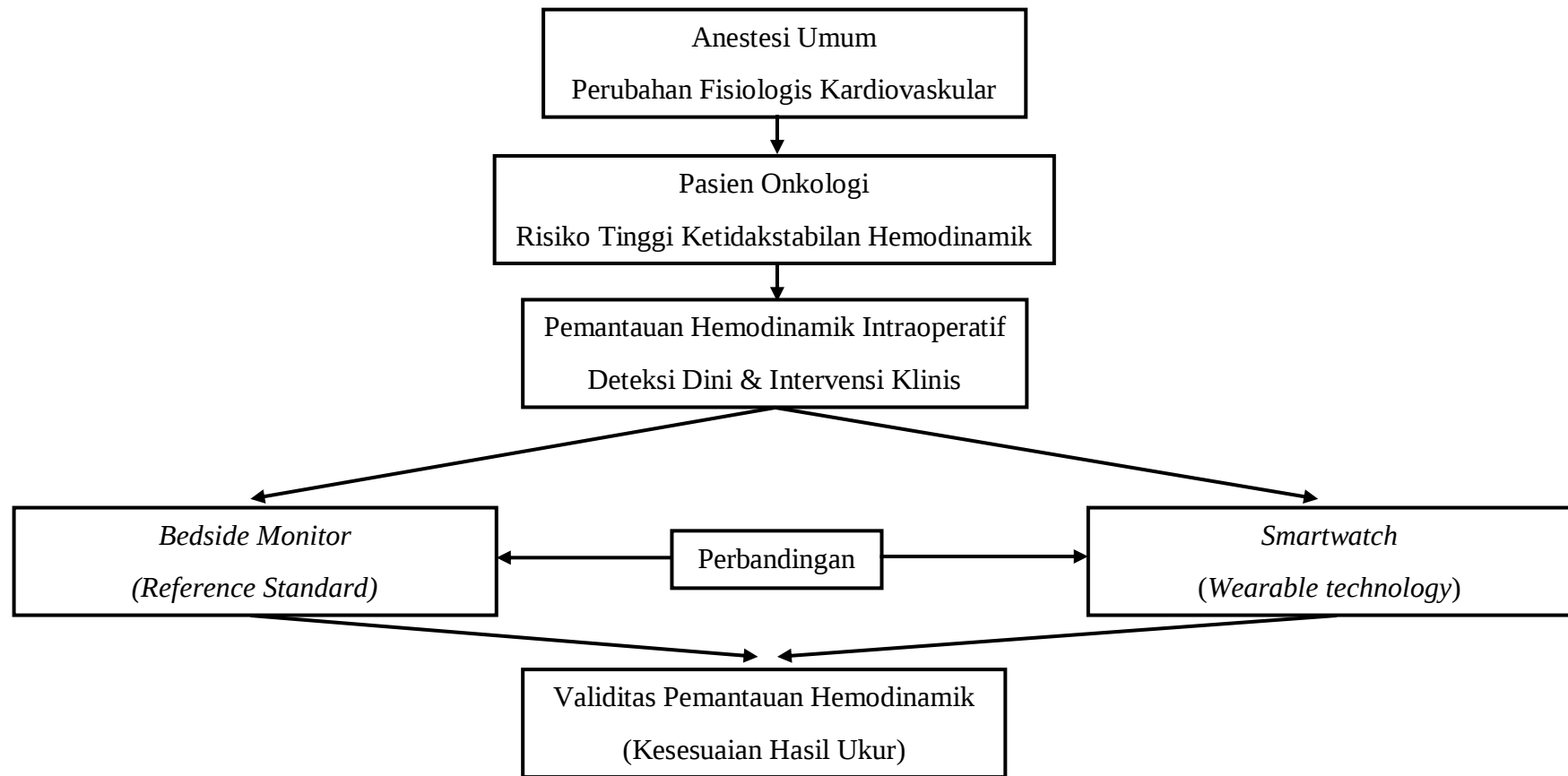
B. Kerangka teori/ Landasan Teori

1. Kerangka Teori Penelitian

Kerangka teori dalam penelitian ini disusun untuk menjelaskan hubungan konseptual antara anestesi umum, karakteristik pasien onkologi, pemantauan hemodinamik intraoperatif, serta penggunaan *Smartwatch* dan *Bedside Monitor* dalam menganalisis tingkat kesesuaian hasil pengukuran hemodinamik. Kerangka teori ini menjadi dasar logis dalam perumusan hipotesis dan model penelitian.

Secara konseptual, penelitian ini melibatkan:

- a. Variabel independen: jenis alat pemantauan hemodinamik (*Smartwatch* dan *Bedside Monitor*)
- b. Variabel dependen: tingkat kesesuaian (*agreement*) hasil pengukuran *Heart Rate* (HR) dan saturasi oksigen (SpO_2) antara *Smartwatch Huawei* dan *Bedside Monitor*.
- c. Variabel kontekstual/moderator: anestesi umum dan karakteristik pasien onkologi.

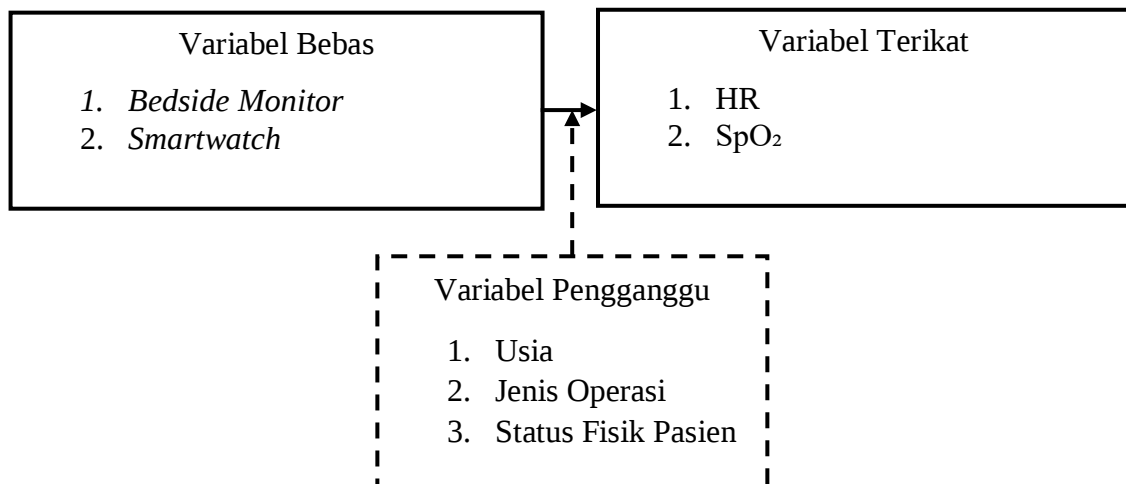


Gambar 2. 1 Kerangka Teori Penelitian

Sumber: (Pramono, 2022), (Knapp, 2024) (Lippincott Williams & Wilkins, 2010). (AbiMansour et al., 2024) (Djajanti, 2025) (JMIR, 2025) & (Heliyon, 2025)

2. Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian ini disusun untuk menggambarkan hubungan antara metode pemantauan hemodinamik intraoperatif, parameter hemodinamik yang dihasilkan, serta faktor pengganggu klinis yang berpotensi memengaruhi hasil pengukuran. Kerangka konsep ini menjadi dasar logis dalam analisis tingkat kesesuaian hasil pengukuran hemodinamik menggunakan *Smartwatch* dibandingkan dengan *Bedside Monitor* pada pasien onkologi dengan anestesi umum.



Gambar 2. 2 Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan: Faktor usia, status fisik ASA, dan jenis operasi merupakan faktor yang berpotensi memengaruhi hasil pengukuran hemodinamik. Pada penelitian ini faktor-faktor tersebut dikendalikan melalui penerapan kriteria inklusi dan eksklusi serta homogenitas karakteristik sampel, sehingga tidak dianalisis sebagai variabel penelitian.

C. Hipotesis atau Pertanyaan Penelitian

Hipotesis:

1. H_0 : Tidak terdapat tingkat kesesuaian (*agreement*) yang memadai antara hasil pengukuran *Heart Rate* (HR) dan SpO_2 menggunakan *Smartwatch Huawei* dibandingkan *Bedside Monitor* pada pasien onkologi yang menjalani anestesi umum.
2. H_1 : Terdapat tingkat kesesuaian (*agreement*) yang memadai antara hasil pengukuran *Heart Rate* (HR) dan SpO_2 menggunakan *Smartwatch Huawei* dibandingkan *Bedside Monitor* pada pasien onkologi yang menjalani anestesi umum.