

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Konsep Suhu Tubuh

a. Definisi Suhu Tubuh

Suhu tubuh merupakan tanda vital yang mencerminkan keseimbangan antara produksi dan kehilangan panas dalam tubuh. Suhu tubuh terdiri atas suhu inti (core temperature) dan suhu perifer (peripheral temperature). Suhu inti menggambarkan suhu organ vital seperti otak, jantung, dan organ dalam lainnya yang normalnya dipertahankan pada kisaran 36,5–37,5°C. Suhu perifer merupakan suhu jaringan kulit dan ekstremitas yang lebih mudah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Stabilitas suhu inti penting untuk mempertahankan fungsi fisiologis dan metabolisme tubuh secara optimal (Mulyadi *et al.*, 2019).

Suhu inti relatif lebih stabil dibandingkan suhu perifer karena perubahan suhu yang berlebihan dapat mengganggu fungsi organ vital. Pengaturan suhu tubuh dikendalikan oleh sistem termoregulasi melalui mekanisme vasokonstriksi, vasodilatasi, menggigil, dan perubahan produksi panas. Mekanisme tersebut berperan mempertahankan suhu inti dalam rentang normal meskipun terjadi perubahan suhu lingkungan (Mulyadi *et al.*, 2019).

Periode perioperatif meningkatkan risiko gangguan termoregulasi akibat efek anestesi dan paparan lingkungan ruang operasi. Anestesi menyebabkan vasodilatasi perifer yang memicu redistribusi panas dari kompartemen inti ke perifer sehingga suhu inti menurun. Penurunan suhu inti merupakan mekanisme utama terjadinya hipotermia pasca anestesi. Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen, gangguan koagulasi, keterlambatan pemulihan, dan peningkatan risiko komplikasi pascaoperasi (Ji *et al.*, 2024).

b. Mekanisme Regulasi

Termoregulasi tubuh diatur melalui mekanisme yang kompleks dengan melibatkan reseptor suhu, pusat pengendali di hipotalamus, serta jalur saraf aferen dan eferen yang bekerja secara terkoordinasi untuk mempertahankan suhu tubuh mendekati nilai set point. Reseptor suhu tersebar di berbagai jaringan, termasuk kulit, otot, hati dan sistem saraf pusat, sehingga perubahan suhu dapat terdeteksi dengan cepat. Ketika terjadi penyimpangan dari suhu normal, informasi sensorik diteruskan ke hipotalamus untuk diproses dan direspons melalui mekanisme korektif yang sesuai guna menjaga kestabilan suhu tubuh (Ji *et al.*, 2024).

Pada kondisi pasca anestesi, mekanisme termoregulasi ini dapat terganggu oleh efek anestesi. Agen anestesi diketahui

menurunkan ambang vasokonstriksi dan menghambat respons menggigil, sehingga kemampuan tubuh dalam mempertahankan suhu inti menjadi berkurang. Anestesi memicu perpindahan panas dari bagian inti ke perifer yang meningkatkan kehilangan panas tubuh, terutama ketika pasien terpapar lingkungan ruang operasi yang dingin. Kondisi tersebut menjelaskan mengapa pasien menjadi lebih rentan mengalami penurunan suhu tubuh sebelum maupun setelah pemberian anestesi (Ji *et al.*, 2024).

2. Konsep Hipotermia

a. Definisi Hipotermia

Hipotermia didefinisikan sebagai kondisi ketika suhu inti tubuh turun di bawah 36°C, yang menandakan terjadinya ketidakseimbangan antara produksi panas tubuh dan kehilangan panas ke lingkungan. Pada periode perioperatif, penurunan suhu ini sangat umum terjadi karena tubuh terpapar suhu ruang operasi yang relatif rendah serta terganggunya mekanisme termoregulasi tubuh. Penurunan suhu inti tidak hanya berdampak pada perubahan nilai suhu semata, tetapi juga memicu gangguan fisiologis yang memengaruhi metabolisme, sistem sirkulasi dan proses koagulasi darah (NICE, 2022).

Hipotermia pada pasien pembedahan umum terjadi secara tidak disengaja akibat terganggunya mekanisme termoregulasi selama anestesi. Anestesi umum maupun regional dapat

menurunkan kemampuan tubuh dalam merespons paparan dingin, sehingga terjadi perpindahan panas dari bagian inti ke perifer sejak fase preanestesi hingga periode pascaanestesi (NICE, 2022). Kondisi tersebut menjadikan hipotermia sebagai salah satu komplikasi penting dalam manajemen perioperatif yang memerlukan pemantauan suhu tubuh berkelanjutan serta intervensi penghangatan yang tepat.

b. Klasifikasi Hipotermia

Hipotermia merupakan kondisi ketika suhu inti tubuh berada di bawah 36°C. Berdasarkan derajat penurunan suhu inti, hipotermia dibagi menjadi hipotermia ringan, sedang, dan berat. Klasifikasi ini digunakan untuk menilai tingkat keparahan kondisi pasien dan menentukan penatalaksanaan yang sesuai (NICE, 2022).

Hipotermia ringan terjadi pada suhu inti 35-36°C. Kondisi ini umumnya masih disertai mekanisme kompensasi tubuh berupa vasokonstriksi perifer dan menggigil untuk mempertahankan suhu inti. Penurunan suhu yang berlanjut dapat meningkatkan risiko terjadinya hipotermia yang lebih berat (Mulyadi *et al.*, 2019)

Hipotermia sedang terjadi pada suhu inti 32-35°C. Penurunan suhu pada rentang ini menyebabkan perlambatan metabolisme, penurunan aktivitas enzim, dan gangguan fungsi

koagulasi yang dapat meningkatkan risiko perdarahan serta memperlambat proses pemulihan pasien (Mulyadi *et al.*, 2019).

Hipotermia berat terjadi pada suhu inti di bawah 32°C. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan fungsi kardiovaskular dan pernapasan, penurunan kesadaran, serta peningkatan risiko aritmia hingga henti jantung. Hipotermia berat memerlukan penanganan segera karena berpotensi mengancam keselamatan pasien (Mulyadi *et al.*, 2019; NICE, 2022).

c. Faktor Risiko Hipotermia

1) Usia Lanjut

Pasien usia lanjut memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap hipotermia pasca anestesi akibat menurunnya mekanisme pertahanan suhu tubuh. Respons vasokonstriksi perifer serta kemampuan pusat termoregulasi dalam mempertahankan suhu inti sudah tidak seoptimal pada usia lebih muda, sehingga paparan udara dingin ruang operasi dan efek obat anestesi lebih mudah menyebabkan penurunan suhu tubuh. Kondisi ini sejalan dengan temuan di rumah sakit yang menunjukkan proporsi kejadian hipotermia jauh lebih tinggi pada kelompok lansia dibandingkan kelompok dewasa muda, serta hubungan antara usia dengan kejadian hipotermia terbukti bermakna secara statistik

yaitu pasien usia lanjut berisiko tinggi UPH karena inhibisi termoregulasi anestesi, dengan insidens hingga 20% pada prosedur >60 menit (Hart *et al.*, 2011) (Pringgayuda *et al.*, 2020).

2) Indeks Massa Tubuh

Indeks massa tubuh (IMT) yang rendah juga merupakan salah satu faktor risiko terjadinya hipotermia pasca anestesi. Pasien dengan IMT rendah cenderung memiliki lapisan lemak tubuh yang tipis dan cadangan energi yang terbatas, sehingga kehilangan panas terjadi lebih cepat dan tubuh sulit mempertahankan suhu inti selama tindakan pembedahan maupun fase pemulihan. Sebaliknya, pasien dengan IMT lebih tinggi memiliki jaringan lemak yang lebih tebal yang berfungsi sebagai isolasi termal, sehingga perlindungan terhadap penurunan suhu tubuh dan kejadian hipotermia cenderung lebih rendah pada kelompok ini (Rauch *et al.*, 2021).

3) Lama Operasi

Durasi pembedahan yang berlangsung lama, terutama dua jam atau lebih, berkaitan erat dengan peningkatan risiko hipotermia pasca anestesi. Lamanya prosedur menyebabkan akumulasi kehilangan panas

tubuh melalui radiasi, konveksi, konduksi, dan evaporasi dari area pembedahan yang terbuka. Temuan Penelitian klinis menunjukkan bahwa pasien dengan waktu operasi lebih dari dua jam memiliki angka kejadian hipotermia yang lebih tinggi dibandingkan prosedur berdurasi singkat, serta hubungan antara lama operasi dan hipotermia terbukti signifikan secara statistik (Pringgayuda *et al.*, 2020).

4) Teknik Anestesi dan Obat Sedasi

Teknik anestesi umum serta penggunaan obat sedasi memiliki peran besar terjadinya hipotermia pasca anestesi. Anestesi umum menurunkan ambang vasokonstriksi dan respons menggigil, sehingga redistribusi panas dari inti ke perifer terjadi segera setelah induksi dan menyebabkan penurunan suhu inti yang signifikan pada satu jam pertama. Pemberian obat seperti benzodiazepin, opioid, dan agen inhalasi semakin memperberat gangguan termoregulasi dan dapat memperlambat pemulihan suhu tubuh pada fase pasca anestesi. Kombinasi anestesi umum dengan blok neuraksial akan memperluas daerah vasodilatasi dan redistribusi panas, sehingga meningkatkan risiko

kehilangan panas dan terjadinya hipotermia (Rauch *et al.*, 2021).

5) Jenis dan Luas Pembedahan

Jenis pembedahan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi risiko hipotermia pasca anestesi. Tindakan operasi dengan luas sayatan besar, keterlibatan rongga besar seperti abdomen atau toraks, serta prosedur yang menggunakan gas insuflasi dingin atau cairan irigasi yang tidak dihangatkan dapat meningkatkan kehilangan panas tubuh. Paparan tersebut menyebabkan suhu inti pasien lebih mudah menurun, baik selama pembedahan berlangsung maupun pada fase pasca anestesi (Rauch *et al.*, 2021).

6) Lingkungan Ruang Operasi

Suhu ruangan operasi yang rendah serta terbukanya permukaan kulit tanpa perlindungan memadai berperan penting dalam meningkatkan risiko hipotermia pasca anestesi. Paparan tubuh terhadap udara dingin, penggunaan cairan antiseptik atau irigasi dengan suhu ruangan, serta tidak optimalnya penutupan area tubuh yang tidak menjadi lokasi pembedahan mempercepat proses kehilangan panas. Tanpa dukungan pemanasan aktif, kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan

suhu tubuh yang berlanjut hingga fase pasca anestesi. (Pringgayuda *et al.*, 2020; Rauch *et al.*, 2021).

7) Tidak Adanya Pemanasan Aktif

Ketiadaan pemanasan aktif pada periode perioperatif berkontribusi terhadap meningkatnya risiko hipotermia pasca anestesi. Pasien yang memasuki ruang operasi dengan suhu inti rendah dan tidak memperoleh intervensi pemanasan seperti *prewarming*, penggunaan selimut penghangat atau forced air warming, serta pemberian cairan infus yang dihangatkan, cenderung tetap mengalami hipotermia hingga fase pemulihan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan strategi pemanasan aktif secara perioperatif efektif menurunkan kejadian hipotermia dan mengurangi risiko komplikasi akibat penurunan suhu tubuh (Rauch *et al.*, 2021).

Faktor risiko hipotermia yang digunakan sebagai item dalam instrumen penilaian meliputi usia, indeks massa tubuh, lama operasi, teknik anestesi dan obat sedasi, jenis dan luas pembedahan, kondisi lingkungan ruang operasi, serta penggunaan pemanasan aktif. Pemilihan faktor tersebut didasarkan pada kontribusinya terhadap mekanisme kehilangan panas dan gangguan termoregulasi pada periode perioperatif.

Setiap faktor dikonversi menjadi item penilaian dalam instrumen dengan bentuk kategori risiko. Usia lanjut, IMT rendah, lama operasi yang lebih panjang, penggunaan anestesi umum atau kombinasi teknik anestesi, prosedur bedah dengan invasi luas, suhu lingkungan ruang operasi yang rendah, serta tidak adanya intervensi pemanasan aktif dikategorikan sebagai kondisi yang meningkatkan risiko hipotermia.

Skoring ditetapkan secara bertingkat berdasarkan tingkat risiko masing-masing faktor. Kondisi tanpa risiko atau risiko rendah diberi skor lebih rendah, sedangkan kondisi yang berkaitan dengan peningkatan kehilangan panas atau gangguan termoregulasi diberi skor lebih tinggi. Total skor digunakan untuk menentukan tingkat risiko hipotermia pada pasien pasca anestesi, yaitu risiko rendah, sedang, dan tinggi.

3. Konsep Anestesi dan Pengaruhnya Terhadap Termoregulasi

a. Efek Anestesi Umum Terhadap Suhu Tubuh

Anestesi umum dapat mengganggu sistem termoregulasi tubuh dengan menekan jalur aferen, pusat pengatur suhu di hipotalamus, serta respons eferen seperti vasokonstriksi dan mekanisme menggigil. Penekanan ini menyebabkan ambang aktivasi pertahanan tubuh terhadap paparan dingin menjadi lebih rendah, sehingga penurunan suhu inti dapat terjadi terlebih

dahulu sebelum tubuh mampu memunculkan respons kompensasi (Pringgayuda *et al.*, 2020).

Menurut (Prabawati, 2022) penurunan suhu inti pada fase awal anestesi terutama disebabkan oleh proses redistribusi panas. Obat anestesi memicu vasodilatasi pembuluh darah perifer sehingga panas dari bagian inti tubuh berpindah ke jaringan perifer yang lebih dingin. Kondisi ini menyebabkan suhu inti tubuh menurun sekitar $0,5-1,5^{\circ}\text{C}$ dalam satu jam pertama setelah induksi anestesi umum. Pada fase selanjutnya, penurunan suhu berlangsung lebih lambat karena dipengaruhi oleh kehilangan panas ke lingkungan serta penurunan laju metabolisme tubuh yang mengurangi produksi panas.

Obat-obat yang umum digunakan dalam anestesi umum seperti agen inhalasi, propofol, benzodiazepin, dan opioid, dapat memperberat gangguan mekanisme termoregulasi tubuh. Obat-obat tersebut menurunkan ambang vasokonstriksi dan respons menggigil secara bergantung dosis, sehingga kemampuan tubuh mempertahankan suhu inti menjadi berkurang. Kondisi ini menyebabkan pasien poikilotermik, yaitu suhu tubuh cenderung mengikuti suhu lingkungan apabila tidak disertai pemanasan aktif. Akibatnya, hipotermia ringan hingga sedang sering ditemukan pada fase pasca anestesi, terutama pada tindakan

operasi yang berlangsung lama dan ketika startegi pemanasan perioperatif tidak diterapkan secara optimal (Miller *et al.*, 2020).

b. Efek Anestesi Regional

Anestesi regional, termasuk spinal dan epidural, turut memengaruhi mekanisme pengaturan suhu tubuh melalui cara yang berbeda dibandingkan anestesi umum. Blok neuraksial menyebabkan hambatan penghantaran impuls saraf di medula spinalis, sehingga jalur sensorik dan motorik yang berperan dalam termoregulasi pada area terblok tidak bekerja secara optimal. Akibatnya, ambang terjadinya vasokonstriksi dan respons menggigil menurun, sehingga kemampuan tubuh dalam merespons paparan dingin menjadi lebih lambat dan kurang efektif.

Secara klinis menurut (Fauzan, 2024), anestesi spinal dapat memicu vasodilatasi simpatis yang luas pada area terblok, sehingga kehilangan panas tubuh meningkat dan redistribusi panas dari inti ke perifer menjadi lebih mudah terjadi. Efek ini disertai penurunan tonus otot ekstremitas bawah, yang semakin mengurangi kemampuan tubuh menghasilkan panas. Paparan lingkungan ruang operasi yang dingin selama pembedahan turut mempercepat penurunan suhu inti secara bertahap dan sering diikuti oleh kejadian menggigil setelah blok neuraksial. Pada derajat blok tertentu, penurunan ambang vasokonstriksi dan

menggigil pada anestesi regional dilaporkan lebih nyata dibandingkan anestesi umum, sehingga pasien dapat merasakan sensasi dingin meskipun penurunan suhu inti relatif ringan.

Risiko hipotermia pada anestesi regional cenderung meningkat pada tindakan dengan durasi pembedahan yang panjang, area pembedahan yang luas, suhu ruang operasi yang rendah, serta ketiadaan pemanasan aktif. Pencegahan hipotermia pada anestesi regional sejalan dengan anestesi umum, yaitu dengan melakukan pemantauan suhu tubuh secara berkala dan menerapkan pemanasan perioperatif yang memadai (Fauzan, 2024).

4. Penatalaksanaan Hipotermia

Penatalaksanaan hipotermia pasca anestesi memerlukan pendekatan komprehensif yang mencakup pencegahan, intervensi aktif, dan pemantauan berkelanjutan sepanjang periode perioperatif. Strategi ini bertujuan mempertahankan suhu inti $\geq 36^{\circ}\text{C}$ untuk meminimalkan komplikasi seperti perdarahan berlebih, infeksi luka operasi, gangguan koagulasi, dan penundaan pemulihan pasca anestesi (Sitti Sulaihah, 2020).

a. Pemantauan Suhu Inti yang Akurat dan Kontinyu

Pemantauan suhu inti tubuh secara teratur merupakan komponen utama dalam penatalaksanaan hipotermia pasca anestesi. Pengukuran suhu inti membantu mendeteksi penurunan

suhu sejak dini sehingga tindakan penghangatan dapat segera diberikan sebelum timbul gangguan fisiologis yang lebih berat. Berbagai pedoman perioperatif menempatkan pemantauan suhu sebaga bagian penting dari upaya menjaga keselamatan pasien selama periode perioperatif (Rauch *et al.*, 2021).

b. *Prewarming* Aktif Sebelum Induksi Anestesi

Prewarming aktif yang dilakukan selama 15-30 menit sebelum induksi anestesi merupakan strategi pencegahan hipotermia yang sangat efektif karena mampu menurunkan perbedaan suhu antara inti tubuh dan jaringan perifer. Tanpa *prewarming*, jaringan perifer pasien cenderung berada pada suhu yang lebih rendah dibandingkan suhu inti, sehingga pemberian anestesi umum memicu redistribusi panas secara besar-besaran dari inti ke perifer dan menyebabkan penurunan suhu inti sekitar 1–1,5°C dalam 30–60 menit pertama. (Rauch *et al.*, 2021).

Pelaksanaan *prewarming* dapat dilakukan di ruang persiapan bersamaan dengan pemasangan alat monitoring, jalur intravena, atau kateter epidural sehingga tidak mengganggu alur pelayanan operasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *prewarming* mampu menurunkan angka kejadian hipotermia secara bermakna pada operasi mayor serta mempercepat pemulihan pasien di ruang pemulihan. Pasien dengan risiko tinggi, seperti lansia, indeks massa tubuh rendah, atau kasus

kegawatdaruratan, memerlukan durasi *prewarming* yang lebih lama karena cadangan panas tubuh yang terbatas. Selain itu, *prewarming* juga berkontribusi dalam meningkatkan kenyamanan termal dan menurunkan kebutuhan analgesik pascaoperasi (Sitti Sulaihah, 2020).

c. Pemanasan Aktif Intraoperatif

Pemanasan aktif intraoperatif perlu dipertahankan secara kontinyu tanpa jeda yang lama, termasuk saat persiapan steril, *draping*, atau reposisi pasien. Penggunaan selimut udara hangat (FAW) yang dikombinasikan dengan meja operasi hangat memberikan perlindungan termal lebih optimal karena menjaga suhu tubuh dari sisi anterior dan posterior secara bersamaan. Penambahan isolasi pasif pada area tubuh yang tidak dioperasi juga berperan dalam menurunkan kehilangan panas melalui radiasi dan konveksi (Collins *et al.*, 2021) (Ji *et al.*, 2024).

d. Penghangatan Cairan infus

Penghangatan cairan intravena dalam jumlah besar (>500 ml), cairan irigasi bedah serta produk darah hingga suhu 37–41°C merupakan langkah penting dalam pencegahan hipotermia pasca anestesi. Pemberian cairan infus 1 liter pada suhu ruangan ($\pm 20^{\circ}\text{C}$) diketahui dapat menurunkan suhu inti tubuh sebesar 0,25–0,5°C. Pada kondisi perdarahan masif lebih dari 1 L, risiko terjadinya hipotermia dapat meningkat secara cepat dan

berkembang dalam waktu kurang dari 30 menit apabila cairan tidak dihangatkan. Penggunaan *ounter-current fluid warming device* dengan panjang selang setelah alat pemanas kurang dari 50 cm dianjurkan untuk mempertahankan suhu cairan hingga masuk ke dalam sirkulasi pasien. (Collins *et al.*, 2021; Pratiwi *et al.*, 2021).

e. Manajemen Pascaoperatif di *Recovery Room*

Manajemen suhu tubuh pada fase pascaoperatif diarahkan pada pemantauan berkelanjutan serta pemberian penghangatan hingga suhu inti pasien kembali ke kondisi normotermia. Fase pasca anestesi merupakan periode yang rentan terhadap hipotermia karena pengaruh sisa obat anestesi dan paparan lingkungan yang relatif dingin. Pemantauan suhu yang konsisten disertai intervensi penghangatan di ruang pemulihan berperan penting dalam menurunkan risiko komplikasi pasca anestesi. (Hooper *et al.*, 2010; Pringgayuda *et al.*, 2020)

f. Intervensi farmakologis

Intervensi farmakologis diberikan pada pasien hipotermia pasca anestesi apabila metode nonfarmakologis tidak cukup mengendalikan shivering atau ketidaknyamanan termal yang berat. Meperidine (pethidine) dosis 12,5–25 mg intravena sering digunakan sebagai pilihan utama karena bekerja menekan pusat termoregulasi di hipotalamus serta menghambat transmisi

rangsang dingin pada medula spinalis, dengan efektivitas tinggi dan onset kerja cepat. Penggunaan obat ini perlu dibatasi sesuai dosis aman karena berisiko menyebabkan depresi napas dan memperpanjang waktu pemulihan, sehingga pemantauan ketat terhadap kesadaran, saturasi oksigen, dan suhu tubuh tetap diperlukan setelah pemberian.(Rauch *et al.*, 2021).

g. Optimalisasi Lingkungan

Pengaturan lingkungan perioperatif berperan penting dalam pencegahan hipotermia pasca anestesi. Suhu ruang operasi yang terlalu rendah dapat mempercepat kehilangan panas tubuh, terutama pada pasien yang menjalani anestesi dan pembedahan berdurasi panjang. Rentang suhu ruang yang dianjurkan berkisar antara 21–24°C untuk pasien dewasa dan lebih tinggi pada pasien anak, dengan kelembaban yang terkontrol serta aliran udara yang tidak langsung mengenai tubuh pasien. Kondisi serupa juga perlu dipertahankan di ruang pemulihan agar kestabilan suhu tubuh pasien dapat terjaga hingga mencapai normotermia (Andayani *et al.*, 2024).

5. Komplikasi Hipotermia Pasca Anestesi

a. Gangguan Koagulasi dan Peningkatan Perdarahan

Hipotermia pasca anestesi dapat mengganggu sistem hemostasis dengan menurunkan fungsi trombosit dan memperlambat aktivitas enzim pada kaskade koagulasi.

Penurunan suhu inti tubuh menyebabkan proses pembekuan darah menjadi kurang efektif sehingga meningkatkan risiko perdarahan perioperatif maupun pascaoperatif. Literatur terbaru menunjukkan bahwa hipotermia berhubungan dengan terjadinya koagulopati, peningkatan kehilangan darah, serta kebutuhan transfusi darah yang lebih tinggi pada pasien bedah. Kondisi ini berkontribusi terhadap outcome klinis yang lebih buruk apabila tidak dilakukan pencegahan dan pengelolaan suhu tubuh secara adekuat selama periode perioperatif (Trckova *et al.*, 2025).

b. Peningkatan Risiko Infeksi Luka Operasi

Hipotermia yang terjadi selama atau setelah anestesi dapat memengaruhi respons imun dan perfusi jaringan pada area luka operasi, sehingga meningkatkan risiko terjadinya infeksi luka operasi (*surgical site infection* / SSI). Bukti dari *meta-analisis* terbaru menunjukkan bahwa ketika suhu tubuh inti turun di bawah 35 °C, risiko SSI meningkat secara signifikan pada beberapa kelompok pasien bedah, khususnya pada jenis operasi tertentu seperti pembedahan payudara. Penurunan suhu tubuh yang tidak diatasi membuat vasokonstriksi subkutan dan berkurangnya oksigenasi jaringan di sekitar luka, yang merupakan faktor penting dalam mekanisme pertahanan tubuh terhadap mikroba patogen. Meskipun hubungan antara hipotermia dan SSI secara statistik keseluruhan tidak selalu

mencapai signifikansi di seluruh populasi pasien, tren peningkatan risiko infeksi luka tetap terlihat terutama pada suhu tubuh yang lebih rendah ($< 35^{\circ}\text{C}$). Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian suhu pasien selama periode perioperatif untuk meminimalkan kejadian infeksi pasca operasi (Chen *et al.*, 2025).

c. Komplikasi Kardiovaskuler

Hipotermia pasca anestesi dapat menimbulkan komplikasi kardiovaskular melalui mekanisme vasokonstriksi perifer dan peningkatan aktivitas simpatis, yang menyebabkan peningkatan beban kerja jantung. Kondisi ini berisiko memicu iskemia miokard, aritmia, serta ketidakstabilan hemodinamik, terutama pada pasien dengan penyakit kardiovaskular sebelumnya. Bukti terkini menunjukkan bahwa hipotermia perioperatif berhubungan dengan peningkatan kejadian *adverse cardiac events* dan luaran pasca operasi yang lebih buruk, sehingga pengendalian suhu tubuh perioperatif menjadi aspek penting dalam pencegahan komplikasi kardiovaskular pasca anestesi (Zhang *et al.*, 2025).

d. Shivering

Shivering merupakan komplikasi yang sering muncul akibat hipotermia pasca anestesi dan ditandai dengan kontraksi otot involunter. Kondisi ini meningkatkan konsumsi oksigen,

produksi karbon dioksida, serta beban kerja kardiovaskular, sehingga dapat memperburuk kondisi pasien, terutama pada pasien dengan gangguan jantung atau paru. Selain menimbulkan ketidaknyamanan, shivering juga dapat mengganggu pemantauan tanda vital dan memperlambat proses pemulihan pasca anestesi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pencegahan hipotermia melalui penghangatan aktif efektif menurunkan kejadian dan dampak klinis shivering pasca operasi (Suprpto *et al.*, 2025).

e. Keterlambatan Pemulihan Anestesi

Hipotermia pasca anestesi dapat menyebabkan keterlambatan pemulihan anestesi akibat melambatnya metabolisme dan eliminasi obat anestesi serta relaksan otot. Penurunan suhu inti tubuh menghambat kerja enzim hati dan ginjal, sehingga obat bertahan lebih lama dalam sirkulasi dan memperpanjang waktu pulih sadar pasien. Kondisi ini berdampak pada lama perawatan di ruang pemulihan dan meningkatkan kebutuhan pemantauan pasca anestesi, sehingga pengendalian suhu tubuh perioperatif menjadi faktor penting dalam mempercepat pemulihan anestesi (Yin *et al.* 2024).

6. Konsep Penilaian Risiko

a. Definisi Penilaian Risiko

Penilaian risiko pada pencegahan hipotermia pasca anestesi merupakan proses identifikasi dan estimasi kemungkinan terjadinya penurunan suhu inti tubuh di bawah 36°C berdasarkan faktor klinis et tertentu (Huang *et al.*, 2025). Proses ini umumnya dikembangkan dalam bentuk instrumen penilaian risiko yang berfungsi mengubah data klinis menjadi skor kuantitatif yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan pencegahan dan penatalaksanaan pasien secara tepat.

Instrumen penilaian risiko disusun berdasarkan identifikasi faktor-faktor prediktif yang memiliki hubungan dengan kejadian hipotermia. Faktor tersebut kemudian dikonversi menjadi item penilaian yang terukur sehingga dapat dinilai secara objektif. Penyusunan instrumen menuntut adanya kejelasan definisi operasional setiap variabel agar setiap item memiliki makna klinis yang spesifik dan tidak menimbulkan interpretasi ganda (Li *et al.*, 2023).

Prinsip utama dalam pengembangan instrumen penilaian risiko adalah validitas isi dan keterukuran setiap item. Setiap faktor yang dimasukkan harus memiliki dasar ilmiah yang jelas serta kontribusi terhadap mekanisme gangguan termoregulasi. Skor yang diberikan pada masing-masing item mencerminkan

tingkat risiko relatif, sehingga hasil akhir berupa total skor dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat risiko pasien secara lebih sistematis (Cui & Zhu, 2025).

Instrumen penilaian risiko hipotermia berfungsi sebagai alat skrining klinis yang menyederhanakan berbagai variabel pasien menjadi satu nilai risiko. Hasil penilaian ini membantu tenaga kesehatan dalam mengidentifikasi pasien berisiko sejak dini dan menentukan strategi pencegahan yang sesuai pada periode perioperatif.

b. Tujuan Penilaian

Instrumen penilaian risiko hipotermia memiliki tujuan utama menyediakan sistem peringatan dini yang berbasis bukti, sehingga intervensi dapat disesuaikan dengan kondisi setiap pasien. Risiko penurunan suhu sangat tinggi saat pasien dipindahkan dari kamar operasi ke ruang pemulihan, sehingga instrumen ini berperan menentukan prioritas dengan membantu tim medis mengenali pasien yang paling rentan terhadap hipotermia pasca anestesi. (Li *et al.*, 2023). Prediksi yang lebih akurat memungkinkan tindakan pencegahan diterapkan secara *real-time* dan dipersonalisasi, menggantikan pendekatan seragam yang cenderung kurang efisien

Secara klinis, tujuan utama instrumen ini adalah menurunkan kejadian komplikasi pasca anestesi yang dipicu

oleh hipotermia. Hipotermia berkaitan dengan peningkatan perdarahan, gangguan koagulasi, risiko infeksi luka operasi, serta waktu pemulihan yang lebih panjang (Huang *et al.*, 2025). Model prediksi kemudian berperan sebagai pemandu dalam pemilihan dan penerapan tindakan pencegahan untuk memperbaiki luaran pasien secara keseluruhan. Instrumen ini menyediakan dasar yang objektif dan ilmiah sehingga perawat dapat segera merencanakan strategi isolasi termal yang ketat, seperti penggunaan selimut pemanas aktif, sebelum suhu pasien turun ke tingkat yang berbahaya (Li *et al.*, 2023).

Instrumen penilaian risiko tidak hanya berfungsi memprediksi kejadian, tetapi juga mengoptimalkan mutu asuhan dengan memungkinkan tenaga kesehatan bertindak proaktif. Perencanaan intervensi yang lebih awal dan terarah berpotensi menurunkan insidens komplikasi, memperpendek lama rawat, serta meningkatkan keselamatan pasien pasca anestesi.

c. Prinsip Penilaian Risiko

Prinsip utama dalam pengembangan instrumen penilaian risiko hipotermia ialah memastikan validitas dan keandalannya terbukti secara ilmiah. Sebuah instrumen dinilai valid bila mampu menunjukkan kemampuan diskriminasi dan kalibrasi yang baik. Diskriminasi menggambarkan kemampuan instrumen membedakan pasien berisiko tinggi hipotermia dari yang

berisiko rendah melalui identifikasi faktor risiko yang tepat. Kalibrasi dinilai melalui kesesuaian antara skor risiko instrumen dengan kejadian hipotermia aktual pada populasi pasien (Cui & Zhu, 2025).

Prinsip lain yang perlu dipenuhi ialah kelengkapan variabel dan keterbukaan metodologi. Model sebaiknya dibangun dari prediktor yang logis secara klinis, misalnya suhu awal pasien, jenis pembedahan, dan komorbiditas yang berpotensi memengaruhi termoregulasi (Cui & Zhu, 2025).

Instrumen penilaian risiko perlu memenuhi prinsip generalisasi sekaligus tetap adaptif terhadap konteks klinis. Validasi internal penting untuk menilai kinerja awal model, namun penerapan luas menuntut uji validasi eksternal pada kelompok pasien dan setting rumah sakit yang berbeda agar portabilitasnya terbukti (Cui & Zhu, 2025). Penyesuaian lebih lanjut sering kali diperlukan pada populasi spesifik, misalnya pasien operasi penggantian sendi atau pembedahan ginekologi, karena karakteristik prosedur dan lingkungan bedah yang berbeda dapat memengaruhi ketepatan prediksi hipotermia. (Li *et al.*, 2023).

d. Instrumen Penilaian Risiko

Instrumen penilaian risiko hipotermia merupakan bentuk operasional dari model prediksi risiko yang disusun sebagai

daftar pemeriksaan berskor untuk digunakan di ruang pemulihan. Instrumen ini menyajikan faktor-faktor risiko secara terstruktur sehingga tenaga kesehatan dapat mengenali pasien berisiko tinggi secara lebih cepat dan sistematis. Pengembangannya dilakukan melalui telaah literatur, penyusunan draf awal, hingga penyusunan item berdasarkan domain klinis yang relevan.

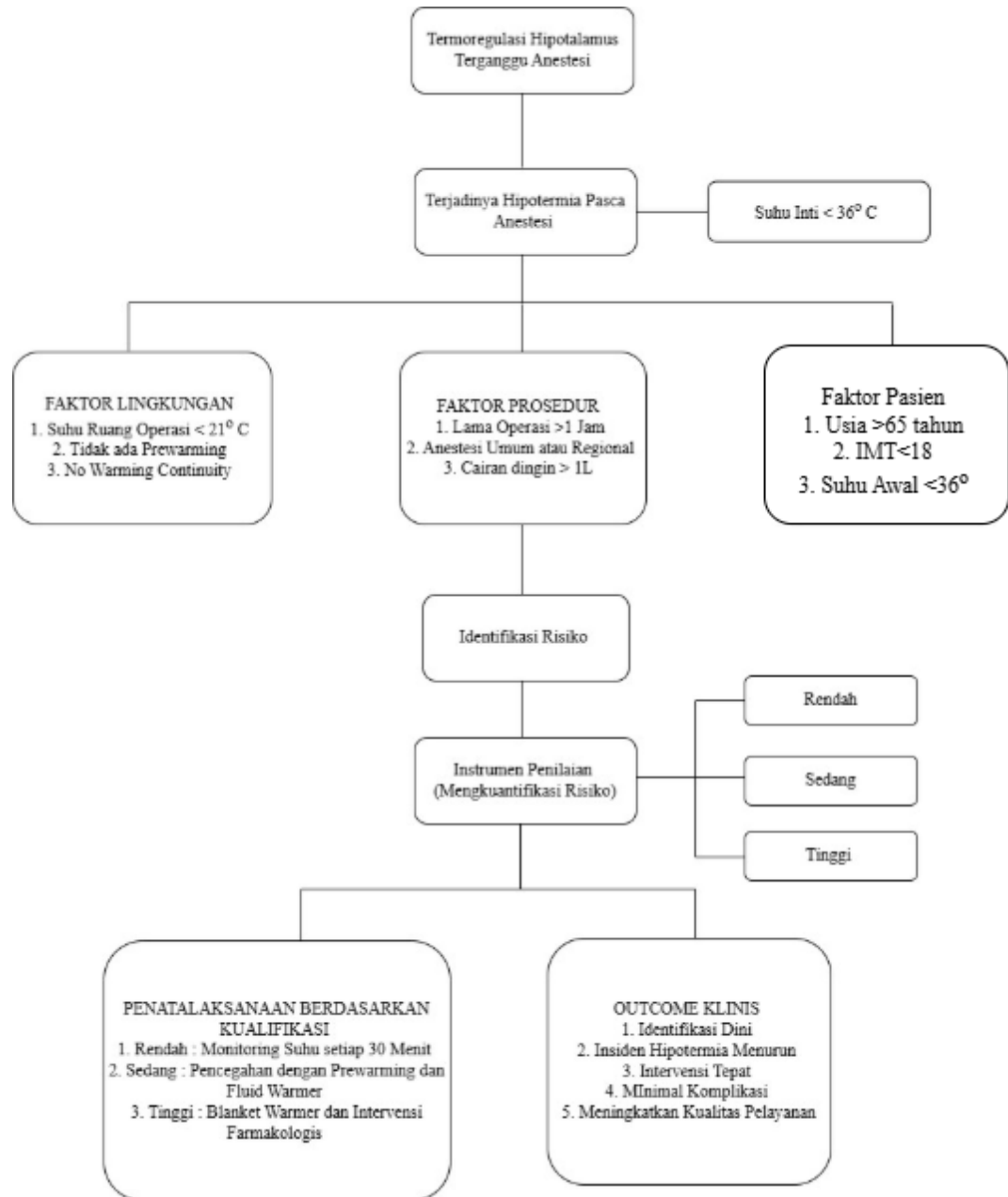
Struktur instrumen disusun berdasarkan domain waktu perawatan yang menggambarkan faktor penyebab ketidakstabilan suhu tubuh secara sistematis. Domain praoperasi mencakup faktor seperti usia lanjut (≥ 65 tahun), indeks massa tubuh rendah, dan suhu tubuh awal di bawah 36°C . Faktor tersebut merupakan prediktor kerentanan pasien terhadap penurunan suhu inti (Cui & Zhu, 2025).

Domain intraoperatif mencakup faktor yang berhubungan dengan proses pembedahan, seperti durasi operasi, jenis anestesi, luas tindakan pembedahan, serta pemberian cairan tanpa penghangatan. Penelitian terkini juga menunjukkan bahwa parameter intraoperatif dapat dianalisis menggunakan pendekatan komputasional untuk meningkatkan akurasi prediksi risiko hipotermia (Huang *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2023). Domain lingkungan dan faktor lain mencakup suhu ruang operasi yang rendah, tidak digunakannya pemanasan aktif, serta kondisi pasien pada fase pemulihan.

Setelah item disusun berdasarkan domain tersebut, diperlukan penilaian untuk memastikan bahwa setiap item benar-benar relevan dan penting secara klinis. Oleh karena itu, validitas isi instrumen dilakukan melalui kesepakatan ahli terhadap tingkat esensial setiap item menggunakan *Content Validity Ratio* (CVR). CVR digunakan untuk mengukur proporsi ahli yang menilai suatu item sebagai esensial sehingga dapat ditentukan apakah item dipertahankan, direvisi, atau dieliminasi dalam instrumen akhir.

Seluruh faktor dari setiap domain kemudian dihimpun menjadi satu skor penilaian risiko yang bertujuan menghasilkan klasifikasi tingkat risiko hipotermia secara lebih sederhana dan aplikatif dalam praktik klinis.

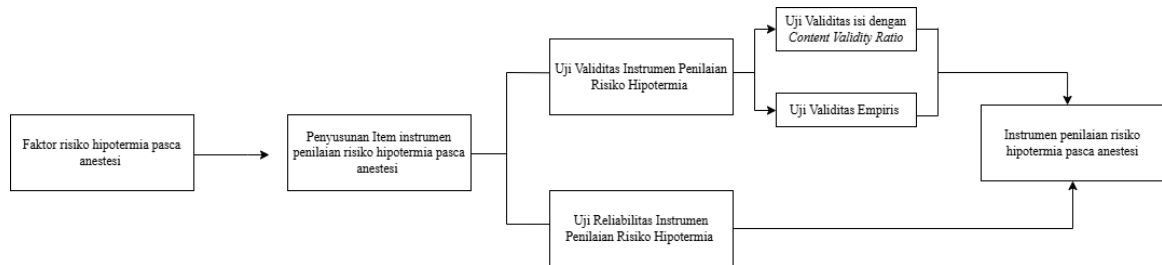
B. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber : (Collins et al., 2021; Huang et al., 2025; Li et al., 2023; Mulyadi et al., 2019; Pratiwi et al., 2021; Rauch et al., 2021)(Fauzan, 2024; Prabawati, 2022; Pringgayuda et al., 2020)

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

D. Hipotesis Penelitian

Intrumen yang dikembangkan memenuhi kriteria validitas isi, validitas empiris dan reliabilitas pada tahap uji awal.