

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Terapi cairan

Pemberian cairan bertujuan untuk memulihkan volume sirkulasi darah.^{6,13} Pemberian cairan diperlukan karena gangguan dalam keseimbangan cairan dan elektrolit merupakan hal yang umum terjadi pada pasien dengan tindakan bedah, termasuk bedah sesar. Gangguan cairan yang terjadi dikarenakan kombinasi dari faktor-faktor sebelum pembedahan, selama pembedahan dan sesudah pembedahan. Faktor sebelum bedah berhubungan dengan kondisi penyerta, prosedur diagnostik yang dilakukan sebelum operasi, pemberian obat sebelum proses operasi dan restriksi cairan sebelum operasi. Faktor selama pembedahan berhubungan dengan perlakuan anestesi, kehilangan akibat perdarahan, dan kehilangan cairan akibat proses penguapan oleh karena proses operasi yang lama. Perlakuan anestesi spinal dapat menyebabkan terjadinya hipotensi akibat hilangnya mekanisme kompensasi seperti takikardi dan vasokonstriksi. Gangguan cairan, elektrolit dan asam basa yang sering terjadi pada selama pembedahan diantaranya asidosis metabolik, alkalosis metabolik, asidosis respiratorik dan alkalosis respiratorik. Faktor sesudah pembedahan berhubungan dengan stres dan nyeri pasca operasi, peningkatan katabolisme jaringan dan penurunan volume sirkulasi yang melebihi batas efektif.^{5,13}

Trauma, pembedahan dan anestesi akan menimbulkan perubahan-perubahan pada keseimbangan air dan metabolisme yang dapat berlangsung sampai beberapa hari pasca trauma atau bedah. Perubahan-perubahan tersebut terutama sebagai akibat dari :

- 1) Kerusakan sel di lokasi pembedahan
- 2) Kehilangan dan perpindahan cairan baik lokal maupun umum
- 3) Pengaruh puasa pra bedah, selama pembedahan dan pasca bedah
- 4) Terjadi peningkatan metabolisme, kerusakan jaringan dan fase penyembuhan.^{5,6,13}

Pasien hamil dengan operasi bedah sesar, akan mengalami kondisi gangguan cairan dan elektrolit.⁷ Perubahan fisiologis pada kehamilan dipengaruhi oleh perubahan hormon estrogen. Perubahan yang berpotensi mengakibatkan gangguan cairan adalah gangguan yang berasal dari sirkulasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa volume jantung dikatakan bertambah besar secara normal sekitar 75 ml antara awal dan akhir kehamilan. Peningkatan isi sekuncup dapat mencapai 30% dengan frekuensi denyut sampai 15%. Sedangkan peningkatan curah jantung dapat meningkat sampai 40%. Uterus yang besar dapat menekan aorta abdominal dan vena cava, sehingga pada posisi terlentang tekanan yang diberikan juga besar. Hal ini dapat menurunkan curah jantung yang mengakibatkan tensi menurun.¹⁴

Satu diantara terapi cairan pengganti yang umum digunakan dalam *preload* pada operasi bedah sesar adalah ringer laktat.^{6,8,12,13,14}

2.1.1 Ringer laktat

Ringer laktat adalah cairan yang isotonis dengan darah dan dimaksudkan untuk cairan pengganti. Ringer laktat merupakan cairan kristaloid.^{6,7} Ringer laktat digunakan diantaranya untuk luka bakar, syok, dan cairan *preload* pada operasi.⁵

Ringer laktat merupakan cairan yang memiliki komposisi elektrolit mirip dengan plasma. Satu liter cairan ringer laktat memiliki kandungan 130 mEq ion natrium setara dengan 130 mmol/L, 109 mEq ion klorida setara dengan 109 mmol/L, 28 mEq laktat setara dengan 28 mmol/L, 4 mEq ion kalium setara dengan 4 mmol/L, 3 mEq ion kalsium setara dengan 1,5 mmol/L. Anion laktat yang terdapat dalam ringer laktat akan dimetabolisme di hati dan diubah menjadi bikarbonat untuk mengoreksi keadaan asidosis, sehingga ringer laktat baik untuk mengoreksi asidosis.^{15,16} Laktat dalam ringer laktat sebagian besar dimetabolisme melalui proses glukoneogenesis. Setiap satu mol laktat akan menghasilkan satu mol bikarbonat.¹⁷ Pasien dengan kondisi hamil memiliki kadar laktat yang berbeda karena plasenta menghasilkan laktat yang akan menuju sirkulasi maternal.^{7,26}

2.1.2 Ringer asetat malat

Saat ini berbagai penelitian tentang cairan pengganti dilakukan untuk menemukan cairan yang paling tepat. Cairan pengganti yang diberikan pada pasien harus memiliki kadar elektrolit yang mendekati kadar elektrolit plasma untuk mencegah terjadinya gangguan elektrolit dan gangguan metabolisme.⁹

Ringer asetat malat berbeda dengan ringer laktat. Ringer asetat malat mengandung anion asetat dan malat yang dapat dimetabolisme di hati menjadi

bikarbonat. Asetat dan malat akan dimetabolisme di hati menjadi bikarbonat, satu mol asetat akan diubah menjadi satu mol bikarbonat sedangkan satu mol malat akan dirubah menjadi dua mol bikarbonat.¹⁷ Malat bekerja dalam waktu lebih lama dibandingkan asetat, oleh karena itu kombinasi asetat dan malat merupakan pilihan yang baik dalam suatu cairan.¹⁷ B.Braun mengatakan bahwa ringer asetat malat lebih baik dari ringer laktat karena ringer asetat malat lebih isotonis. Ringer asetat malat memiliki kadar natrium, kalium dan magnesium yang hampir sama dengan plasma, sedangkan konsentrasi klorida memiliki kadar yang sedikit lebih tinggi dalam rangka mencapai osmolaritas fisiologis.^{8,9}

Ringer Asetat malat menunjukkan fitur sebagai berikut:

1. Larutan elektrolit penuh
2. Isotonis
3. Berisi Asetat/Malat bukan laktat
4. Memiliki *base excess potential* yang seimbang
5. Menjaga konsumsi oksigen rendah.⁹

Ringer asetat malat digunakan dalam situasi klinis seperti berikut:

1. Penggantian kehilangan cairan ekstraseluler
2. Penggantian kehilangan cairan akibat muntah, diare, luka bakar, fistula
3. Kompensasi tuntutan kebutuhan cairan yang meningkat (deman, berkeringat, hiperventilasi)
4. Dehidrasi isotonis
5. Penggantian volume intravasal sementara

6. Pemeliharaan perioperatif homeostasis cairan
7. Koreksi defisit cairan preoperatif
8. Penggantian kehilangan darah atau trauma (misalnya dalam kombinasi dengan koloid)
9. Penggantian kehilangan cairan karena penguapan dari daerah bedah atau mekanik ventilasi dengan gas kering
10. Pengisian cairan interstitial
11. Pasokan cairan menggunakan anion yang dapat dimetabolisme selama insufisiensi hati
12. Pengelolaan cairan isotonis pada pasien anak
13. Tambahan cairan substitusi intravasal pada orang tua.⁹

Suatu cairan dikatakan sebagai cairan isotonis apabila mereka memiliki osmolalitas sama dengan plasma manusia atau osmolaritas teoritis yang sama sebagai cairan NaCl fisiologis. Ringer asetat malat, dengan osmolalitas 286 mosm/kgH₂O dan osmolaritas 304 mosm/l adalah isotonis. Tekanan osmotik ditentukan oleh osmolaritas dan osmolalitas dari cairan. Osmolaritas dan osmolalitas merupakan ukuran dari jumlah konsentrasi molar dari zat terlarut. Perbedaan ringer asetat malat dan ringer laktat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan ringer laktat dan ringer asetat malat ^{9,15}

Parameter	Ringer laktat	Ringer asetat malat
Na+ (mmol/l)	130	140
K+ (mmol/l)	4	4
Ca ²⁺ (mmol/l)	3	2,5
Mg ²⁺ (mmol/l)	1	1
Cl- (mmol/l)	109	127
Laktat (mmol/l)	28	
Asetat (mmol/l)		24
Malat (mmol/l)		5
Osmolaritas (mosmol/l)	273	304
<i>Base excess potential</i> (mmol/l)	3	0
Konsumsi O ₂ (l O ₂ / l Solution)	1,8	1,4

Secara teoritis, larutan infus elektrolit penuh harus mengandung *buffer* fisiologis bikarbonat pada konsentrasi 24 mmol/ml. Ringer asetat malat memiliki bikarbonat dalam bentuk anion metabolisme asetat dan malat yang akan melepaskan bikarbonat intravaskuler. Anion ini selain dimetabolisme di hati juga dimetabolisme di hampir setiap sel jaringan dengan mengambil H⁺ dan Oksigen dan membentuk bikarbonat. Asetat melepaskan satu mol bikarbonat tiap satu mol asetat, sedangkan malat melepaskan dua mol bikarbonat tiap satu mol malat.¹⁷ Berbeda dengan laktat yang menghasilkan satu mol bikarbonat tiap satu mol laktat

Ringer asetat malat mengandung asetat dan malat berbeda dengan laktat, laktat tidak selalu disarankan untuk digunakan dalam larutan infus karena :

1. Laktat tidak boleh digunakan dalam kasus insufisiensi hati, karena laktat ini sebagian besar dimetabolisme di hati dan administrasi dari laktat dapat menyebabkan terjadinya asidosis metabolik.
2. Laktat tidak boleh digunakan dalam kasus syok dengan hiperlaktasidemia atau asidosis laktat. Hiperlaktasidemia dan asidosis laktat adalah tanda tanda dari ratio disproportional antara produksi asam laktat dan metabolime hepar yang terganggu. Konsumsi yang oksigen dipicu oleh laktat cukup besar dan tidak harus meningkat lebih lanjut apabila ada jaringan hipoksia.
3. Persediaan oksigen laktat meningkatkan risiko alkalosis rebound.
4. Konsentrasi serum laktat sering digunakan sebagai penanda hipoksia. Dengan demikian administrasi laktat eksogen akan menyebabkan kesalahan pembacaan penanda.

Ringer asetat malat adalah larutan elektrolit penuh pertama mengandung kombinasi unik dari asetat dan malat. Ringer asetat malat berisi 24 mmol/l asetat dan 5 mmol/l malat, dimana total asetat dan malat melepaskan 34 mmol/l bikarbonat. Asetat dan malat lebih disukai daripada laktat, karena metabolisme mereka tidak hanya terbatas pada hati tetapi juga dimetabolisme di seluruh jaringan.⁹

2.2. *Base excess* dan keseimbangan asam basa

Definisi asam dan basa didasarkan pada sifat molekul dengan hubungannya terhadap ion hidrogen. Ion hidrogen merupakan proton tunggal bebas yang dilepaskan dari atom hidrogen. Molekul yang mengandung atom-atom hidrogen yang dapat melepaskan ion-ion dalam larutan dikenal sebagai asam, sedangkan yang dapat menerima ion hidrogen disebut dengan basa. Konsentrasi ion hidrogen dalam darah dinyatakan dengan pH darah, apabila rendah ($<7,35$) disebut asidosis dan bila tinggi ($>7,45$) disebut alkalosis. Tubuh memiliki sistem untuk mencegah keadaan asidosis maupun alkalosis, sistem tersebut diantaranya: ¹⁸

1. Sistem penyangga (*buffer*) asam-basa yang segera bergabung dengan setiap asam ataupun basa yang kemudian mencegah terjadinya perubahan konsentrasi ion hidrogen yang berlebihan
2. Pusat pernafasan akan terangsang untuk mengubah kecepatan ventilasi paru-paru, apabila konsentrasi ion hidrogen berubah. Hal ini dapat berakibat pada perubahan kecepatan pengeluaran karbondioksida dari cairan tubuh yang akan menyebabkan konsentrasi ion hidrogen kembali normal.
3. Ginjal mengekskresikan urin yang bersifat asam atau basa, sehingga membantu konsentrasi ion hidrogen cairan ekstraseluler tubuh kembali normal.

Sistem *buffer* dapat bekerja dalam sepersekian detik untuk mencegah perubahan konsentrasi ion hidrogen yang berlebihan. Sebaliknya, sistem respirasi memerlukan waktu 1-3 menit untuk menyesuaikan kembali konsentrasi ion hidrogen setelah terjadinya perubahan mendadak. Ginjal yang merupakan komponen pengatur asam-basa yang paling kuat, memerlukan waktu beberapa jam hingga lebih dari 24 jam untuk menyesuaikan kembali konsentrasi ion hidrogen tersebut.¹⁸

Sistem *buffer* sebagian besar bekerja dengan cara reaksi pertukaran antara basa lemah bikarbonat [HCO_3^-] dengan asam lemah asam karbonat [H_2CO_3]. Bikarbonat akan mengikat ion hidrogen [H^+] dan kemudian menjadi asam karbonat dan sebaliknya.¹⁵ Sistem *buffer* tubuh digolongkan menjadi beberapa kelompok, menurut tempatnya dibagi menjadi empat bagian:¹⁹

1) Cairan ekstraseluler

- Mayor
 - Sistem *buffer* bikarbonat
- Minor
 - Sistem *buffer* fosfat
 - Protein intraselular

2) Darah

- Mayor
 - Sistem *buffer* bikarbonat
 - Hemoglobin
- Minor

- Plasma protein
 - Sistem *buffer* fosfat
- 3) Cairan intra seluler
- Protein
 - Fosfat
- 4) Urin
- Ammonia
 - Fosfat

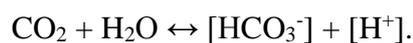
Sistem pernafasan bekerja dengan cara pertukaran karbon dioksida [CO₂]. Difusi CO₂ melalui membran sangat mudah dan cepat, sehingga setiap perubahan yang terjadi pada tekanan parsial [pCO₂] akan cepat diatasi oleh perubahan ventilasi. Asam – basa saling berinteraksi pada setiap kompartemen tubuh melalui membran sel dan membran kapiler.^{16,17} Dari dua hal ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Konsentrasi H⁺ di semua cairan kompartemen tubuh mudah berubah atau diatur.
- 2) Perubahan pada pCO₂ tidak akan menyebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi H⁺ dari masing-masing kompartemen.

Ginjal bekerja untuk membantu paru – paru apabila gagal mengkompensasi asidosis respiratorik dengan cara meningkatkan sekresi ion hidrogen saat filtrasi dan mereabsorpsi ion bikarbonat. Ginjal bekerja secara sempurna setelah 24 jam, oleh karena itu ginjal kurang efektif untuk mengatasi asidosis respiratori yang terjadi secara cepat. Salah satu contoh ginjal tidak dapat mengkompensasi keadaan asidosis saat terjadinya serangan asma. Ginjal memiliki peranan penting apabila

asidosis terjadi secara lambat atau cukup lama, misalnya pada emfisema yang berlangsung kronis. Ginjal mengkompensasi alkalosis respiratori dengan cara menurunkan laju sekresi ion hidrogen kedalam urin dan reabsorpsi ion bikarbonat. Alkalosis yang disebabkan oleh hiperventilasi akut karena perubahan emosi tidak dapat ditangani dengan baik oleh ginjal, akan tetapi alkalosis akibat berada di ketinggian selama dua hari lebih dikompensasi baik oleh ginjal.²⁰

Teori asam basa pada mulanya diperkenalkan oleh Hendersen – Hasselbalch. Komponen penting dalam asam – basa untuk menggambarkan pH darah adalah konsentrasi $[\text{HCO}_3^-]$ dan $[\text{CO}_2]$ bila dilihat dari persamaan Hendersen-Hasselbalch yaitu: $\text{pH} = \text{pK} + \log \left\{ \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \right\}$.²¹ Persamaan ini didapat dari hidrasi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$. Di mana CO_2 adalah gas CO_2 yang terlarut. Nilai CO_2 dapat diambil dari nilai tekanan parsial CO_2 (pCO_2) dengan mengalikan dengan konstanta kelarutan (0,03). Mengingat konsentrasi $[\text{HCO}_3^-]$ sangat kecil dan proporsional terhadap CO_2 maka persamaan ini dapat disederhanakan menjadi



pH normal darah berkisar antara 7,35 – 7,45

pH <7,35 disebut sebagai asidosis, dan pH >7,45 disebut alkalosis.

Ketidakseimbangan metabolik terjadi bila gangguan primer pada konsentrasi bikarbonat. Oleh karena bikarbonat sebagai pembilang, maka peningkatan bikarbonat akan meningkatkan pH disebut alkalosis metabolik, sedangkan penurunan bikarbonat akan menurunkan pH disebut asidosis metabolik. Ketidakseimbangan respiratorik terjadi apabila gangguan primer pada konsentrasi CO_2 , karena CO_2 sebagai penyebut, maka peningkatan CO_2 akan menurunkan pH

disebut asidosis respiratorik, sedangkan penurunan CO₂ akan meningkatkan pH disebut alkalosis respiratorik.²¹

Teori asam basa selanjutnya di sempurnakan oleh Stewart. Metode Stewart sangat berbeda dengan metode Henderson-Hasselbalch yang selama ini digunakan. Intinya, menurut Stewart bahwa konsentrasi dari H⁺ ditentukan oleh nilai perbedaan konsentrasi elektrolit kuat (*Strong Ion Difference*), jumlah total asam lemah yang terdisosiasi (A_{tot}) dan pCO₂. Penghitungan asam basa menurut Stewart adalah sebagai berikut:

- 1) *Free Water* : $0,3 \times (\text{Na}^+ - 140)$
- 2) *Chloride Effect* : $102 - (\text{Cl}^- \times 140) \text{ Na}^+$
- 3) *Albumin Effect* : $(0,148 \times \text{pH} - 0,818)(42 - \text{albumin})$
- 4) *Unmeasured anion* : $\text{base excess} - (1+2+3) \text{ mEq/L}$

Hasil positif berarti terjadi alkalinisasi sedangkan hasil negative berarti terjadi asidifikasi.

Stewart dapat memperlihatkan kejadian asam basa diluar metode dari Hendersen – Hasselbalch. Handersson-Hasselbalch memberikan penilaian keseimbangan asam-basa hanya didasarkan pada pemeriksaan analisa gas darah, dengan komponen pengukurnya adalah pH, *base excess*, pCO₂, HCO₃ dan pO₂, sedangkan Stewart lebih kompleks.^{22,23} Penilaian keseimbangan asam-basa Handersson-Haselbalch dibagi menjadi 2 komponen yaitu respiratorik (pCO₂ dan pO₂) dan metabolik (HCO₃). Hasil penilaiannya didasarkan pada pH akhir dan komponen yang mempengaruhi perubahan pH tersebut.^{22,23}

Gangguan keseimbangan asam basa dapat di deteksi dengan pemeriksaan sederhana yaitu BGA. Satu diantara komponen yang diperiksa dalam BGA adalah *base excess*.²⁴ *Base excess* atau *base deficit* adalah istilah untuk mendeskripsikan kelebihan atau kekurangan kadar basa dalam darah. Nilai normal *base excess* berkisar antara -2 sampai +3. Dikatakan metabolik alkalosis bila *base excess* $>+3$ dan metabolik asidosis bila *base excess* <-2 .²⁴ *Base excess* diperlukan dalam penghitungan untuk mengkoreksi keadaan asidosis metabolik.²⁵