

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah

1. Definisi Darah

Darah adalah cairan dalam tubuh yang mengandung berbagai jenis sel dan berfungsi untuk mengangkut berbagai zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Darah mengalir melalui pembuluh darah, dengan jantung berperan sebagai pusat pengendali aliran darah. Salah satu hasil dari proses metabolisme yang dibawa oleh darah adalah karbon dioksida, yang kemudian dibawa ke paru-paru untuk ditukar dengan oksigen. Selain itu, zat-zat kimia berbahaya dan racun yang tidak berguna bagi tubuh akan dibawa ke hati dan ginjal untuk diproses dan dikeluarkan melalui urine. (MM & M. Blomed, 2020)

Darah berfungsi sebagai alat pengangkut utama dalam tubuh. Tugasnya adalah membawa oksigen dari paru-paru ke semua bagian tubuh, serta mengangkut karbon dioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru untuk dikeluarkan. Selain itu, darah juga membawa nutrisi dari usus halus ke seluruh jaringan. Zat-zat yang tidak dibutuhkan tubuh dikeluarkan melalui kulit dan ginjal, membantu tubuh tetap kuat terhadap infeksi dan menjaga distribusi panas di dalam tubuh. Secara struktur, darah terdiri dari dua bagian utama: plasma darah yang merupakan cairan yang mengelilingi sel sebesar 55%, dan bagian padat yang terdiri dari sel-sel darah sekitar 45%. Volume darah dalam tubuh manusia sekitar 1/12 dari berat badan. Secara fisiologis, keseimbangan volume

darah dijaga melalui tekanan osmotik yang berasal dari protein dalam plasma darah dan jaringan.(MM & M.Blomed, 2020)

2. Fungsi Darah

Darah berperan sebagai sistem pengangkut utama di dalam tubuh. Tugas utamanya adalah membawa gas seperti oksigen dan karbon dioksida, nutrisi, serta limbah dari proses metabolisme. Oksigen yang kita ambil dari pernapasan dikirim oleh darah ke seluruh tubuh. Sementara itu, karbon dioksida yang dihasilkan dari proses metabolisme diangkut kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan saat kita bernapas. Limbah lain seperti nitrogen berlebih juga dibawa oleh darah ke ginjal untuk dikeluarkan dari tubuh. Selain itu, darah mengambil nutrisi dari sistem pencernaan lalu menyalurkannya ke seluruh tubuh. Darah juga bertugas mengantarkan hormon-hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin ke tempat tujuannya melalui pembuluh darah. Banyak zat yang dihasilkan di satu organ dibawa ke organ lain untuk diproses lebih lanjut. Misalnya, prekursor vitamin D dihasilkan di kulit lalu dikirim ke hati dan ginjal untuk diubah menjadi bentuk aktif. Setelah aktif, vitamin D dibawa ke usus halus untuk membantu penyerapan kalsium. Contoh lainnya adalah asam laktat yang dihasilkan oleh otot selama aktivitas tanpa oksigen, yang kemudian diangkut ke hati untuk diubah kembali menjadi glukosa.(Syaravicena et al., 2023)

3. Komponen Darah

Darah termasuk jenis jaringan yang, seperti jaringan lainnya, terdiri atas sel-sel dan fragmen sel. Keseluruhan komponen ini dikenal sebagai elemen berbentuk atau bagian padat darah. Elemen-elemen tersebut berada dalam suspensi cair yang disebut plasma. Karena mengandung sel dan berada dalam medium cair, darah dikategorikan sebagai jaringan ikat dalam bentuk cair. Komponen padat dalam darah terdiri dari eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit (keping darah). (Sa'Adah, 2018)

A.) Sel Darah/Eritrosit

Sel darah merah, atau disebut juga eritrosit, adalah jenis sel darah yang paling banyak jumlahnya, mencakup hampir 99,9% dari semua sel darah dalam tubuh. Jumlah eritrosit dalam darah jauh lebih besar dibandingkan jenis sel darah lainnya, seperti sel darah putih (leukosit) yang hanya sekitar 1/700 dari jumlah eritrosit, dan keping darah (trombosit) yang hanya sekitar 1/17 dari jumlah eritrosit. Secara umum, jumlah eritrosit pada laki-laki dan perempuan berbeda. Pada laki-laki dewasa, setiap satu mikroliter darah mengandung sekitar 4,5 hingga 6,3 juta sel eritrosit, sedangkan pada perempuan dewasa jumlahnya berkisar antara 4,2 hingga 5,5 juta sel eritrosit. Perbedaan ini terjadi karena metabolisme laki-laki lebih cepat, sehingga membutuhkan lebih banyak sel darah merah untuk mengangkut oksigen ke sel-sel tubuhnya.

B.) Sel Darah Putih/Leukosit

Sel darah putih atau leukosit berbeda banyak dari sel darah merah (eritrosit) dalam hal bentuk, jumlah, dan tugas. Leukosit lebih besar dan memiliki inti sel, sedangkan eritrosit tidak memiliki inti dan berisi hemoglobin, sehingga berwarna. Jumlah leukosit jauh lebih sedikit dibandingkan eritrosit, sekitar 5 hingga 10 juta sel per milimeter kubik darah, dengan rata-rata 7.000 sel per mm³. Dalam jumlah yang sama, terdapat sekitar satu sel leukosit untuk setiap 700 sel eritrosit. Jumlah leukosit di dalam tubuh bisa berubah-ubah, tergantung pada kebutuhan tubuh dalam melawan penyebab penyakit. Tugas utama leukosit adalah melindungi tubuh dari penyakit dengan cara memakan kuman (fagositosis), mengenali dan menghancurkan sel kanker, serta membersihkan sel dan jaringan yang rusak.

B. Macam-macam Produk Darah

Produk darah adalah bagian dari darah yang sudah dipisahkan dan diproses, lalu digunakan dalam terapi transfusi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pasien. Tipe produk darah ini beragam, dan masing-masing berfungsi serta digunakan untuk kasus medis tertentu. Berdasarkan penelitian dan publikasi ilmiah terbaru selama lima tahun terakhir, produk darah mencakup komponen seperti sel darah merah, trombosit, plasma segar beku, dan kriopresipitat. Setiap jenis produk tersebut dipakai untuk mengatasi kondisi seperti anemia, gangguan pembekuan darah, atau kekurangan darah dalam tubuh. Pemilihan dan penggunaannya disesuaikan dengan diagnosis

klinis, sehingga transfusi dapat berlangsung secara efektif dan aman. Berikut adalah macam-macam produk darah:

1. Whole Blood

Whole blood atau darah utuh adalah darah yang diambil langsung dari pendonor, lalu dicampur dengan zat antikoagulan yang sudah ada di dalam kantong darah. Penambahan antikoagulan ini bertujuan untuk mencegah darah menggumpal, sehingga darah bisa disimpan dan digunakan lagi untuk membantu pasien yang membutuhkan transfusi. Darah utuh disimpan dalam suhu antara 2 hingga 8 derajat Celsius, dan bisa bertahan hingga 35 hari jika menggunakan jenis antikoagulan Citrate Phosphate Dextrose Adenine (CPDA). (Andriyani et al., 2019)

Menurut (Kemenkes, 2015) Whole Blood digunakan untuk mengganti sel darah merah yang hilang akibat pendarahan akut maupun pendarahan massif disertai hypovolemia. Whole blood juga di indikasikan untuk pasien yang tranfusi tukran dengan pasien yang membutuhkan tranfusi PRC namun produk komponen dara PRC tidak tersedia. (*Permenkes Nomor 91 Tahun 2015 (1)*, n.d.)

Whole blood tidak dapat diberikan pada pasien anemia kronik dan penyakit gagal jantung atau gagal ginjal karena Kadar kalium yang tinggi pada WB simpan, dapat berbahaya dan menyebabkan terjadinya hiperkalemia (Kadar kalium dalam darah terlalu tinggi).

2. Packed Red Cells (PRC)

Packed Red Cell (PRC) adalah salah satu bagian darah yang didapatkan dengan memisahkan plasma dari darah utuh menggunakan alat sentrifugasi. Komponen ini terdiri dari sel darah merah dengan jumlah plasma yang lebih sedikit dibandingkan darah utuh. PRC biasanya digunakan dalam transfusi darah untuk meningkatkan kadar hemoglobin, terutama pada pasien yang mengalami anemia, kehilangan darah, atau kondisi medis lain yang membutuhkan peningkatan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen.

PRC disimpan dalam suhu 2 hingga 6 derajat Celsius di lemari pendingin khusus yang digunakan oleh bank darah, dan masa simpan maksimalnya sekitar 35 hingga 42 hari. Fungsi utama PRC adalah meningkatkan kadar hemoglobin dalam darah, dimana satu unit PRC bisa menaikkan hemoglobin sekitar 1 g/dL. Dibandingkan dengan komponen darah lainnya, seperti konsentrat trombosit, PRC merupakan komponen yang paling sering digunakan dalam transfusi darah. Namun, selama masa simpan, sel darah merah dalam PRC bisa mengalami penurunan fungsi karena terjadi kerusakan, sehingga penting untuk menjaga kualitas PRC agar sel eritrosit tetap hidup dan kemampuan mengangkut oksigen tetap optimal. (Sepvianti et al., 2023)

3. Plasma

Plasma darah adalah cairan bening yang berwarna kekuningan dan merupakan bagian penting dari darah manusia. Di dalamnya terdapat berbagai zat yang bermanfaat bagi tubuh, seperti nutrisi, hormon, protein, dan zat lainnya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi tubuh yang penting. Selain itu, plasma juga memiliki faktor-faktor pembekuan yang berperan dalam proses

hemostasis, yaitu menghentikan perdarahan ketika terjadi luka atau cedera.(Buliani & Mustakim, n.d.)

4. Trombosit (Platelete Concetrate)

Trombosit adalah bagian kecil dari sel yang memiliki inti dan berada dalam darah selama sekitar 7 hingga 10 hari setelah terbentuk. Fungsi utama trombosit adalah membantu proses hemostasis, yaitu mendukung pembentukan bekuan darah (trombus) untuk menjaga agar dinding pembuluh darah tetap stabil dan utuh. Trombosit berasal dari sel yang disebut megakariosit, yaitu sel besar dengan inti yang banyak (poliploid) yang terdapat di dalam sumsum tulang. Megakariosit menghasilkan struktur bernama proplatelet, yang kemudian melepaskan banyak trombosit ke dalam darah setelah melalui proses pematangan. Pada orang dengan fungsi sumsum tulang yang normal, jumlah trombosit dalam darah berkisar antara 150 hingga 450×10^9 per liter.(Halim & Rifal, 2024)

5. PRC Leukodepleted

PRC leukodepleted adalah komponen darah berupa sel darah merah pekat (Packed Red Cells) yang telah melalui proses penyaringan guna mengurangi jumlah leukosit hingga di bawah 1×10^6 sel per kantong darah. Tujuan utama dari proses leukodepleksi ini adalah untuk mengurangi risiko terjadinya efek samping transfusi, seperti reaksi febril non-hemolitik. Pembuatan PRC leukodepleted dilakukan dengan cara menyaring darah utuh, kemudian dilanjutkan dengan proses sentrifugasi dan pemisahan plasma, atau melalui filtrasi sel darah merah, yang harus dilakukan dalam

waktu maksimal 48 jam sejak pengambilan darah. Prosedur ini mengikuti ketentuan yang telah ditetapkan dalam regulasi, dan terbukti efektif dalam mencegah komplikasi transfusi, terutama pada pasien dengan kondisi seperti thalassemia. Berdasarkan hasil penelitian, kadar leukosit dalam PRC leukodepleted secara signifikan lebih rendah, dan kualitasnya lebih unggul dibandingkan dengan PRC biasa yang tidak menjalani proses leukodepleksi.(Syarifah & Arni, 2023)

6. Cryoprecipitate atau Anti-Hemopholic Factor (AHF)

Cryoprecipitate atau Anti-Hemopholic Factor (AHF) merupakan salah satu komponen darah yang berasal dari plasma dan mengendap saat didinginkan. Komponen ini diperoleh dengan mencairkan fresh frozen plasma (FFP) secara perlahan pada suhu antara 4 hingga 6°C. Cryoprecipitate mengandung konsentrasi tinggi protein-protein pembekuan darah, seperti faktor VIII (sekitar 80–100 IU), fibrinogen (150–300 mg), faktor von Willebrand, faktor XIII, serta fibronectin. Komponen ini umumnya digunakan untuk menangani perdarahan akibat kadar fibrinogen yang rendah (hipofibrinogenemia) dan gangguan pembekuan seperti hemofilia A serta penyakit von Willebrand. Proses pembuatannya melibatkan pembekuan plasma segar, yang kemudian dicairkan dengan metode tertentu. Cryoprecipitate memiliki batas waktu pemakaian setelah dicairkan agar tetap efektif saat digunakan.(Nascimento et al., 2014)

C. PRC Leukodepleted

1. Metode Pembuatan PRC Leukodepleted

Leukodepleted adalah komponen darah yang telah mengalami pengurangan jumlah leukosit sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam (Kemenkes, 2015), sehingga jumlah leukosit menjadi kurang dari 1×10 per unit. Beberapa metode yang dapat dilakukan yaitu:

a. Pencucian Sel

Pencucian sel adalah Teknik menggunakan mesin otomatis maupun manual yang digunakan untuk memurnikan sel darah merah (RBC) yang tidak hanya menghilangkan leukosit tetapi juga plasma. Mesin cuci sel darah merah otomatis menggunakan prinsip sentrifugasi dengan tambahan saline fisiologis untuk memisahkan komponen darah. Pencucian sel efektif menghilangkan 95% plasma dan mengurangi leukosit hingga 70-95%, namun juga menghilangkan sekitar 15% sel darah merah. Teknik ini memakan waktu yang lama, memerlukan perhatian penuh operator, dan mengurangi umur simpan produk menjadi 24 jam karena hilangnya larutan antikoagulan. Popularitasnya kini menurun, digantikan metode filtrasi yang lebih efisien.

Pencucian PRC dibagi dua acara yaitu:

- 1) Cara manual :
 - a) Menggunakan Kantong cuci (washing bag).
 - b) Tambahan NaCl 0.9% ke dalam kantong sarah yang akan di cuci sampai penuh, melalui selang 1.

- c) Putar 1500 x G 30 menit atau 4850 x G 4°C selama 3 menit.
 - d) Buang supernatan melalui selang 2
 - e) Ulangi prosedur sampai 3 kali melalui selang 3, 4, dst.
 - f) Buang supernatant
- 2) Dengan Mesin:
- a) Masukkan PRC ke dalam mangkok khusus dan putar.
 - b) Alirkan NaCl 0.9% secara terus menerus.
 - c) Supernatan dibuang secara kontinyu.
 - d) PRC yang telah di cuci di pindahkan ke dalam kantong darah

b. Filtrasi

Metode filtrasi untuk pembuatann PRC leukodepleted merupakan prosedur penting dalam pengolahan darah untuk keperluan tranfusi yang berguna mengurangi risiko komplikasi imunologis. Proses ini melibatkan penggunaan filter khusus yang dirancang untuk menghilangkan leukosit dari produk darah, baik di laboratorium maupun di tempat tidur pasien.

Efisiensi penghilangan leukosit bergantung pada jenis filter yang digunakan. Filter penghilang leukosit mengandung beberapa lapisan serat polyester sintesis non-woven yang secara selektif menahan sel darah putih sementara sek darah merah dan/atau trombosit dibiarkan mengalir melalui filter. Limfosit dan monosit tertahan secara pasif dalam filter, sementara granulosit juga terperangkap melalui proses adsorpsi.(H.Kumar et al, 2006)

Penggunaan filter lebih terjangkau dari segi harga dibandingkan dengan metode lain seperti pencucian sel otomatis, pembekuan, dan

degliserolisasi. Karena itu, filter telah muncul sebagai cara yang efektif dan andal untuk leukodepleksi. Kemajuan dalam Teknik filtrasi dan jenis filter telah mengurangi jumlah sel darah putih dalam konsentrat sel darah merah dan trombosit hingga 99,9%.

Prosedur pembuatan PRC leukodepleted metode filtrasi:

1) Bahan :

Sel Darah Merah Pekat (PRC)

2) Alat :

- a) Klem
- b) Gunting
- c) Steril Connecting Device (SCD)
- d) Kantong Leukodepleted
- e) Gantungan Infus

3) Prosedur :

- a) Siapkan komponen darah PRC
- b) Identifikasi kantong darah : nomor selang dan barcode, golongan darah, jam pengambilan, tanggal pengambilan, jenis komponen darah, volume, suhu penyimpanan, tanggal kadaluarsa (exp), dan nama petugas.
- c) Tutup klem 1 pada kantong filter
- d) Sambungkan selang kantong darah PRC yang akan di filter dengan kantong filter leukodepleted menggunakan alat steril connecting device.

- e) Homogenkan kantong darah yang akan di filter dengan perlahan lahan.
- f) Gantung darah padaudukan pada ketinggian 1,5 meter.
- g) Buka klem 1 pada kantong filter untuk memulai filtrasi dengan gravitasi secara vertical.
- h) Ketika proses filtrasi selesai dan untuk mengoptimalkan pemulihan komponen darah, biarkan system menggantung lurus ke bawah dari dudukan untuk waktu yang diperlukan agar filter jatuh dan kosong (beberapa menit).
- i) Setelah mengosongkan filter, biarkan system tergantung vertical pada dudukan dan buka penutup blood-catcher valve.
- j) Tutup klem selang darah yang telah di filter, homogenkan komponen darah perlahan- lahan.
- k) Buka klem, dan tekan kantong darah sampai udara keluar melalui blood-catcher valve.
- l) Tutup klem dan seal selang kantong darah.

2. QC (quality Control) PRC Leukodepleted

Tabel 2 1- Quality control

Parameter yang harus diperiksa	Dilakukan pada	Spesifikasi	Sampling	% QC yang dapat diterima
<i>ABO dan Rhesus</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>Menentukan golongan darah yang terkontaminasi</i>	<i>Semua kantong</i>	<i>100%</i>
<i>Anti-HIV 1 dan 2</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>hasil negative dengan pemeriksaan yang disetujui</i>	<i>Semua kantong</i>	<i>100%</i>
<i>Anti-HCV</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>hasil negative dengan pemeriksaan yang disetujui</i>	<i>Semua kantong</i>	<i>100%</i>
<i>HBsAg</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>hasil negative dengan pemeriksaan yang disetujui</i>	<i>Semua kantong</i>	<i>100%</i>
<i>Sifilis</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>hasil negative dengan pemeriksaan yang disetujui</i>	<i>Semua kantong</i>	<i>100%</i>
<i>Volume</i>	<i>PRC Leukodepleted dari WB 450ml dan 350ml</i>	<i>Akan ditetapkan sesuai sistem yang digunakan</i>	<i>1% dari totl kantong dengan minimal 4 kantong per bulan</i>	<i>100%</i>
<i>Hematrokit</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>0.50-0.70</i>	<i>4 kantong per bulan</i>	<i>100%</i>
<i>Hemoglobin</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i>Minimal 40 g per kantong</i>	<i>4 kantong per bulan</i>	<i>100%</i>
<i>Hemolisis pada akhir masa simpen</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i><0,8% dari jumlah total sel darah merah</i>	<i>4 kantong per bulan</i>	<i>100%</i>
<i>Jumlah Leukosit</i>	<i>PRC Leukodepleted</i>	<i><1x 10⁶ per kantong</i>	<i>1% dari semua kantong minimal 10 per bulan</i>	<i>100%</i>

Kontaminasi Bakteri	PRC Leukodepleted	Tidak ada pertumbuhan bakteri	1% dari semua kantong	100%
---------------------	-------------------	-------------------------------	-----------------------	------

D. Pemanfaatan PRC Leukodepleted

Tabel 2 2- Pemanfaatan PRC Leukodepleted

Indikasi berdasarkan ruang perawatan medis	- Ruang Anak: ditempati oleh anak usia 0-17 tahun dengan penyakit tertentu, contoh <i>thalassemia</i>, <i>leukimia</i> dan <i>anemia</i> - Ruang ICU: biasanya ditempati oleh pasien yang kehilangan kesadaran pasca operasi besar, contohnya <i>bedah jantung</i> - Ruang IGD: pasien dengan <i>anemia</i> akut akibat kecelakaan atau perdarahan gastrointestinal aktif - Ruang Penyakit dalam: pasien dengan usia dewasa biasanya usia 18-60 tahun, dengan penyakit kanker, <i>autoimun</i>, dan <i>gagal ginjal</i>
Kontraindikasi	Resiko overload pada pasien: - Pasien dengan alergi akut atau riwayat reaksi anafilaktik - Anemia Kronik - Gagal Jantung tahap awal dan gagal ginjal.
Dosis pemberian berdasarkan usia dan berat badan pasien	- Pada anak : tranfusi massif 15-20 mL/kg BB, bergantung keadaan umum - Pada orang dewasa : 1 kantong prc (volume sekitar 250-300ml) tergantung deficit volume dan respon pasien - Perhitungan berdasarkan kebutuhan : Target peningkatan Hb ($Hb\text{ target} - Hb\text{ aktual}$) x berat badan (kg) x 3ml/kg per g/dL - Tidak lebih dari 4 satuan per hari
Jenis Kelamin	- Laki- laki: lebih sering membutuhkan PRC leukodepleted pada kondisi gastrointestinal (<i>ulkus peptic</i>/luka pada lambung yang kronis), dan <i>anemia kronis</i>. - Perempuan : pada wanita hamil, pasca persalinan, indikasi untuk pendarahan postpartum atau <i>anemia defisiensi besi</i> (gunakan PRC Rh negative untuk pasien yang memiliki Rh positif untuk menghindari <i>isoimmunisasi- D</i>)

<i>Golongan Darah</i>	• <i>PRC leukodepleted adalah sel darah merah yang telah melalui proses penghilangan leukosit, namun golongan darahnya masih ditentukan oleh antigen yang terdapat di permukaan sel darah merah</i> • <i>Pemberian PRC leukodepleted memerlukan kecocokan golongan darah donor dan penerima untuk mencegah reaksi hemolitik akut</i>
-----------------------	---

E. Reaksi Tranfusi

Reaksi transfusi dibagi menjadi dua yaitu imunologik dan non imunologik. Reaksi transfusi imunologik dibagi lagi menjadi reaksi cepat dan lambat. Reaksi imunologik cepat terdiri dari reaksi hemolitik imun, reaksi demam non-hemolisis, reaksi alergi, dan transfusion related acute lung injury (TRALI). Reaksi imunologik lambat terdiri dari reaksi hemolitik lambat, aloimunisasi dan transfusion associated graft versus host disease (GVHD). Reaksi alergi dan demam merupakan reaksi transfusi akut non-hemolisis yang paling sering terjadi. (Esmeralda & Chozie, 2016)

1. Reaksi Demam Non-Hemolitik (Febrile Non-Hemolytic Transfusion Reaction/FNHTR)

Reaksi Demam Non-Hemolitik (Febrile Non-Hemolytic Transfusion Reaction/FNHTR) merupakan salah satu jenis reaksi transfusi darah yang paling umum terjadi. Reaksi ini disebabkan oleh pelepasan sitokin dari sel leukosit (sel darah putih), baik yang terdapat dalam darah donor maupun yang terbentuk sebagai respons imun penerima. FNHTR ditandai dengan kenaikan suhu tubuh (demam), biasanya tanpa disertai hemolisis (kerusakan sel darah merah). (Wang et al., n.d.)

Reaksi ini umumnya disebabkan oleh respons imun penerima terhadap antigen leukosit dari donor, yang kemudian memicu pelepasan sitokin pro-inflamasi seperti IL-1, IL-6, dan TNF- α . Selain itu, sitokin juga dapat terakumulasi selama penyimpanan darah. Faktor risiko yang dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya FNHTR antara lain pasien dengan riwayat kehamilan multipel, transfusi sebelumnya, atau kondisi imun yang peka. Kejadian FNHTR diperkirakan sekitar 1–3% pada PRC tanpa leukodepleksi, tetapi dapat turun menjadi kurang dari 1% jika menggunakan PRC leukodepleted, karena proses ini mampu menghilangkan lebih dari 99% leukosit.(Wang et al., n.d.)

2. Alloimunisasi

Alloantibodi adalah antibodi yang terbentuk ketika tubuh manusia bereaksi terhadap antigen eritrosit yang bukan dari jenis ABO dan bukan berasal dari diri sendiri. Reaksi ini terjadi setelah seseorang terpapar antigen tersebut melalui kehamilan, transfusi darah, atau transplantasi organ, karena ada perbedaan genetik antara donor dan penerima. Proses pembentukan alloantibodi ini memiliki dampak penting dalam dunia kedokteran transfusi, terutama bagi pasien yang membutuhkan transfusi darah secara berulang.(Gehrie and Tormey, 2014.)

Refraktori trombosit yang meningkat sebagai akibat dari aloimunisasi HLA merupakan komplikasi serius dalam terapi transfusi. Meskipun transfusi efektif dalam mencegah morbiditas penyakit sel sabit, penggunaannya menjadi sulit karena tingginya insiden aloimunisasi eritrosit serta komplikasi terkait

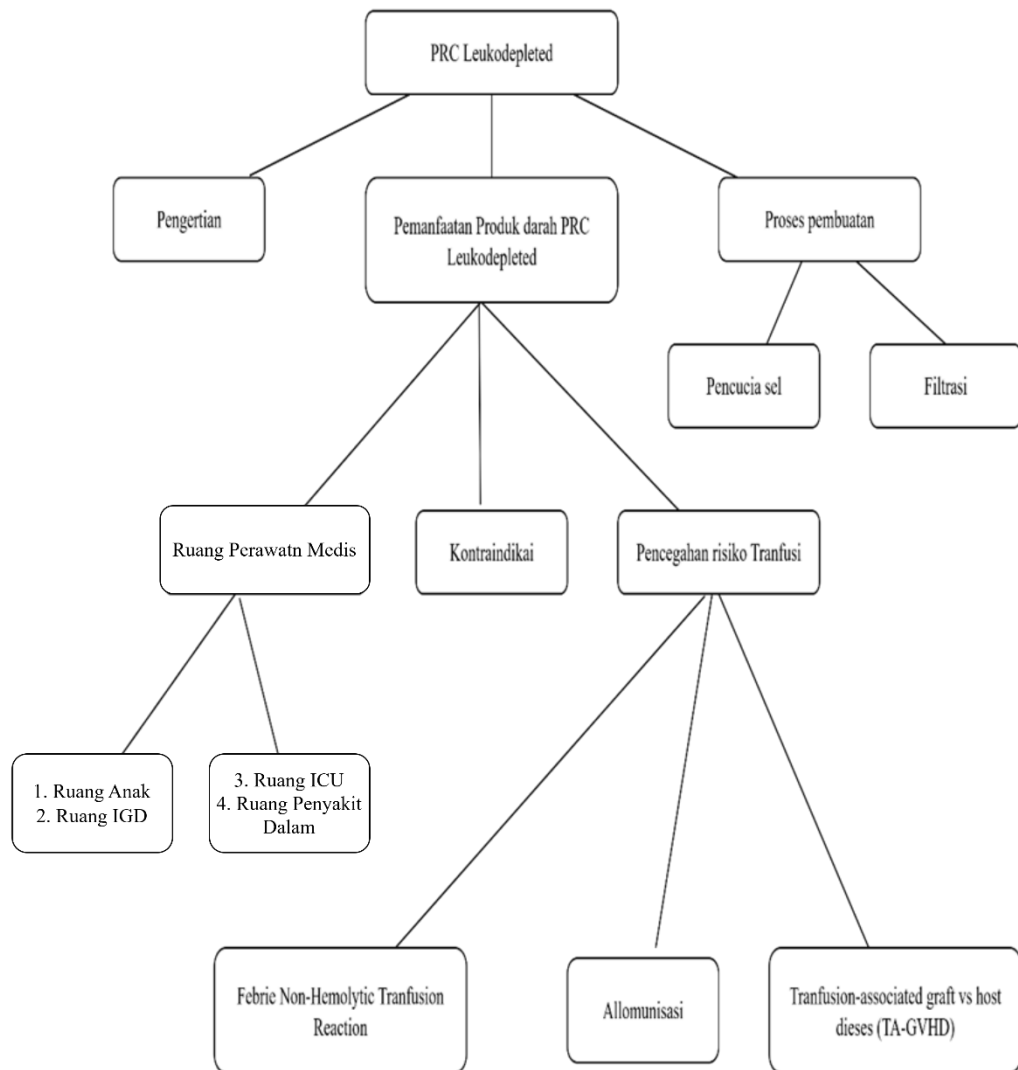
transfusi. Risiko aloimunisasi meningkat seiring dengan pajanan eritrosit, sehingga 60% pasien dewasa yang menerima transfusi kronis mengalami aloimunisasi. Lebih lanjut, lebih dari separuh pasien ini memiliki antibodi terhadap lebih dari satu antigen, yang membuat sulit mendapatkan darah yang kompatibel, serta menyebabkan DHTR dan kejadian yang bisa mengancam nyawa. Data awal menunjukkan bahwa aloimunisasi juga meningkatkan laju pembentukan autoantibodi eritrosit pada penyakit sel sabit (SCD). Mekanisme dasar peningkatan kejadian aloimunisasi pada pasien ini mungkin multifaktorial, namun ketidaksesuaian fenotipik antara darah donor dan penerima merupakan faktor utama.(Andika & Puspitasi 2020.)

3. TA-GVHD (Transfusion-Associated Graft-versus-Host Disease)

TA-GVHD (Transfusion-Associated Graft-versus-Host Disease) adalah reaksi transfusi yang sangat serius dan seringkali fatal, yang biasanya muncul antara 4 hingga 30 hari setelah transfusi darah. Reaksi ini terjadi ketika sel imun (limfosit T) dari donor menyerang jaringan tubuh penerima, karena tubuh penerima tidak mampu melawan balik, terutama jika sistem imunnya lemah. Gejala utama meliputi demam, ruam kulit, diare, dan pansitopenia (penurunan seluruh jenis sel darah). Kondisi ini memiliki angka kematian yang sangat tinggi, yaitu sekitar 90% hingga 100%. Diagnosis ditegakkan melalui kombinasi temuan klinis, biopsi jaringan untuk melihat kerusakan khas, serta pembuktian adanya chimerism, yaitu keberadaan sel darah putih donor yang aktif dalam tubuh penerima.

Pasien yang menjalani imunosupresi berat, seperti pasien yang menerima kemoterapi antikanker intensif, berisiko mengalami engraftment (peningkatan jumlah sel darah putih) dan GVHD yang tidak disengaja ketika menerima transfusi darah yang mengandung komponen seluler. kondisi ini disebut TA-GVHD. Untuk mencegah komplikasi tersebut, darah harus diradiasi sebelum diberikan kepada pasien, meskipun dosis radiasi minimum yang diperlukan belum jelas. GVHD biasanya terjadi karena adanya limfosit yang aktif secara imun dari sumsum tulang yang ditransplantasikan ke pasien yang sistem imunnya berubah. Namun, bahkan jumlah limfosit yang kecil dalam darah atau transfusi komponen darah bisa membagi diri sendiri dan menyebabkan GVHD pada penerima yang sedang imunosupresi. Untuk mencegahnya, semua produk darah yang akan diberikan kepada pasien tersebut harus diproses dengan radiasi.(Andika & Puspitasi 2020.)

F. Kerangka Teori



Gambar 1-Kerangka Teori