

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kondisi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Unit Transfusi Darah (UTD) RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar. Rumah Sakit Umum Pusat Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar merupakan rumah sakit rujukan tingkat tersier di Provinsi Bali yang memberikan pelayanan kesehatan komprehensif meliputi upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif, serta didukung oleh tenaga kesehatan profesional seperti dokter spesialis, dokter umum, perawat, dan tenaga teknologi laboratorium medik.

Pelayanan transfusi darah di rumah sakit ini dilaksanakan melalui Unit Transfusi Darah (UTD), yang merupakan unit pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan mulai dari perencanaan, pengerahan, dan pelestarian pendonor darah, hingga penyediaan, pengolahan, pendistribusian darah, serta tindakan medis pemberian darah kepada pasien sebagai bagian dari upaya penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan. UTD RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah secara resmi diresmikan pada tanggal 21 Desember 2020 dan mulai beroperasi secara efektif pada awal Januari 2021, sebagai pengembangan dari Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) yang sebelumnya telah beroperasi sejak tahun 2017 (Profil Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025).

Unit transfusi darah didukung oleh sumber daya manusia yang terdiri dari dokter spesialis patologi klinik, tenaga Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM), tenaga administrasi, serta tenaga pendukung lainnya. Pelayanan di UTD

berlangsung secara terstruktur selama 24 jam, sehingga mampu memenuhi kebutuhan transfusi darah secara berkesinambungan, termasuk pada pasien dengan kondisi kronis seperti thalasemia beta mayor (Profil Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025).

Dalam mendukung kualitas pelayanan, UTD RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah telah menerapkan sistem manajemen mutu yang terdokumentasi dalam manual mutu unit transfusi darah. Sistem ini bertujuan untuk menjamin bahwa seluruh proses pelayanan, mulai dari pengambilan darah donor, pengolahan, uji saring, hingga distribusi produk darah, dilakukan secara konsisten sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku (Profil Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025).

Dalam konteks pelayanan klinis, pasien dengan thalasemia beta mayor merupakan salah satu kelompok pasien yang membutuhkan transfusi darah secara rutin, khususnya transfusi *Packed Red Cells* (PRC). Tata laksana pasien dilakukan secara komprehensif melalui pemberian transfusi PRC berkala, pemantauan kadar hemoglobin, pemeriksaan feritin serum, pemantauan fungsi hati melalui pemeriksaan SGOT dan SGPT, pemantauan komplikasi akibat *iron overload*, serta pemberian terapi kelasi besi sesuai kondisi klinis pasien. Tata laksana tersebut mengacu pada Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran (PNPK) Tata Laksana Thalasemia. Frekuensi transfusi yang tinggi pada pasien ini berpotensi menyebabkan penumpukan zat besi dalam tubuh yang dapat tercermin melalui peningkatan kadar feritin serta memengaruhi fungsi organ, termasuk hati yang ditandai dengan perubahan enzim transaminase. Oleh karena itu, pemeriksaan parameter laboratorium seperti kadar feritin dan enzim transaminase menjadi sangat

penting dalam pemantauan kondisi klinis pasien (Profil Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025).

Dengan tingginya jumlah pasien yang memerlukan transfusi darah berulang serta tersedianya fasilitas dan sistem pelayanan yang memadai, UTD RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah merupakan lokasi yang representatif untuk melakukan penelitian mengenai hubungan frekuensi transfusi Packed Red Cells dengan kadar feritin dan enzim transaminase pada anak dengan thalasemia beta mayor. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai dampak transfusi berulang terhadap kondisi biokimia pasien, serta menjadi pertimbangan dalam upaya meningkatkan kualitas pelayanan transfusi darah dan pemantauan klinis pasien secara berkelanjutan.

2. Karakteristik Responden

a. Karakteristik responden thalasemia beta mayor berdasarkan usia

Data karakteristik disajikan dalam bentuk rerata, nilai minimum dan nilai maksimum untuk memberikan gambaran umum mengenai profil partisipan yang terlibat dalam penelitian. Penyajian data ini bertujuan untuk mengetahui sebaran responden menurut variabel demografis dan klinis yang berpotensi berhubungan dengan hasil pemeriksaan Feritin, SGOT dan SGPT. Hasil analisis deskriptif diketahui karakteristik responden anak dengan thalasemia beta mayor menunjukkan bahwa rata-rata usia responden adalah 10 tahun dengan standar deviasi sebesar 4,9 tahun. Usia termuda responden adalah 1 tahun dan usia tertua 18 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada rentang usia anak hingga remaja, yang merupakan kelompok usia yang umumnya membutuhkan transfusi darah rutin dalam penatalaksanaan thalasemia beta mayor.

b. Karakteristik responden thalasemia beta mayor berdasarkan jenis kelamin

Data karakteristik jenis kelamin disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase. Hasil analisis karakteristik usia responden disajikan secara rinci pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3
Karakteristik Responden Thalasemia Beta Mayor Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi (<i>f</i>)	Persentase (%)
Laki-laki	29	51,8
Perempuan	27	48,2
Total	56	100

Sumber: Data Pasien Thalasemia Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025

Berdasarkan Tabel 3, distribusi responden berdasarkan jenis kelamin menunjukkan bahwa sebagian besar responden berjenis kelamin laki-laki yaitu sebanyak 29 orang (51,8%).

3. Frekuensi Transfusi PRC Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Frekuensi transfusi PRC pada pasien anak Thalasemia Beta Mayor disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase. Distribusi frekuensi transfusi PRC responden disajikan secara rinci pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4
Frekuensi Transfusi PRC Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Frekuensi Transfusi PRC	Frekuensi (<i>f</i>)	Persentase (%)
Dua minggu sekali	27	48,2
Tiga minggu sekali	8	14,3
Empat minggu sekali	21	37,5
Total	56	100

Sumber: Data Pasien Thalasemia Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025

Berdasarkan Tabel 4, frekuensi transfusi *Packed Red Cells* (PRC) pada pasien anak thalasemia beta mayor paling banyak adalah dua minggu sekali sebanyak 27 responden (48,2%).

4. Kadar Feritin Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Hasil pemeriksaan kadar feritin pada pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk statistik deskriptif berupa distribusi frekuensi dan persentase. Hasil analisis deskriptif dirangkum pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5
Hasil Pemeriksaan Kadar Feritin Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Kadar Feritin	Frekuensi (<i>f</i>)	Persentase (%)
Tinggi: > 1.000 ng/mL	51	91,1
Normal: ≤ 1.000 ng/mL	5	8,9
Total	56	100

Sumber: Data Hasil Pemeriksaan Feritin Pasien Thalasemia Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025

Berdasarkan Tabel 5, sebagian besar responden memiliki kadar feritin tinggi (>1.000 ng/mL) yaitu sebanyak 51 orang (91,1%).

5. Kadar Enzim Transaminase Meliputi SGOT Dan SGPT Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

a. Hasil pemeriksaan SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar

Hasil pemeriksaan SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak dalam penelitian ini dirangkum pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6
Hasil Pemeriksaan Kadar SGOT Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Kadar SGOT	Frekuensi (<i>f</i>)	Persentase (%)
Tinggi: > 34 U/L	26	46,4
Normal: ≤ 34 U/L	30	53,6
Total	56	100

Sumber: Data Hasil Pemeriksaan SGOT Pasien Thalasemia Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025

Berdasarkan Tabel 6, sebagian besar responden memiliki kadar SGOT dalam kategori normal (≤ 34 U/L) yaitu sebanyak 30 orang (53,6%).

b. Hasil pemeriksaan SGPT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar

Hasil pemeriksaan SGPT pada pasien thalasemia beta mayor anak dalam penelitian ini dirangkum pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7
Hasil Pemeriksaan Kadar SGPT Pada Pasien Anak Thalasemia Beta Mayor

Kadar SGPT	Frekuensi (<i>f</i>)	Persentase (%)
Tinggi: > 55 U/L	6	10,7
Normal: ≤ 55 U/L	50	89,3
Total	56	100

Sumber: Data Hasil Pemeriksaan SGPT Pasien Thalasemia Unit Transfusi Darah RSUP Prof. Ngoerah, 2025

Berdasarkan Tabel 7, mayoritas responden memiliki kadar SGPT dalam kategori normal (≤ 55 U/L) yaitu sebanyak 50 orang (89,3%).

6. Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC Dengan Kadar Feritin Serum

Analisis hubungan antara frekuensi transfusi Packed Red Cells (PRC) dengan kadar feritin serum, SGOT, dan SGPT pada pasien anak dengan thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar dilakukan menggunakan uji statistik dengan bantuan perangkat lunak komputer. Analisis data menggunakan uji korelasi *Spearman Rank* karena data berskala ordinal dan tidak berdistribusi normal. Pengujian dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hubungan antarvariabel dinyatakan bermakna secara statistik apabila diperoleh nilai $p < 0,05$. Hasil analisis hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar feritin serum, SGOT, dan SGPT disajikan sebagai berikut.

Tabel 8
Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC
Dengan Kadar Feritin Serum

Frekuensi Transfusi PRC	Kadar Feritin Serum				Total		<i>P Value</i>	Koefisien Korelasi
	Tinggi		Normal					
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%		
Dua minggu sekali	27	100	0	0	27	100	0,020	0,310
Tiga minggu sekali	7	87,5	1	12,5	8	100		
Empat minggu sekali	17	80,9	4	19,1	21	100		

Berdasarkan Tabel 8, hasil analisis korelasi menggunakan uji *Spearman Rank* menghasilkan nilai p sebesar 0,020 ($p < 0,05$) dan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,310. Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan hubungan yang lemah antara frekuensi transfusi PRC dan kadar feritin serum pada pasien anak thalasemia beta mayor. Dengan demikian, semakin tinggi frekuensi transfusi PRC, semakin tinggi pula kecenderungan kadar feritin serum pada pasien.

7. Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC Dengan Kadar SGOT

Hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGOT pada penelitian ini dianalisis menggunakan uji statistik dengan bantuan perangkat lunak komputer. Uji yang digunakan adalah uji statistik non parametrik *Spearman Rank*, dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini

Tabel 9
Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC Dengan Kadar SGOT

Frekuensi Transfusi PRC	Kadar SGOT				Total		<i>P Value</i>	Koefisien Korelasi
	Tinggi		No <u>mal</u>					
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%		
Dua minggu sekali	15	55,6	12	44,4	27	100	0,335	0,131
Tiga minggu sekali	2	25	6	75	8	100		
Empat minggu sekali	9	42,9	12	57,1	21	100		

Berdasarkan Tabel 9, hasil analisis uji *Spearman Rank* menunjukkan nilai p sebesar 0,335 ($p > 0,05$) dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,131. Nilai p tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGOT pada pasien anak thalasemia beta mayor. Nilai koefisien korelasi menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan hubungan yang sangat lemah. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa variasi frekuensi transfusi PRC tidak disertai dengan perubahan kadar SGOT yang bermakna pada pasien anak thalasemia beta mayor.

8. Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC Dengan Kadar SGPT

Hasil analisis hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGPT pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10
Analisis Hubungan Antara Frekuensi Transfusi PRC Dengan Kadar SGPT

Frekuensi Transfusi PRC	Kadar SGPT				Total		<i>P Value</i>	Koefisien Korelasi
	Tinggi		Normal					
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%		
Dua minggu sekali	6	22,2	21	77,8	27	100	0,010	0,341
Tiga minggu sekali	0	0	8	100	8	100		
Empat minggu sekali	0	0	21	100	21	100		

Berdasarkan Tabel 10, hasil analisis uji *Spearman Rank* menunjukkan nilai p sebesar 0,010 ($p < 0,05$) dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,34. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGPT pada pasien anak thalasemia beta mayor. Nilai koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan positif dengan kekuatan hubungan yang lemah, yang mengindikasikan bahwa peningkatan frekuensi transfusi PRC diikuti oleh kecenderungan peningkatan kadar SGPT pada populasi penelitian.

B. Pembahasan

Berdasarkan Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran (PNPK) Tata Laksana Thalasemia Kemenkes RI yang menjadi acuan nasional dan diterapkan di rumah sakit rujukan tersier, termasuk RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah, pasien thalasemia beta mayor menjalani tata laksana komprehensif berupa transfusi PRC rutin, pemantauan laboratorium berkala, dan terapi kelasi besi untuk mencegah komplikasi akibat kelebihan besi. Sebelum memulai program transfusi rutin, pasien dievaluasi melalui pemeriksaan profil besi yang meliputi feritin serum, serum iron (SI), dan total iron binding capacity (TIBC), pemeriksaan fungsi hati berupa SGOT, SGPT, albumin, bilirubin, PT, dan APTT, pemeriksaan fungsi ginjal berupa ureum dan kreatinin, pemeriksaan golongan darah ABO dan rhesus, serta skrining penyakit infeksi yang dapat ditularkan melalui transfusi seperti HBsAg, anti-HCV, dan anti-HIV. Pemeriksaan tersebut bertujuan untuk menilai kondisi dasar pasien, mendeteksi komplikasi yang telah terjadi, serta menjadi acuan dalam pemantauan jangka panjang selama menjalani transfusi berulang (Kemenkes RI, 2018).

Pada setiap kunjungan transfusi, pasien menjalani pemeriksaan kadar hemoglobin pratreansfusi untuk menentukan kebutuhan dan volume PRC yang akan diberikan. Pedoman nasional merekomendasikan penggunaan packed red cells leukodepleted dengan kecocokan ABO dan rhesus untuk menurunkan risiko alloimunisasi dan reaksi transfusi. Target terapi transfusi adalah mempertahankan kadar hemoglobin pratreansfusi sekitar 9–10 g/dL sehingga eritropoiesis tidak efektif dapat ditekan, pertumbuhan anak tetap optimal, serta komplikasi akibat anemia kronis dapat dicegah (Kemenkes RI, 2018).

Praktik ini sejalan dengan rekomendasi internasional bahwa transfusi reguler merupakan terapi utama pada transfusion-dependent thalassemia untuk mempertahankan kualitas hidup dan mencegah deformitas tulang maupun komplikasi kardiovaskular akibat anemia kronis. Selama proses transfusi, pasien juga dipantau terhadap kemungkinan terjadinya reaksi transfusi akut maupun tanda kelebihan cairan, terutama pada pasien dengan kadar hemoglobin sangat rendah atau memiliki gangguan fungsi jantung (Taher et al., 2021).

Pasien thalasemia beta mayor juga mendapatkan terapi kelasi besi sebagai komponen penting dalam penatalaksanaan jangka panjang. Terapi ini umumnya diberikan setelah pasien menerima transfusi berulang dan mulai menunjukkan peningkatan cadangan besi tubuh yang ditandai dengan peningkatan kadar feritin serum. Obat kelasi besi yang digunakan dapat berupa deferasirox, deferiprone, atau deferoxamine sesuai kondisi klinis pasien dan kebijakan pelayanan rumah sakit. Pemantauan kadar feritin serum, fungsi hati, dan fungsi ginjal dilakukan secara berkala untuk menilai efektivitas terapi serta mendeteksi efek samping pengobatan. Tata laksana yang terintegrasi antara transfusi PRC, terapi kelasi besi, dan monitoring laboratorium berkala sangat penting karena setiap kantong PRC mengandung sekitar 200–250 mg besi yang akan terakumulasi di dalam tubuh apabila tidak dikeluarkan melalui terapi kelasi besi (Porter, 2025). Oleh karena itu, evaluasi frekuensi transfusi, kadar feritin, dan parameter fungsi hati seperti enzim transaminase menjadi bagian penting dalam pemantauan pasien thalasemia beta mayor yang menjalani transfusi seumur hidup.

1. Karakteristik responden berdasarkan usia dan jenis kelamin di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, rerata usia responden thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar adalah 10 tahun dengan standar deviasi 4,9 tahun, usia termuda 1 tahun, dan usia tertua 18 tahun, sehingga responden dalam penelitian ini menggambarkan kelompok anak hingga remaja. Kelompok usia tersebut memiliki makna klinis karena thalasemia beta mayor merupakan penyakit kronis hereditas yang umumnya membutuhkan transfusi darah rutin sejak usia dini untuk mempertahankan kadar hemoglobin dan mencegah komplikasi anemia berat (Farmakis *et al.*, 2022). Rerata usia 10 tahun menunjukkan bahwa sebagian besar responden kemungkinan telah menjalani perjalanan penyakit dan terapi transfusi dalam jangka waktu cukup panjang (Wahidiaty *et al.*, 2018). Kondisi tersebut penting karena transfusi berulang dapat menyebabkan akumulasi besi yang berdampak terhadap peningkatan feritin serum dan gangguan fungsi organ, terutama hati (Fianza *et al.*, 2021).

Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin menunjukkan bahwa responden laki-laki berjumlah 29 orang atau 51,8%, sedangkan responden perempuan berjumlah 27 orang atau 48,2%, sehingga komposisi jenis kelamin dalam penelitian ini relatif seimbang. Hasil ini perlu ditafsirkan secara hati-hati karena thalasemia beta mayor merupakan kelainan genetik autosomal resesif yang secara teoritis dapat terjadi pada laki-laki maupun perempuan dengan peluang yang relatif sama (Cao dan Galanello, 2016). Dominasi laki-laki yang kecil dalam penelitian ini lebih mungkin menggambarkan variasi jumlah sampel atau pola kunjungan pasien dibandingkan perbedaan risiko biologis berdasarkan jenis kelamin (Mehta *et al.*, 2025). Oleh karena itu, jenis kelamin dalam penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai karakteristik dasar responden, bukan sebagai faktor

utama yang menentukan kejadian thalasemia beta mayor. Komposisi laki-laki dan perempuan yang hampir seimbang juga menunjukkan bahwa evaluasi klinis dan laboratoris pada pasien thalasemia beta mayor perlu dilakukan secara setara pada kedua kelompok jenis kelamin (Farmakis *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini sesuai dengan konsep dasar bahwa thalasemia beta mayor merupakan kelainan sintesis hemoglobin yang menyebabkan anemia berat dan membutuhkan transfusi darah rutin sejak masa anak (Cao dan Galanello, 2016). Transfusi darah berulang berperan penting dalam mempertahankan kondisi klinis pasien, tetapi terapi tersebut juga menjadi sumber utama akumulasi besi pada pasien thalasemia *transfusion-dependent* (Farmakis *et al.*, 2022). Akumulasi besi yang berlangsung lama dapat menyebabkan peningkatan kadar feritin serum dan deposisi besi pada berbagai organ, terutama hati sebagai organ utama penyimpanan besi (Fianza *et al.*, 2021). Karena responden penelitian ini berada pada rentang usia 1–18 tahun, kelompok tersebut merupakan kelompok yang penting untuk pemantauan komplikasi akibat transfusi kronik (Wahidayat dkk., 2018). Hal ini menjelaskan mengapa pemeriksaan feritin, SGOT, dan SGPT menjadi relevan dalam penelitian yang melibatkan anak dengan thalasemia beta mayor (Ayulinda dkk., 2021).

Secara teoritis, usia yang lebih tinggi pada pasien thalasemia beta mayor dapat berkaitan dengan durasi transfusi yang lebih lama dan risiko iron overload yang lebih besar (Mehta *et al.*, 2025). Penelitian Mehta *et al* (2025) menunjukkan bahwa derajat kelebihan besi hati pada pasien thalasemia *transfusion-dependent* anak berhubungan dengan usia, jumlah transfusi, dan durasi transfuse. Temuan tersebut mendukung interpretasi bahwa rerata usia 10 tahun pada penelitian ini dapat menggambarkan kelompok pasien yang telah memiliki risiko akumulasi besi

akibat transfusi berulang. Kondisi ini juga sesuai dengan penelitian Rabadiya *et al* (2025) yang menemukan hubungan positif antara tren feritin dengan peningkatan enzim hati pada pasien thalasemia beta mayor usia 1–18 tahun. Oleh karena itu, usia responden menjadi variabel penting dalam memahami potensi perubahan kadar feritin, SGOT, dan SGPT pada pasien thalasemia beta mayor.

Feritin merupakan parameter laboratoris yang sering digunakan untuk menilai cadangan besi tubuh pada pasien thalasemia karena pemeriksaannya relatif mudah dilakukan dan bermanfaat untuk pemantauan berkala, namun feritin bukan penanda yang sepenuhnya spesifik karena kadarnya dapat dipengaruhi oleh inflamasi, infeksi, dan gangguan fungsi hati (Wahidayat dkk., 2017). Oleh sebab itu, pemeriksaan feritin perlu ditafsirkan bersama parameter fungsi hati seperti SGOT dan SGPT agar gambaran dampak iron *overload* terhadap hepatosit menjadi lebih komprehensif (Ayulinda dkk., 2021). Penelitian Ayulinda dkk (2022) menunjukkan adanya korelasi positif bermakna antara peningkatan feritin dengan SGOT dan SGPT pada anak thalasemia beta mayor. Temuan tersebut memperkuat dasar teoritis bahwa peningkatan feritin pada pasien thalasemia beta mayor dapat berkaitan dengan risiko gangguan fungsi hati.

Hasil jenis kelamin pada penelitian ini juga sesuai dengan teori genetik thalasemia beta mayor sebagai penyakit autosomal resesif (Cao dan Galanello, 2016). Pada penyakit autosomal resesif, laki-laki dan perempuan memiliki peluang yang relatif sama untuk mengalami penyakit apabila mewarisi varian genetik patologis dari kedua orang tua pembawa sifat. Oleh karena itu, perbedaan kecil antara jumlah laki-laki dan perempuan dalam penelitian ini tidak menunjukkan adanya kecenderungan penyakit pada salah satu jenis kelamin (Farmakis *et al.*,

2022). Dengan demikian, hasil distribusi jenis kelamin dalam penelitian ini dapat dikatakan sesuai dengan teori dan penelitian terdahulu.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu di Indonesia, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ayulinda dkk (2022) di RSUD dr. Zainoel Abidin Banda Aceh yang melibatkan anak thalasemia beta mayor usia 1 sampai kurang dari 18 tahun. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama melibatkan kelompok anak dan remaja serta sama-sama relevan dengan pemeriksaan feritin, SGOT, dan SGPT. Perbedaannya adalah penelitian Ayulinda dkk (2022) menganalisis hubungan feritin dengan SGOT, SGPT, dan albumin, sedangkan penelitian ini pada bagian karakteristik lebih menekankan gambaran usia dan jenis kelamin responden. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa data karakteristik dalam penelitian ini dapat menjadi dasar untuk analisis hubungan antarparameter laboratorium pada bagian berikutnya. Penelitian Sari dkk (2024) di Palembang juga sejalan dengan penelitian ini karena melibatkan anak thalasemia beta mayor usia 2–18 tahun. Persamaan kedua penelitian adalah sama-sama menempatkan pasien anak dan remaja sebagai populasi utama yang berisiko mengalami *iron overload* akibat transfusi berulang.

2. Frekuensi transfusi PRC pada pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, frekuensi transfusi Packed Red Cells atau PRC pada pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar paling banyak dilakukan dua minggu sekali, yaitu sebanyak 27 responden atau 48,2%. Frekuensi transfusi empat minggu sekali ditemukan pada 21 responden atau 37,5%, sedangkan frekuensi transfusi tiga minggu sekali merupakan kelompok

paling sedikit, yaitu 8 responden atau 14,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien anak thalasemia beta mayor dalam penelitian ini membutuhkan transfusi PRC secara rutin dengan interval yang relatif pendek. Dominasi transfusi dua minggu sekali menggambarkan bahwa kebutuhan eritrosit pada sebagian besar pasien cukup tinggi untuk mempertahankan kondisi hematologis yang stabil. Pola tersebut menjadi penting karena transfusi rutin merupakan terapi utama pada thalasemia beta mayor untuk mempertahankan kadar hemoglobin, mencegah gejala anemia berat, dan menekan eritropoiesis tidak efektif (Farmakis *et al.*, 2022).

Frekuensi transfusi dua minggu sekali pada hampir setengah responden menunjukkan bahwa pasien dalam penelitian ini kemungkinan memiliki penurunan hemoglobin yang relatif cepat sebelum jadwal transfusi berikutnya. Pada thalasemia beta mayor, anemia terjadi akibat gangguan sintesis rantai beta globin yang menyebabkan produksi hemoglobin tidak adekuat dan eritropoiesis tidak efektif (Cao dan Galanello, 2016). Kondisi tersebut menyebabkan pasien memerlukan transfusi PRC berulang untuk menggantikan massa eritrosit yang tidak mampu diproduksi secara efektif oleh tubuh (Farmakis *et al.*, 2022). Interval transfusi yang lebih pendek dapat dipilih untuk menjaga kadar hemoglobin pratransfusi tetap berada pada rentang yang mendukung pertumbuhan, aktivitas harian, dan pencegahan komplikasi anemia kronis (Lal *et al.*, 2021). Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi transfusi PRC merupakan indikator penting yang mencerminkan kebutuhan klinis dan derajat ketergantungan pasien terhadap terapi transfusi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori tata laksana thalasemia beta mayor yang menempatkan transfusi darah merah sebagai komponen utama perawatan pasien transfusion-dependent thalassemia. Pedoman *Thalassaemia International Federation* menjelaskan bahwa pasien thalasemia *transfusion-dependent* memerlukan transfusi teratur seumur hidup untuk mempertahankan kadar hemoglobin dan mencegah komplikasi akibat anemia kronis (Farmakis *et al.*, 2022). Jadwal transfusi biasanya disesuaikan dengan kadar hemoglobin pratreansfusi, berat badan, kondisi klinis, pembesaran limpa, dan respons pasien terhadap transfusi sebelumnya (Lal *et al.*, 2021). Hal tersebut menjelaskan mengapa dalam penelitian ini terdapat variasi interval transfusi dua minggu sekali, tiga minggu sekali, dan empat minggu sekali. Variasi tersebut tidak menunjukkan ketidakteraturan terapi, tetapi menggambarkan individualisasi kebutuhan transfusi pada pasien anak thalasemia beta mayor.

Secara teoritis, transfusi PRC yang dilakukan secara teratur bertujuan untuk memperbaiki anemia dan menekan eritropoiesis tidak efektif yang menjadi dasar patofisiologi thalasemia beta mayor. Jika interval transfusi terlalu panjang, kadar hemoglobin dapat menurun lebih jauh dan memicu peningkatan aktivitas sumsum tulang, splenomegali, kelelahan, gangguan pertumbuhan, dan penurunan kualitas hidup (Farmakis *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pasien yang membutuhkan transfusi dua minggu sekali kemungkinan merupakan kelompok yang memerlukan kontrol anemia lebih ketat. Sebaliknya, pasien yang menjalani transfusi empat minggu sekali mungkin memiliki kondisi klinis lebih stabil, penurunan hemoglobin lebih lambat, atau strategi pemberian volume PRC yang berbeda.

Frekuensi transfusi PRC yang lebih sering juga memiliki konsekuensi klinis penting karena setiap transfusi menambah beban besi dalam tubuh. Pasien thalasemia yang bergantung pada transfusi berisiko mengalami iron overload karena tubuh manusia tidak memiliki mekanisme fisiologis yang efektif untuk membuang kelebihan besi dalam jumlah besar (Fiaza *et al.*, 2021). Akumulasi besi akibat transfusi berulang terutama dapat terjadi pada hati, jantung, dan organ endokrin (Farmakis *et al.*, 2022). Oleh karena itu, kelompok pasien yang menjalani transfusi dua minggu sekali perlu mendapat perhatian lebih besar terhadap risiko peningkatan feritin dan gangguan fungsi hati. Hubungan ini relevan dengan pemeriksaan feritin, SGOT, dan SGPT karena hati merupakan organ utama penyimpanan besi dan salah satu organ yang rentan mengalami kerusakan akibat deposisi besi (Ayulinda dkk., 2021).

Frekuensi transfusi PRC merupakan variabel klinis yang sangat penting dalam interpretasi hasil feritin, SGOT, dan SGPT. Feritin serum sering digunakan sebagai penanda tidak langsung cadangan besi tubuh pada pasien thalasemia yang menerima transfusi rutin (Farmakis *et al.*, 2022). Semakin sering pasien menerima transfusi, semakin besar kemungkinan terjadinya peningkatan cadangan besi apabila terapi kelasi tidak adekuat (Fiaza *et al.*, 2021).

Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa pasien dengan interval transfusi empat minggu sekali tetap merupakan kelompok yang perlu diperhatikan. Interval transfusi yang lebih panjang tidak selalu berarti risiko komplikasi lebih rendah, karena volume PRC yang diberikan pada setiap sesi transfusi dapat lebih besar untuk mencapai target hemoglobin yang sama (Lal *et al.*, 2021). Dengan demikian, beban besi pasien tidak hanya dipengaruhi oleh frekuensi transfusi, tetapi

juga oleh jumlah unit PRC, volume darah yang diberikan, kadar hemoglobin pratransfusi, berat badan, dan durasi transfusi selama hidup. Oleh karena itu, interpretasi frekuensi transfusi dalam penelitian ini sebaiknya tidak dilepaskan dari data klinis lain yang berhubungan dengan total paparan transfusional. Pendekatan tersebut penting agar pemantauan laboratorium tidak hanya melihat jadwal transfusi, tetapi juga memperhitungkan akumulasi transfusi secara kumulatif.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini sejalan dengan systematic literature review oleh Betts *et al* (2020). yang melaporkan bahwa sebagian besar pasien *transfusion-dependent beta-thalassemia* menjalani transfusi rutin dengan interval sekitar dua sampai empat minggu. Persamaannya adalah interval transfusi pada penelitian ini juga berada pada rentang dua sampai empat minggu. Dengan demikian, pola transfusi PRC pada pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar masih sesuai dengan pola umum transfusi pada thalasemia beta mayor secara internasional.

3. Kadar feritin pada pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar pasien anak thalasemia beta mayor di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar memiliki kadar feritin tinggi, yaitu >1.000 ng/mL sebanyak 51 responden atau 91,1%. Hanya 5 responden atau 8,9% yang memiliki kadar feritin ≤ 1.000 ng/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas pasien anak thalasemia beta mayor dalam penelitian ini telah mengalami peningkatan cadangan besi tubuh. Tingginya proporsi pasien dengan feritin >1.000 ng/mL memiliki makna klinis penting karena kadar feritin yang meningkat pada pasien thalasemia transfusion-dependent umumnya berkaitan dengan akumulasi

besi akibat transfusi darah berulang (Farmakis *et al.*, 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa pemeriksaan feritin memiliki peran penting sebagai indikator awal untuk menilai risiko *iron overload* pada pasien anak thalasemia beta mayor. Kondisi ini juga menjadi perhatian karena kelebihan besi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan organ, terutama hati, jantung, dan kelenjar endokrin (Fiaza *et al.*, 2021).

Secara interpretatif, tingginya kadar feritin pada 91,1% responden menggambarkan bahwa sebagian besar pasien telah memiliki beban besi yang melampaui batas aman pemantauan klinis. Pada pasien thalasemia beta mayor, transfusi PRC diberikan secara rutin untuk mempertahankan kadar hemoglobin, tetapi setiap transfusi juga membawa tambahan besi yang akan terakumulasi dalam tubuh (Farmakis *et al.*, 2022). Tubuh manusia tidak memiliki mekanisme ekskresi besi aktif dalam jumlah besar, sehingga besi dari transfusi berulang dapat menumpuk secara progresif. Akumulasi tersebut menyebabkan peningkatan kadar feritin serum sebagai gambaran tidak langsung dari cadangan besi tubuh (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022). Dengan demikian, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa sebagian besar responden memerlukan pemantauan besi yang ketat dan evaluasi efektivitas terapi kelasi besi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori dasar thalasemia beta mayor sebagai penyakit *transfusion-dependent* yang membutuhkan transfusi darah merah secara teratur sepanjang hidup. Transfusi rutin bertujuan memperbaiki anemia, menekan eritropoiesis tidak efektif, mempertahankan pertumbuhan, dan mencegah komplikasi akibat anemia kronis (Farmakis *et al.*, 2022). Namun, transfusi berulang menyebabkan beban besi meningkat karena setiap unit darah merah mengandung

besi dalam jumlah yang bermakna (Fiaza *et al.*, 2021). Keadaan ini menjelaskan mengapa mayoritas pasien dalam penelitian ini memiliki kadar feritin >1.000 ng/mL. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak bertentangan dengan teori, tetapi justru memperkuat konsep bahwa pasien thalasemia beta mayor yang mendapat transfusi rutin sangat berisiko mengalami *iron overload*.

Secara teoritis, feritin serum merupakan parameter laboratorium yang banyak digunakan untuk memantau cadangan besi pada pasien thalasemia karena pemeriksaannya relatif mudah, tersedia luas, dan dapat digunakan secara serial. Pedoman *Thalassaemia International Federation* menempatkan pemantauan besi sebagai bagian penting dari tata laksana pasien thalasemia *transfusion-dependent* (Farmakis *et al.*, 2022). Kadar feritin >1.000 ng/mL sering digunakan sebagai batas yang menunjukkan perlunya perhatian terhadap risiko kelebihan besi dan kebutuhan evaluasi terapi kelasi. Walaupun demikian, feritin bukan penanda yang sepenuhnya spesifik karena nilainya dapat dipengaruhi oleh inflamasi, infeksi, hepatitis, dan kerusakan jaringan (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022).

Kadar feritin yang tinggi pada mayoritas responden juga sesuai dengan teori bahwa hati merupakan organ utama penyimpanan besi pada pasien yang menerima transfusi berulang. Besi yang berlebih akan disimpan dalam bentuk ferritin dan hemosiderin, terutama pada hepatosit dan sistem retikuloendotelial (Sari dkk., 2024). Jika akumulasi besi berlangsung terus-menerus, hati dapat mengalami stres oksidatif, inflamasi, fibrosis, dan gangguan fungsi hepatoseluler.

4. Kadar enzim transaminase meliputi SGOT dan SGPT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar memiliki kadar SGOT normal, yaitu sebanyak 30 responden atau 53,6%. Sebanyak 26 responden atau 46,4% memiliki kadar SGOT tinggi, sehingga hampir setengah responden menunjukkan adanya peningkatan enzim transaminase tersebut. Hasil pemeriksaan SGPT menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki kadar SGPT normal, yaitu sebanyak 50 responden atau 89,3%. Sebanyak 6 responden atau 10,7% memiliki kadar SGPT tinggi, sehingga peningkatan SGPT hanya terjadi pada sebagian kecil responden. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan SGOT lebih banyak ditemukan dibandingkan peningkatan SGPT pada pasien thalasemia beta mayor anak dalam penelitian ini.

Secara interpretatif, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien belum menunjukkan peningkatan SGPT, tetapi peningkatan SGOT ditemukan pada proporsi yang cukup besar. SGPT atau ALT umumnya dianggap lebih spesifik menggambarkan cedera hepatoseluler dibandingkan SGOT atau AST, karena AST juga dapat berasal dari jaringan lain seperti otot rangka, jantung, dan eritrosit (Wahidiyat dkk., 2017). Oleh karena itu, tingginya proporsi SGOT abnormal tetapi rendahnya proporsi SGPT abnormal dapat mengindikasikan bahwa sebagian pasien mengalami perubahan enzimatik ringan yang belum tentu seluruhnya mencerminkan kerusakan hati yang bermakna. Keadaan ini perlu ditafsirkan secara hati-hati karena pasien thalasemia beta mayor dapat mengalami peningkatan enzim hati akibat *iron overload*, hepatitis, hemolisis, inflamasi, atau faktor klinis lain yang menyertai transfusi berulang (Ayulinda dkk., 2022). Dengan demikian, hasil SGOT dan SGPT pada penelitian ini menunjukkan perlunya

interpretasi yang terintegrasi dengan kadar feritin, riwayat transfusi, riwayat hepatitis, dan kondisi klinis pasien (Wahidiyat dkk., 2017).

Hasil penelitian ini sesuai dengan konsep bahwa pasien thalasemia beta mayor berisiko mengalami gangguan fungsi hati akibat transfusi berulang dan akumulasi besi. Transfusi darah merah yang dilakukan secara rutin merupakan terapi utama pada thalasemia beta mayor, tetapi terapi tersebut menyebabkan penambahan besi secara kumulatif dalam tubuh (Farmakis *et al.*, 2022). Besi yang berlebih dapat tersimpan di hati dan memicu stres oksidatif, inflamasi, serta kerusakan hepatoseluler bila tidak dikendalikan dengan terapi kelasi yang adekuat (Fianza *et al.*, 2021). Kerusakan hepatoseluler tersebut dapat tercermin melalui peningkatan enzim transaminase, terutama SGPT dan SGOT (Ayulinda dkk., 2022). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas SGPT masih normal, sehingga kemungkinan sebagian besar pasien belum mengalami cedera hepatoseluler berat berdasarkan parameter SGPT.

Secara teoritis, SGOT dan SGPT merupakan enzim transaminase yang digunakan untuk menilai kemungkinan cedera hepatoseluler, tetapi keduanya memiliki karakteristik biologis yang berbeda. SGPT lebih dominan terdapat di hati sehingga lebih mencerminkan kerusakan hepatosit, sedangkan SGOT dapat meningkat akibat gangguan hati maupun sumber ekstrahepatik (Wahidiyat dkk., 2017). Perbedaan karakteristik tersebut dapat menjelaskan mengapa pada penelitian ini peningkatan SGOT ditemukan pada 46,4% responden, sedangkan peningkatan SGPT hanya ditemukan pada 10,7% responden. Pola tersebut dapat terjadi bila perubahan enzimatik masih ringan, tidak spesifik, atau belum berkembang menjadi cedera hepatoseluler yang nyata. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak

bertentangan dengan teori, tetapi menunjukkan bahwa SGOT dan SGPT harus dibaca sebagai parameter yang saling melengkapi, bukan sebagai indikator tunggal.

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan teori bahwa iron overload akibat transfusi tidak selalu langsung menyebabkan peningkatan SGPT pada semua pasien. Progresivitas kerusakan hati pada thalasemia beta mayor dipengaruhi oleh lama transfusi, jumlah transfusi kumulatif, kadar feritin, kepatuhan kelasi besi, status inflamasi, dan infeksi hepatitis (Farmakis *et al.*, 2022). Pasien dengan kadar feritin tinggi dapat memiliki enzim hati yang masih normal apabila terapi kelasi cukup efektif atau kerusakan hati belum mencapai derajat yang menyebabkan kebocoran enzim ke sirkulasi (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022). Sebaliknya, pasien dengan SGOT tinggi tetapi SGPT normal dapat mengalami peningkatan AST dari sumber non-hepatik atau perubahan hati yang masih ringan. Oleh karena itu, dominasi SGPT normal dalam penelitian ini tidak meniadakan risiko *iron overload*, tetapi menunjukkan bahwa kerusakan hati signifikan belum tampak pada sebagian besar pasien berdasarkan parameter SGPT.

Teori lain yang relevan adalah bahwa hati merupakan organ utama penyimpanan besi pada pasien thalasemia yang menjalani transfusi berulang. Kelebihan besi dalam hepatosit dapat menghasilkan *reactive oxygen species* yang menyebabkan peroksidasi lipid, gangguan membran sel, dan pelepasan enzim transaminase (Sari dkk., 2024). Namun, peningkatan enzim transaminase tidak selalu sejalan secara sempurna dengan kadar besi hati karena feritin dan transaminase dipengaruhi oleh banyak faktor klinis (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022). Hal ini menjelaskan mengapa sebagian besar responden pada penelitian ini masih memiliki SGPT normal meskipun pasien thalasemia beta mayor secara teoritis

berisiko mengalami *iron overload*. Dengan demikian, pemeriksaan SGOT dan SGPT tetap penting, tetapi hasilnya harus diinterpretasikan bersama feritin dan parameter klinis lain.

Hasil penelitian ini juga dapat dijelaskan melalui kemungkinan adanya perbedaan sensitivitas SGOT dan SGPT terhadap kondisi pasien thalasemia beta mayor. SGOT dapat meningkat pada keadaan hemolisis atau kerusakan jaringan lain, sehingga peningkatan SGOT pada hampir setengah responden belum tentu seluruhnya mencerminkan kerusakan hati primer (Wahidiat dkk., 2017). SGPT yang normal pada sebagian besar responden dapat menunjukkan bahwa integritas hepatosit masih relatif terjaga atau belum terjadi kerusakan hati yang bermakna. Keadaan ini penting karena pasien thalasemia beta mayor anak sering berada dalam fase pemantauan jangka panjang ketika perubahan organ dapat berkembang secara bertahap.

Jika dibandingkan dengan penelitian Ayulinda dkk (2022) di Banda Aceh, hasil penelitian ini memiliki persamaan karena sama-sama menilai SGOT dan SGPT pada anak thalasemia beta mayor. Penelitian Ayulinda dkk (2022) menemukan bahwa peningkatan feritin berkorelasi positif dengan SGOT dan SGPT, sehingga enzim transaminase relevan digunakan untuk memantau dampak *iron overload* terhadap hati.

5. Hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar feritin serum pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh responden dengan frekuensi transfusi PRC dua minggu sekali memiliki kadar feritin serum tinggi, yaitu sebanyak 27

responden atau 48,2% dari total sampel. Pada kelompok transfusi tiga minggu sekali, sebanyak 7 responden atau 12,5% memiliki kadar feritin tinggi dan 1 responden atau 1,8% memiliki kadar feritin normal. Pada kelompok transfusi empat minggu sekali, sebanyak 17 responden atau 30,4% memiliki kadar feritin tinggi dan 4 responden atau 7,1% memiliki kadar feritin normal. Hasil uji *Spearman Rank* menunjukkan nilai p sebesar 0,020, sehingga terdapat hubungan yang signifikan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar feritin serum. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,310 menunjukkan bahwa hubungan tersebut bersifat lemah dengan arah positif. Makna dari arah positif tersebut adalah semakin sering pasien menerima transfusi PRC, maka kadar feritin serum cenderung meningkat. Temuan ini penting karena transfusi darah berulang merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan akumulasi besi pada pasien thalasemia beta mayor (Farmakis *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi transfusi PRC memiliki hubungan bermakna dengan kadar feritin serum, tetapi kekuatan hubungannya masih lemah. Hubungan yang lemah dapat terjadi karena kadar feritin tidak hanya dipengaruhi oleh frekuensi transfusi, tetapi juga oleh jumlah volume PRC yang diberikan, jumlah transfusi kumulatif, kadar hemoglobin pratretransfusi, lama sakit, kepatuhan terapi kelasi besi, inflamasi, infeksi, dan gangguan hati (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022). Hal ini menjelaskan mengapa tidak semua pasien dengan interval transfusi lebih panjang memiliki kadar feritin normal. Sebaliknya, pasien dengan transfusi lebih sering memiliki kecenderungan kadar feritin tinggi karena paparan besi transfusional lebih besar. Dengan demikian, hasil penelitian ini memiliki signifikansi klinis karena frekuensi transfusi PRC dapat digunakan sebagai salah

satu indikator awal untuk memperkirakan risiko iron overload pada pasien anak thalasemia beta mayor (Fianza *et al.*, 2021).

Secara teori, hasil penelitian ini sesuai dengan konsep bahwa thalasemia beta mayor merupakan penyakit transfusion-dependent yang membutuhkan transfusi darah merah secara teratur sepanjang hidup. Transfusi PRC bertujuan mempertahankan kadar hemoglobin, mengurangi gejala anemia, menekan eritropoiesis tidak efektif, menunjang pertumbuhan, dan mencegah komplikasi akibat anemia kronis (Farmakis *et al.*, 2022). Namun, setiap transfusi PRC membawa tambahan zat besi yang akan terakumulasi dalam tubuh bila diberikan secara berulang. Tubuh manusia tidak memiliki mekanisme fisiologis yang efektif untuk mengeluarkan kelebihan besi dalam jumlah besar (Fianza *et al.*, 2021). Oleh karena itu, hubungan signifikan antara frekuensi transfusi PRC dan kadar feritin serum dalam penelitian ini sejalan dengan teori dasar *iron overload* pada thalasemia beta mayor.

Secara biologis, peningkatan kadar feritin pada pasien yang sering menerima transfusi PRC terjadi karena besi dari eritrosit donor akan dilepaskan setelah eritrosit mengalami degradasi. Besi tersebut kemudian disimpan dalam bentuk feritin dan hemosiderin, terutama di hati, limpa, jantung, dan organ endokrin (Farmakis *et al.*, 2022). Apabila pemasukan besi dari transfusi lebih besar daripada kemampuan tubuh mengeluarkan besi melalui terapi kelasi, maka kadar feritin serum akan meningkat. Hal ini menjelaskan mengapa pada penelitian ini seluruh pasien dengan transfusi dua minggu sekali berada pada kategori feritin tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat teori bahwa semakin tinggi

paparan transfusi, semakin besar risiko peningkatan cadangan besi tubuh (Bhalodiya *et al.*, 2023).

Hubungan yang bermakna tetapi lemah pada penelitian ini juga sesuai dengan teori bahwa feritin serum merupakan penanda tidak langsung cadangan besi tubuh. Feritin sering digunakan dalam pemantauan pasien thalasemia karena pemeriksaannya mudah, relatif murah, dan dapat dilakukan secara berkala (Farmakis *et al.*, 2022). Meskipun demikian, feritin tidak sepenuhnya spesifik karena dapat meningkat akibat inflamasi, infeksi, kerusakan hati, dan kondisi akut lainnya (Darvishi-Khezri *et al.*, 2022). Oleh karena itu, frekuensi transfusi PRC dapat berhubungan dengan feritin, tetapi tidak selalu menjadi satu-satunya faktor yang menentukan kadar feritin. Hal ini menjelaskan mengapa koefisien korelasi dalam penelitian ini hanya 0,310 meskipun nilai p menunjukkan hubungan yang signifikan.

Proses penumpukan besi pada hati merupakan konsekuensi utama dari transfusi PRC berulang pada pasien thalasemia beta mayor. Setiap unit PRC mengandung sekitar 200–250 mg besi yang tidak dapat dieliminasi secara fisiologis oleh tubuh sehingga terjadi akumulasi progresif pada organ penyimpanan besi, terutama hati (Porter, 2025). Ketika kapasitas transferrin untuk mengikat besi telah jenuh, terbentuk fraksi non-transferrin bound iron (NTBI) yang bersifat toksik dan mudah masuk ke dalam hepatosit melalui jalur transport besi nonspesifik (Entezari *et al.*, 2022). Akumulasi besi intraseluler tersebut memicu pembentukan reactive oxygen species (ROS) melalui reaksi Fenton yang menyebabkan stres oksidatif, peroksidasi lipid membran, kerusakan mitokondria, inflamasi kronis, serta aktivasi sel stelata hati yang berperan dalam proses fibrosis hati (Basu *et al.*, 2023).

Peningkatan deposisi besi yang berlangsung terus-menerus dapat menyebabkan hemosiderosis hepatic, peningkatan kadar enzim transaminase, fibrosis, hingga sirosis apabila tidak ditangani secara adekuat (Yadav et al., 2022). Mekanisme ini menjelaskan mengapa pasien thalasemia beta mayor dengan frekuensi transfusi yang lebih tinggi cenderung memiliki kadar feritin yang meningkat dan berisiko mengalami gangguan fungsi hati akibat kelebihan besi transfusional (Faruqi et al., 2024).

Kadar feritin yang lebih stabil pada sebagian pasien thalasemia beta mayor dapat dijelaskan oleh efektivitas terapi kelasi besi dalam mengendalikan akumulasi besi tubuh. Terapi kelasi bekerja dengan mengikat besi bebas maupun besi yang tersimpan dalam jaringan sehingga membentuk kompleks larut yang dapat diekskresikan melalui urin dan/atau feses (Entezari et al., 2022). Agen kelasi seperti deferasirox, deferiprone, dan deferoxamine juga berperan menurunkan kadar NTBI yang bersifat toksik sehingga mengurangi stres oksidatif dan mencegah kerusakan organ lebih lanjut (Bruzze et al., 2023). Penggunaan terapi kelasi yang adekuat dan berkesinambungan mampu menyeimbangkan laju pemasukan besi dari transfusi dengan laju pengeluaran besi dari tubuh sehingga cadangan besi lebih terkendali dan kadar feritin serum cenderung lebih stabil dari waktu ke waktu (Porter, 2025). Sebaliknya, ketidakpatuhan terhadap terapi kelasi menyebabkan besi terus terakumulasi pada hati dan organ lain sehingga kadar feritin meningkat secara progresif meskipun jadwal transfusi tidak mengalami perubahan (Al-Shami et al., 2025). Oleh karena itu, keberhasilan pengendalian iron overload pada pasien thalasemia beta mayor tidak hanya ditentukan oleh frekuensi transfusi, tetapi juga oleh kepatuhan dan efektivitas terapi kelasi besi yang dijalani pasien.

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan teori bahwa pengendalian *iron overload* sangat bergantung pada keseimbangan antara transfusi dan terapi kelasi besi. Transfusi PRC diperlukan untuk mempertahankan kondisi klinis pasien, tetapi terapi kelasi diperlukan untuk mengurangi kelebihan besi akibat transfusi berulang (Farmakis *et al.*, 2022). Apabila pasien menerima transfusi lebih sering tetapi kepatuhan terhadap kelasi besi rendah, maka kadar feritin dapat meningkat lebih cepat. Sebaliknya, pasien dengan transfusi rutin dapat memiliki kadar feritin yang lebih terkendali bila terapi kelasi berjalan baik dan dipantau secara konsisten (Fianza *et al.*, 2021). Oleh karena itu, kekuatan korelasi yang lemah dalam penelitian ini dapat mencerminkan adanya variasi kepatuhan kelasi dan faktor klinis lain antar pasien.

Secara laboratoris, hasil penelitian ini mendukung teori bahwa kadar feritin perlu diinterpretasikan bersama riwayat transfusi PRC. Feritin serum yang tinggi pada pasien thalasemia beta mayor sering mencerminkan kelebihan besi akibat transfusi berulang, tetapi interpretasinya perlu dikaitkan dengan pemeriksaan SGOT, SGPT, albumin, bilirubin, dan status hepatitis (Ayulinda dkk., 2022). Hati merupakan organ utama penyimpanan besi, sehingga peningkatan feritin yang menetap dapat berkaitan dengan risiko gangguan fungsi hati. Penelitian pada anak thalasemia beta mayor menunjukkan bahwa peningkatan feritin dapat berkorelasi dengan peningkatan SGOT dan SGPT (Ayulinda dkk., 2022). Dengan demikian, hubungan antara frekuensi transfusi PRC dan feritin serum dalam penelitian ini memiliki dasar laboratoris yang kuat.

Hasil penelitian ini juga dapat dijelaskan melalui perbedaan kebutuhan transfusi antar pasien anak thalasemia beta mayor. Pasien dengan interval transfusi

dua minggu sekali kemungkinan memiliki kebutuhan eritrosit lebih tinggi atau penurunan hemoglobin yang lebih cepat dibandingkan pasien dengan interval tiga atau empat minggu sekali. Kebutuhan transfusi yang lebih sering dapat meningkatkan total paparan besi dari PRC bila berlangsung dalam jangka panjang (Lal *et al.*, 2021). Namun, pasien dengan interval lebih panjang tetap dapat memiliki kadar feritin tinggi bila volume transfusi per sesi lebih besar atau riwayat transfusi kumulatifnya sudah lama. Oleh karena itu, frekuensi transfusi PRC perlu dipahami sebagai salah satu komponen paparan transfusional, bukan satu-satunya ukuran beban transfusi.

6. Hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar. Nilai p sebesar 0,335 menunjukkan bahwa perbedaan frekuensi transfusi PRC tidak berhubungan secara bermakna dengan perubahan kadar SGOT. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,131 menunjukkan bahwa hubungan antara frekuensi transfusi PRC dan SGOT berada dalam kategori sangat lemah. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak tidak dapat dijelaskan hanya oleh seberapa sering pasien menerima transfusi PRC. Temuan ini penting karena SGOT merupakan enzim yang dapat meningkat akibat faktor hepatic maupun ekstrahepatic, sehingga interpretasinya tidak boleh hanya dikaitkan dengan paparan transfusi.

Secara teoritis, transfusi darah berulang pada thalasemia beta mayor memang dapat menyebabkan kelebihan besi yang berpotensi mengganggu fungsi hati. Beta-thalassemia mayor merupakan kelainan hemoglobin berat yang menyebabkan anemia kronis dan umumnya memerlukan transfusi darah secara teratur untuk mempertahankan kadar hemoglobin yang adekuat (Taher *et al.*, 2021). Transfusi berulang dapat meningkatkan akumulasi besi karena tubuh tidak memiliki mekanisme fisiologis yang efektif untuk mengeluarkan kelebihan besi dalam jumlah besar. Besi yang berlebih dapat tersimpan di hati dan memicu stres oksidatif yang berpotensi menyebabkan gangguan hepatoseluler. Namun, kadar SGOT tidak selalu meningkat sejalan dengan frekuensi transfusi karena SGOT bukan penanda spesifik untuk akumulasi besi hati.

Hasil penelitian ini dapat dijelaskan karena SGOT atau AST tidak hanya berasal dari hati, tetapi juga dapat ditemukan pada jaringan lain seperti otot, jantung, ginjal, dan eritrosit. Peningkatan SGOT pada pasien thalasemia dapat dipengaruhi oleh hemolisis, inflamasi, hepatitis virus, gangguan otot, atau kerusakan jaringan lain. Peningkatan enzim hati pada anak beta-thalassemia mayor dapat dipengaruhi oleh *iron overload* dan infeksi hepatitis virus. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan SGOT pada pasien thalasemia beta mayor bersifat multifaktorial. Dengan demikian, tidak ditemukannya hubungan bermakna antara frekuensi transfusi PRC dan SGOT dalam penelitian ini masih sesuai dengan penjelasan teoritis (Saravani *et al.*, 2024).

Frekuensi transfusi PRC lebih menggambarkan intensitas pemberian darah, sedangkan SGOT lebih menggambarkan respons biokimia jaringan terhadap cedera sel. Saravani *et al.*, (2024) meneliti hubungan enzim hati dengan feritin dan

frekuensi transfusi pada pasien thalasemia, sehingga hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa interpretasi enzim hati perlu mempertimbangkan lebih dari satu faktor klinis. Hubungan yang sangat lemah dalam penelitian ini dapat terjadi karena pasien dengan frekuensi transfusi sama belum tentu memiliki jumlah transfusi kumulatif, volume PRC, lama terapi transfusi, kadar feritin, dan kepatuhan kelasi besi yang sama. Oleh karena itu, frekuensi transfusi PRC belum cukup kuat sebagai satu-satunya variabel untuk menjelaskan perubahan SGOT. Analisis yang lebih komprehensif diperlukan untuk menilai faktor dominan yang memengaruhi SGOT pada pasien thalasemia beta mayor anak.

Hasil penelitian ini juga dapat dipahami dari sudut pandang bahwa gangguan fungsi hati pada thalasemia beta mayor lebih dekat hubungannya dengan derajat *iron overload* daripada hanya interval transfusi. Khan *et al* (2021) menemukan bahwa pemeriksaan fungsi hati pada pasien thalasemia *transfusion-dependent* memiliki hubungan dengan kadar feritin serum sebagai indikator *iron overload*. Hal ini menunjukkan bahwa SGOT mungkin lebih berkaitan dengan kadar feritin atau beban besi tubuh dibandingkan dengan frekuensi transfusi secara langsung. De Sanctis *et al* (2018) juga menunjukkan bahwa konsentrasi besi hati, feritin, dan enzim hati dapat saling berkaitan pada pasien *beta-thalassemia mayor* dengan *iron overload* berat. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa frekuensi transfusi berperan secara tidak langsung melalui peningkatan beban besi, tetapi efek terhadap SGOT tidak selalu tampak secara langsung.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian Khan *et al* (2021) karena sama-sama membahas

fungsi hati pada pasien thalasemia yang bergantung pada transfusi. Khan *et al* (2021) meneliti hubungan pemeriksaan fungsi hati dengan kadar feritin pada pasien *thalasemia transfusion-dependent*. Perbedaannya adalah Khan *et al* (2021) menggunakan feritin sebagai variabel utama yang dikaitkan dengan fungsi hati, sedangkan penelitian ini menggunakan frekuensi transfusi PRC sebagai variabel yang dikaitkan dengan SGOT. Perbedaan tersebut menjelaskan mengapa hasil penelitian ini tidak signifikan, karena feritin merupakan indikator yang lebih dekat dengan beban besi dibandingkan frekuensi transfusi. Dengan demikian, SGOT kemungkinan lebih tepat dianalisis bersama kadar feritin daripada hanya berdasarkan interval transfusi PRC.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Heris *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa peningkatan enzim hati pada pasien β -thalassemia mayor tidak hanya dipengaruhi oleh riwayat transfusi darah, tetapi juga berkaitan erat dengan akumulasi besi pada organ hati yang ditunjukkan melalui pemeriksaan T2* MRI dan kadar feritin serum (Heris *et al.*, 2021). Selain itu, penelitian Faiq *et al.* (2022) melaporkan adanya korelasi yang bermakna antara kadar feritin dengan peningkatan AST dan ALT pada pasien β -thalassemia mayor, yang menunjukkan bahwa deposisi besi kronis dapat berkontribusi terhadap kerusakan hepatoseluler (Faiq *et al.*, 2022). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa kadar SGOT pada pasien thalasemia dipengaruhi oleh berbagai faktor selain frekuensi transfusi, termasuk beban besi tubuh yang meningkat akibat transfusi berulang. Oleh karena itu, tidak ditemukannya hubungan yang bermakna dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh adanya faktor perancu lain yang belum dianalisis secara bersamaan, seperti status iron overload, kadar feritin serum, kepatuhan terapi

kelasi besi, maupun gangguan hati yang berhubungan dengan transfusi kronis (Heris *et al.*, 2021; Faiq *et al.*, 2022).

Penelitian Saravani *et al.*, (2024) memiliki relevansi langsung karena menilai hubungan enzim hati dengan ferritin dan frekuensi transfusi pada pasien thalasemia. Saravani *et al.*, (2024) menyatakan bahwa komplikasi hati merupakan salah satu masalah penting pada pasien thalasemia mayor dan perlu dievaluasi melalui pemeriksaan enzim hati. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama menempatkan frekuensi transfusi dan enzim hati sebagai variabel penting dalam pemantauan thalasemia. Perbedaannya adalah penelitian Saravani *et al.*, (2024) menilai beberapa parameter secara lebih luas, sedangkan penelitian ini secara khusus menilai hubungan frekuensi transfusi PRC dengan SGOT. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi bagian dari bukti bahwa penilaian enzim hati sebaiknya tidak hanya bergantung pada satu variabel klinis.

7. Hubungan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGPT pada pasien thalasemia beta mayor anak di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah Denpasar.

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh pasien dengan kadar SGPT tinggi berada pada kelompok transfusi PRC dua minggu sekali, yaitu sebanyak 6 responden atau 10,7%. Pada kelompok transfusi PRC tiga minggu sekali dan empat minggu sekali tidak ditemukan responden dengan kadar SGPT tinggi. Hasil uji Spearman Rank menunjukkan nilai p sebesar 0,010 atau $p < 0,05$, sehingga terdapat hubungan yang signifikan antara frekuensi transfusi PRC dengan kadar SGPT. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,341 menunjukkan bahwa hubungan antara frekuensi transfusi PRC dan kadar SGPT bersifat lemah dengan arah positif. Arah positif tersebut menunjukkan bahwa semakin sering pasien menerima transfusi PRC, maka

kadar SGPT cenderung meningkat. Hasil ini memiliki makna klinis karena SGPT atau ALT merupakan enzim yang relatif lebih spesifik menggambarkan cedera hepatoseluler dibandingkan SGOT atau AST (Faiq, *et al.*, 2021).

Secara interpretatif, hubungan signifikan antara frekuensi transfusi PRC dan kadar SGPT menunjukkan bahwa intensitas transfusi dapat berkaitan dengan perubahan fungsi hati pada pasien thalasemia beta mayor anak. Pasien yang menjalani transfusi dua minggu sekali memiliki paparan transfusional yang lebih sering dibandingkan pasien dengan interval tiga atau empat minggu sekali. Paparan transfusi yang lebih sering dapat meningkatkan akumulasi besi dalam tubuh, terutama apabila tidak diimbangi dengan terapi kelasi besi yang optimal (Taher *et al.*, 2021). Besi berlebih dapat tersimpan di hati dan memicu stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan membran hepatosit serta pelepasan SGPT ke dalam sirkulasi darah (De Sanctis *et al.*, 2018). Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi transfusi PRC dapat menjadi salah satu indikator klinis yang perlu diperhatikan dalam pemantauan risiko gangguan hati pada pasien thalasemia beta mayor anak.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori bahwa thalasemia beta mayor merupakan penyakit yang memerlukan transfusi darah berulang secara teratur. Transfusi PRC bertujuan mempertahankan kadar hemoglobin, mencegah anemia berat, mengurangi eritropoiesis tidak efektif, dan menunjang tumbuh kembang pasien anak (Taher *et al.*, 2021). Meskipun transfusi memberikan manfaat klinis yang besar, transfusi berulang menyebabkan pemasukan besi secara terus-menerus ke dalam tubuh. Tubuh manusia tidak memiliki mekanisme ekskresi besi aktif dalam jumlah besar, sehingga besi dari transfusi dapat menumpuk secara progresif.

Akumulasi besi tersebut menjadi dasar patofisiologis terjadinya iron overload pada pasien thalasemia beta mayor yang bergantung pada transfusi (Taher *et al.*, 2021).

Secara biologis, hubungan frekuensi transfusi PRC dengan SGPT dapat dijelaskan melalui mekanisme deposisi besi di hati. Hati merupakan organ utama tempat penyimpanan besi berlebih pada pasien thalasemia yang menjalani transfusi berulang (De Sanctis *et al.*, 2018). Besi bebas dapat memicu pembentukan reactive oxygen species yang menyebabkan stres oksidatif pada hepatosit. Kerusakan hepatosit akibat stres oksidatif dapat meningkatkan pelepasan SGPT karena enzim ini banyak terdapat dalam sel hati. Oleh karena itu, temuan adanya hubungan positif antara frekuensi transfusi PRC dan SGPT dalam penelitian ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar paparan transfusional, semakin tinggi risiko gangguan hepatoseluler (Faruqi *et al.*, 2024).

Kekuatan hubungan yang lemah pada penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi transfusi PRC bukan satu-satunya faktor yang menentukan peningkatan SGPT. Kadar SGPT pada pasien thalasemia beta mayor dapat dipengaruhi oleh kadar feritin, jumlah transfusi kumulatif, volume PRC, lama menjalani transfusi, kepatuhan terapi kelasi besi, infeksi hepatitis, status inflamasi, dan obat yang digunakan (Saravani *et al.*, 2024). Hal ini menjelaskan mengapa hanya 6 responden yang mengalami peningkatan SGPT meskipun sebagian besar pasien menjalani transfusi rutin. Pasien dengan transfusi sering tetapi patuh terhadap kelasi besi dapat memiliki SGPT normal karena beban besi lebih terkendali. Sebaliknya, pasien dengan transfusi lebih jarang tetap dapat berisiko mengalami gangguan hati bila memiliki faktor penyerta seperti hepatitis atau kontrol *iron overload* yang kurang optimal.

Hasil penelitian ini juga dapat dipahami dari karakteristik SGPT sebagai indikator cedera hepatoseluler. SGPT lebih spesifik terhadap hati dibandingkan SGOT, sehingga peningkatan SGPT pada kelompok transfusi dua minggu sekali dapat memberikan sinyal adanya keterlibatan hati yang lebih nyata. Namun, SGPT normal pada sebagian besar responden tidak sepenuhnya menyingkirkan kemungkinan akumulasi besi hati. Pemeriksaan SGPT menggambarkan kerusakan hepatoseluler secara biokimia, sedangkan deposisi besi hati dapat terjadi sebelum peningkatan enzim hati tampak jelas (De Sanctis *et al.*, 2018).

Hubungan yang signifikan tetapi lemah juga menunjukkan bahwa frekuensi transfusi PRC lebih tepat dipahami sebagai faktor risiko tidak langsung terhadap peningkatan SGPT. Frekuensi transfusi menggambarkan seberapa sering pasien menerima darah, tetapi tidak selalu menggambarkan total besi yang diterima pasien sepanjang hidup. Total paparan besi lebih dipengaruhi oleh jumlah transfusi kumulatif, volume PRC per transfusi, usia mulai transfusi, dan durasi terapi transfusi. Oleh karena itu, interval transfusi dua minggu sekali dapat meningkatkan kecenderungan SGPT tinggi, tetapi hubungan tersebut dapat menjadi lemah bila variabel kumulatif transfusi dan kelasi besi tidak dianalisis secara bersamaan. Penjelasan ini sejalan dengan penelitian Saravani *et al.*, (2024) yang menilai enzim hati dalam hubungannya dengan feritin dan frekuensi transfusi pada pasien thalassemia.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Saravani *et al.*, (2024) yang membahas hubungan enzim hati dengan feritin dan frekuensi transfusi pada pasien thalassemia. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa komplikasi hati merupakan salah satu masalah penting pada

pasien thalasemia mayor yang memerlukan pemantauan enzim hati secara berkala (Saravani *et al.*, 2024) Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama menempatkan frekuensi transfusi dan enzim hati sebagai variabel penting dalam pemantauan pasien thalasemia. Perbedaannya adalah penelitian Saravani *et al.*, (2024) menilai hubungan beberapa parameter laboratorium secara lebih luas, sedangkan penelitian ini secara khusus menilai hubungan frekuensi transfusi PRC dengan SGPT. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa frekuensi transfusi dapat berkaitan dengan perubahan enzim hati, meskipun hubungan tersebut tidak selalu kuat.

Penelitian Rabadiya *et al.* (2024) mendukung hasil penelitian ini karena menunjukkan bahwa peningkatan kadar alanine aminotransferase (ALT/SGPT) pada pasien β -thalassemia mayor berkaitan dengan peningkatan kadar feritin sebagai indikator iron overload akibat transfusi darah berulang (Rabadiya *et al.*, 2024). Persamaan antara penelitian Rabadiya *et al.* (2024) dan penelitian ini adalah keduanya membahas perubahan enzim hati, khususnya SGPT, pada pasien β -thalassemia mayor yang menjalani transfusi rutin (Rabadiya *et al.*, 2024). Namun demikian, penelitian Rabadiya *et al.* (2024) berfokus pada hubungan longitudinal antara kadar feritin dan kerusakan fungsi hati, sedangkan penelitian ini menilai hubungan frekuensi transfusi *packed red cells* (PRC) dengan kadar SGPT (Rabadiya *et al.*, 2024). Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa frekuensi transfusi kemungkinan tidak secara langsung memengaruhi peningkatan SGPT, melainkan melalui mekanisme akumulasi besi yang terjadi secara bertahap selama periode transfusi yang panjang (Rabadiya *et al.*, 2024). Temuan ini juga didukung oleh Safitri dkk. (2024) yang melaporkan adanya hubungan bermakna antara kadar

ferritin dan SGPT pada pasien thalassemia mayor, sehingga mengindikasikan bahwa gangguan fungsi hati lebih erat berkaitan dengan beban besi dibandingkan jumlah transfusi semata (Safitri dkk., 2024). Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa peningkatan SGPT pada pasien β -thalassemia mayor merupakan kondisi multifaktorial yang dipengaruhi oleh interaksi antara transfusi kronis, akumulasi besi, efektivitas terapi kelasi besi, serta faktor-faktor hepatic lainnya yang tidak dianalisis secara bersamaan dalam penelitian ini (Rabadiya et al., 2024; Safitri et al., 2024).

Penelitian Khan *et al* (2021) memiliki relevansi karena menilai hubungan pemeriksaan fungsi hati dengan kadar ferritin pada pasien thalasemia yang bergantung pada transfusi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemeriksaan fungsi hati perlu dikaitkan dengan kadar ferritin serum sebagai indikator beban besi tubuh. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama membahas fungsi hati pada pasien thalasemia *transfusion-dependent*. Perbedaannya adalah Khan *et al* (2021) menggunakan ferritin sebagai variabel pembanding utama, sedangkan penelitian ini menggunakan frekuensi transfusi PRC. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa SGPT mungkin lebih kuat hubungannya dengan derajat *iron overload* aktual daripada hanya dengan interval transfusi.

Penelitian Harish dan Pasha pada anak beta-thalassemia mayor transfusion-dependent juga relevan karena membahas hubungan ferritin dengan pemeriksaan fungsi hati. Penelitian tersebut menemukan bahwa kadar ferritin berkorelasi dengan AST dan ALT pada anak thalasemia beta mayor yang bergantung pada transfusi (Harish dan Pasha, 2019). Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama menilai ALT atau SGPT sebagai parameter fungsi hati pada anak thalasemia beta

mayor. Perbedaannya adalah Harish dan Pasha menilai hubungan feritin dengan fungsi hati, sedangkan penelitian ini menilai frekuensi transfusi PRC dengan SGPT. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa frekuensi transfusi dapat menjadi faktor pemicu awal, sedangkan ferritin dapat menjadi indikator beban besi yang lebih dekat dengan perubahan SGPT.

Penelitian Sudhakar *et al* (2023) juga mendukung pentingnya pemantauan fungsi hati pada anak thalasemia mayor *transfusion-dependent*. Penelitian tersebut menilai profil klinis anak thalasemia mayor dengan memperhatikan kadar ferritin dan pemeriksaan fungsi hati. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama menekankan pentingnya pemeriksaan fungsi hati pada anak dengan thalasemia yang menerima transfusi rutin. Perbedaannya adalah Sudhakar *et al* (2023) menilai profil klinis secara prospektif, sedangkan penelitian ini menganalisis hubungan frekuensi transfusi PRC dengan SGPT. Dengan demikian, hasil penelitian ini selaras dengan kebutuhan pemantauan laboratorium jangka panjang pada pasien anak thalasemia beta mayor.

Penelitian Hussain *et al* (2023) juga dapat dibandingkan karena membahas perubahan enzim hepatik, bilirubin, dan protein plasma pada pasien beta-thalassemia dengan *iron overload*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan fungsi hati pada beta-thalassemia berkaitan dengan peningkatan ferritin serum. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama membahas enzim hati pada pasien beta-thalassemia. Perbedaannya adalah Hussain *et al*. menekankan hubungan ferritin dengan parameter hepatik, sedangkan penelitian ini menekankan hubungan frekuensi transfusi PRC dengan SGPT. Perbedaan tersebut mendukung

interpretasi bahwa SGPT dipengaruhi oleh rantai mekanisme yang melibatkan transfusi, akumulasi besi, dan respons hepatoseluler.

Penelitian Rehman *et al* (2024) relevan karena membahas hubungan frekuensi transfusi dengan manifestasi organ pada pasien thalassemia. Penelitian tersebut menilai hubungan hepatomegali dengan frekuensi transfusi pada pasien thalassemia. Persamaannya adalah kedua penelitian sama-sama menempatkan frekuensi transfusi sebagai faktor klinis yang berkaitan dengan komplikasi organ. Perbedaannya adalah Rehman *et al* (2024) menggunakan hepatomegali sebagai luaran klinis, sedangkan penelitian ini menggunakan SGPT sebagai luaran laboratoris. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa frekuensi transfusi dapat berkaitan dengan perubahan klinis maupun laboratoris, tetapi pengaruhnya dapat bervariasi tergantung parameter yang digunakan.

Implikasi klinis dari hasil penelitian ini adalah bahwa pasien anak thalasemia beta mayor dengan transfusi PRC dua minggu sekali perlu mendapat pemantauan fungsi hati lebih ketat. Seluruh kasus SGPT tinggi dalam penelitian ini ditemukan pada kelompok transfusi dua minggu sekali, sehingga kelompok tersebut dapat diprioritaskan untuk evaluasi risiko gangguan hepatoseluler. Pemantauan klinis perlu mencakup riwayat transfusi, jumlah transfusi kumulatif, kepatuhan kelasi besi, gejala gangguan hati, status gizi, dan riwayat hepatitis. Evaluasi tersebut penting karena peningkatan ALT pada thalasemia beta mayor dapat dipengaruhi oleh iron overload dan hepatitis virus (Faiq *et al.*, 2021). Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung pemantauan klinis individual berdasarkan frekuensi transfusi dan hasil SGPT.

Implikasi laboratoris dari hasil penelitian ini adalah bahwa SGPT perlu diperiksa secara berkala pada pasien thalasemia beta mayor yang menjalani transfusi PRC rutin. Pemeriksaan SGPT penting karena ALT relatif lebih spesifik terhadap cedera hepatoseluler dibandingkan AST. Namun, SGPT sebaiknya tidak ditafsirkan secara tunggal karena peningkatannya dapat dipengaruhi oleh ferritin, infeksi hepatitis, inflamasi, dan terapi kelasi. Pemeriksaan ferritin, SGOT, bilirubin, albumin, dan status hepatitis perlu dikombinasikan untuk memperoleh gambaran fungsi hati yang lebih komprehensif (Khan *et al.*, 2020). Dengan demikian, laboratorium medik berperan penting dalam mendeteksi dini risiko kerusakan hati akibat transfusi berulang.

Penelitian ini menggunakan data sekunder sehingga beberapa faktor yang berpotensi memengaruhi kadar ferritin serum maupun enzim transaminase, seperti kepatuhan terapi kelasi besi, lama menjalani transfusi, jumlah transfusi kumulatif, status infeksi hepatitis, status gizi, dan kondisi inflamasi tidak dapat dianalisis secara lebih mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukkan variabel-variabel tersebut agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi iron overload dan gangguan fungsi hati pada pasien thalasemia beta mayor.