

GAMBARAN KRISTAL HEMOGLOBIN PADA BERCAK DARAH YANG TERPAPAR PADA BEBERAPA ZAT PEMBERSIH LANTAI DOMESTIK NON KARBOL

Yessi Gusvita Sari
Enikarmila Asni
Mohammad Tegar Indrayana
yessigusvita@yahoo.com

ABSTRACT

Bloodstain is an evidence that often found in criminal case. Bloodstain which is found on a crime scene often already contaminated, there might be an effort to clean up the bloodstain on the floor by using floor cleaner agents. The exposure of cleaning agents potentially damaging membrane cell and denature protein inside the blood, so at the time when forensic examination of bloodstain has been done it is possible to generate different interpretations. This research is a descriptive research with experimental laboratory design to find out the description of haemoglobin crystal on bloodstain exposed by some non carbolic domestic floor cleaner agent using Teichmann test and Takayama test. This research shows that haemoglobin crystal can be found on eighty slide of bloodstain which has been flowed and swabbed by non carbolic domestic floor cleaner agents. The conclusion of this research is no effect of the exposure by non carbolic domestic floor cleaner agent against haemoglobin crystal description on the Teichmann and Takayama test.

Keywords : *bloodstain, non carbolic domestic floor cleaner agent, Teichmann test, Takayama test.*

PENDAHULUAN

Bercak darah merupakan bukti yang sering ditemukan pada suatu kasus kriminal dan bisa memberikan informasi yang penting, signifikan dan terpercaya untuk diidentifikasi.^{1,2} Darah mengandung hemoglobin yang tersusun dari suatu senyawa protein kompleks yaitu globin dan suatu senyawa bukan protein yaitu heme.³ Hemoglobin pada darah ini yang menjadi dasar penting untuk mendeteksi kebenaran suatu bercak darah.^{4,5}

Bercak darah yang ditemukan pada beberapa kasus sudah tidak lagi utuh, bercak darah dapat dihapus menggunakan agen pembersih dan pemutih oleh pelaku kejahatan untuk menghilangkan bukti, penghapusan bercak darah menggunakan agen pembersih dan pemutih akan berpotensi sebagai kontaminasi dan merusak deoksiribonukleat dari darah sehingga menghasilkan interpretasi yang berbeda saat pemeriksaan.⁶

Pemeriksaan bercak darah pada tempat kejadian perkara (TKP) berguna untuk membuktikan suatu bercak yang dicurigai itu adalah darah atau bukan. Pemeriksaan bercak darah terdiri dari tes presumptif sebagai tes pendahuluan diikuti dengan tes konfirmatif yang akan mengkonfirmasi hasil dari tes pendahuluan. Tes konfirmatif yang tersedia antara lain adalah tes Teichmann dan Takayama, Teichmann dan Takayama sebagai tes konfirmatif bisa membuktikan suatu bercak yang dicurigai darah pada TKP.²

Beam dan Arthur (1915),⁷ menyatakan beberapa modifikasi reagen untuk pemeriksaan kristal hemin yang dilakukan oleh beberapa ilmuwan tidak memberikan hasil yang memuaskan dari gambaran kristal hemin, metode yang dikemukakan oleh Teichmann dengan menggunakan reagen asam asetat glasial dan natrium klorida tetap menjadi yang lebih akurat untuk pemeriksaan bercak darah, pemeriksaan menggunakan metode Teichmann bisa mendeteksi bercak darah yang telah berumur 12 tahun dan telah dihapus sebagian menggunakan air sabun. Hasil positif pada pemeriksaan kristal hemin akan tampak kristal berwarna coklat dan berbentuk belah ketupat.⁴

Das (2012),⁸ meneliti gambaran kristal hemin dengan mengambil sampel darah manusia dan sampel darah beberapa hewan mamalia untuk melihat perbedaan gambaran kristal hemin yang berasal dari darah manusia dengan gambaran kristal hemin yang berasal dari darah hewan mamalia. Pemeriksaan yang dilakukan menggunakan metode Teichmann, hasil penelitian menyatakan tidak terdapat perbedaan signifikan antara gambaran kristal hemin yang berasal dari darah manusia dan kristal

hemin yang berasal dari darah hewan mamalia.

Metode lain pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yaitu tes Takayama dengan menggunakan reagen piridin, sodium hidroksida dan glukosa. Greaves (1932),⁹ menyatakan tes Takayama dapat digunakan pada bercak darah yang telah berusia lama, hasil positif tampak kristal berwarna merah muda dengan bentuk datar seperti jarum yang disebut kristal hemokromogen. Keer (1926),¹⁰ menyatakan pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah dengan metode Takayama memberikan hasil yang lebih baik dari metode Teichmann. Tes Takayama dapat digunakan jika pada pemeriksaan Teichmann tidak didapati hasil positif.¹¹

Dari latar belakang diatas penulis tertarik melakukan penelitian untuk melihat gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang dipapar dengan beberapa pembersih lantai domestik non karbol yang dijual di pasaran. Pemeriksaan yang ingin dilakukan adalah dengan metode Teichmann dan Takayama, pemeriksaan bercak darah menggunakan prinsip melakukan investigasi heme yang terkandung pada sampel bercak darah yang telah dipapar pembersih lantai tersebut.

Pemilihan metode kristal hemoglobin oleh peneliti karena sampai saat ini masih sangat sedikit informasi dari penelitian yang tersedia mengenai pengaruh paparan zat pembersih lantai terhadap gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah sebagai tes konfirmatif untuk deteksi kebenaran suatu bercak darah. Metode ini mudah untuk dilakukan serta alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini cukup sederhana dan mudah untuk didapatkan.⁴

Penelitian ini akan melengkapi data dari penelitian yang pernah dilakukan dan sebagai data informasi untuk bagian Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Riau Rumah Sakit Umum Daerah Arifin Achmad.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorik dengan jenis penelitian deskriptif. Penelitian ini melihat pengaruh paparan zat pembersih lantai domestik non karbol pada bercak darah terhadap gambaran kristal hemoglobin menggunakan metode pemeriksaan Teichmann dan Takayama.

Penelitian ini terdiri dari sampel penelitian yaitu bercak darah yang terpapar zat pembersih lantai domestik non karbol. Pembersih lantai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 merek pembersih lantai domestik non karbol yang dijual di sekitar kota Pekanbaru. Penelitian ini akan menggunakan 2 cara perlakuan pemaparan pembersih lantai terhadap bercak darah yaitu dengan cara bercak darah dialiri zat pembersih lantai dan bercak darah diusap dengan tekanan sebanyak 3 kali menggunakan tisu yang telah di celupkan pada larutan pembersih lantai, kemudian masing masing preparat yang telah terpapar akan dilakukan pemeriksaan Teichmann dan Takayama.

Preparat bercak darah yang dibuat untuk pemeriksaan Teichmann dengan cara dialiri sebanyak 10 preparat dan dengan cara diusap sebanyak 10 preparat. Preparat yang dibuat untuk pemeriksaan Takayama dengan cara dialiri sebanyak 10 preparat dan diusap sebanyak 10 preparat. Penelitian laboratorik pemeriksaan minimal harus

dilakukan secara duplo (2 kali pengulangan pada masing-masing pemeriksaan) sehingga didapatkan total jumlah preparat bercak darah yang dibuat sebanyak 80.

Pemeriksaan kristal hemin dilakukan dengan metode Teichmann dan pemeriksaan kristal hemokromogen dilakukan dengan metode Takayama.

a. Metode Teichmann

Prosedur pemeriksaan kristal hemin yang mengacu pada metode Teichmann.²

1. Tambahkan satu tetes NaCl menggunakan pipet tetes pada preparat bercak darah dan di homogenkan.
2. Kemudian panaskan dengan api bunsen sampai mengering.
3. Setelah kering tambahkan satu tetes asam asetat glasial dan tutup dengan kaca penutup gelas objek.
4. Panaskan lagi perlahan-lahan sampai terbentuk gelembung gas dibawah kaca penutup gelas objek
5. Amati dibawah mikroskop pada masing masing preparat dengan pembesaran 40x10.

b. Metode Takayama

Prosedur pemeriksaan kristal hemokromogen yang mengacu pada metode Takayama.²

1. Membuat reagen Takayama dengan mencampurkan larutan piridin sebanyak tiga ml, glukosa tiga ml, natrium hidroksida 10% sebanyak tiga ml, dan aquades sebanyak tujuh ml.
2. Teteskan satu tetes larutan Takayama pada preparat bercak darah yang telah dipapar pembersih lantai lalu tutup dengan kaca penutup gelas objek.

3. Panaskan secara perlahan-lahan sampai terbentuk gelembung kecil dibawah kaca penutup gelas objek (berada pada suhu 65⁰C).
4. Amati dibawah mikroskop dengan pembesaran 40x10.

Data yang didapat selama penelitian ini diolah dan dianalisis secara manual. Data berbentuk data kualitatif yaitu diberi tanda + (positif) jika dalam pemeriksaan ditemukan kristal hemoglobin dan tanda - (negatif) jika tidak ditemukan kristal hemoglobin. Selama waktu penelitian data yang didapat dilakukan penyuntingan data apakah data lengkap atau tidak kemudian dilakukan tabulasi yakni membuat tabel-tabel data. Setelah pengolahan data tersebut selesai dilakukan, hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan tekstural.

HASIL DAN PEMBAHASAN

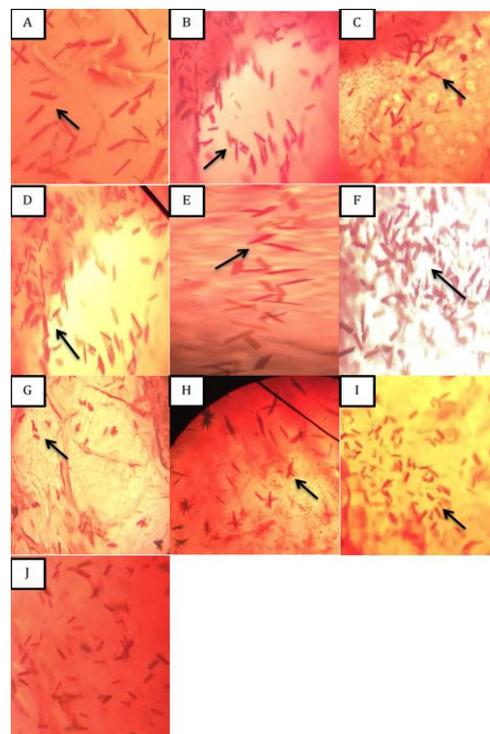
Hasil pemeriksaan gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang dipapar dengan beberapa zat pembersih lantai domestik non karbol dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 : Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin dengan metode pemeriksaan Teichmann dan Takayama pada bercak darah yang terpapar pada beberapa pembersih lantai domestik non karbol dengan cara dialiri dan diusap

NO	Kode	Teichmann		Takayama	
		Alir	Usap	Alir	Usap
1.	A	+	+	+	+
2.	B	+	+	+	+
3.	C	+	+	+	+
4.	D	+	+	+	+
5.	E	+	+	+	+
6.	F	+	+	+	+
7.	G	+	+	+	+
8.	H	+	+	+	+
9.	I	+	+	+	+
10.	J	+	+	+	+

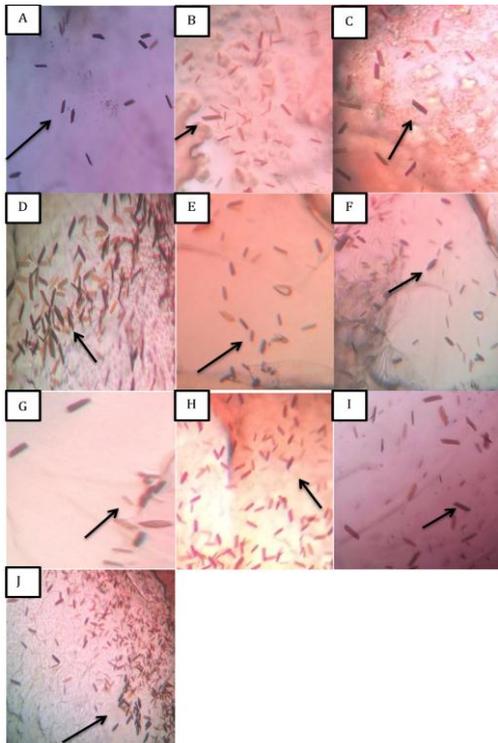
Sumber : Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan bahwa hasil pemeriksaan kristal hemoglobin menggunakan metode Teichmann tetap positif (+) pada pemaparan dengan cara dialiri maupun diusap. Hasil positif (+) artinya ditemukan kristal hemin berbentuk belah ketupat dan berwarna coklat, hasil negatif (-) dari pemeriksaan Teichmann tidak ditemukannya kristal berbentuk belah ketupat dan berwarna coklat yang dilihat dengan mikroskop pada pembesaran 40x10. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2



Gambar 4.1 : Hasil pemeriksaan kristal hemin menggunakan metode Teichmann dengan cara dialiri a. zat paparan A, b. zat paparan B, c. zat paparan C, d. zat paparan D, e. zat paparan E, f. zat paparan F, g. zat paparan G, h. zat paparan H, i. zat paparan I, j. zat paparan J.

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan juga bahwa hasil pemeriksaan kristal hemoglobin menggunakan metode Teichmann tetap positif (+) dengan cara pemaparan diusap, hasil pemaparan dengan cara diusap dapat dilihat pada Gambar 4.2.

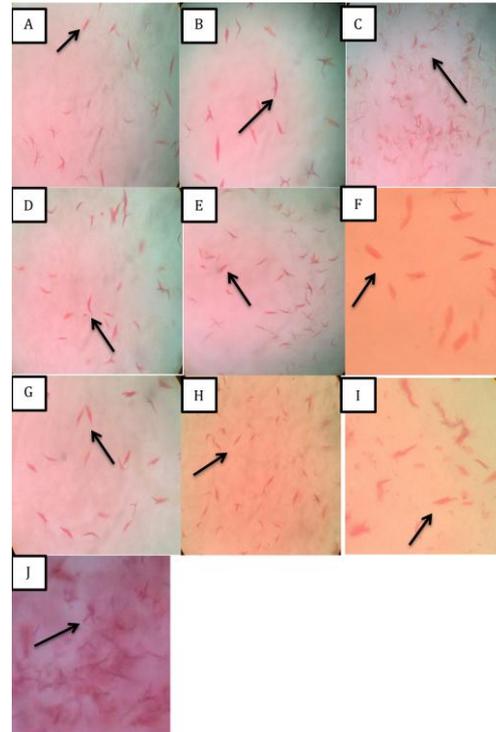


Gambar 4.2 : Hasil pemeriksaan kristal hemin menggunakan metode Teichmann dengan cara pemaparan diusap a. zat paparan A, b. zat paparan B, c. zat paparan C, d. zat paparan D, e. zat paparan E, f. zat paparan F, g. zat paparan G, h. zat paparan H, i. zat paparan I, j. zat paparan J.

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan bahwa hasil pemeriksaan kristal hemoglobin menggunakan metode Takayama tetap positif (+) dengan pemaparan dialiri maupun diusap. Hasil positif (+) artinya ditemukan kristal hemokromogen

berbentuk jarum dan berwarna merah muda.

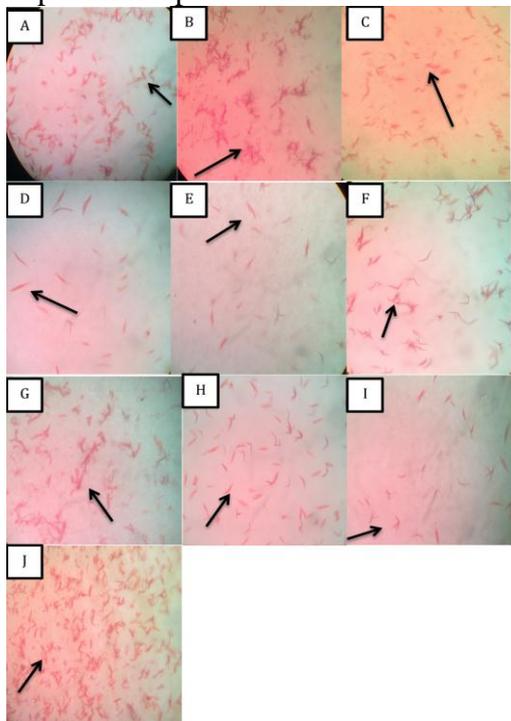
Hasil negatif (-) dari pemeriksaan Takayama tidak ditemukannya kristal berbentuk jarum dan berwarna merah muda yang dilihat dengan mikroskop pada pembesaran 40x10. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen menggunakan metode Takayama dengan cara dialiri. a. zat paparan A, b. zat paparan B, c. zat paparan C, d. zat paparan D, e. zat paparan E, f. zat paparan F, g. zat paparan G, h. zat paparan H, i. zat paparan I, j. zat paparan J.

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan juga bahwa hasil pemeriksaan kristal hemoglobin

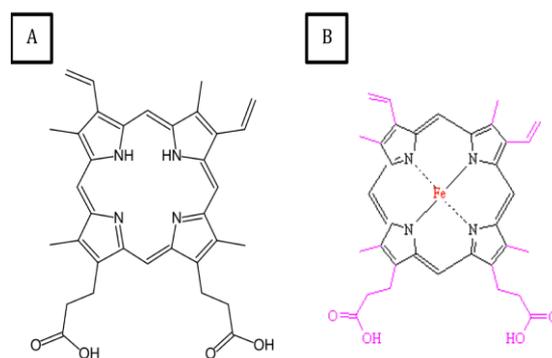
menggunakan metode Takayama tetap positif dengan cara pemaparan diusap, hasil pemaparan dengan cara diusap dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4: Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin menggunakan metode Takayama dengan cara diusap a. zat paparan A, b. zat paparan B, c. zat paparan C, d. zat paparan D, e. zat paparan E, f. zat paparan F, g. zat paparan G, h. zat paparan H, i. zat paparan I, j. zat paparan J.

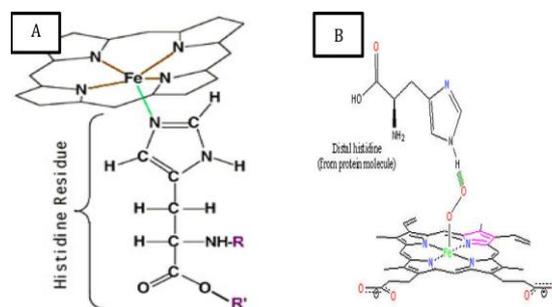
Hemoglobin merupakan suatu senyawa yang tersusun dari empat gugus heme yang menjadi target pada pemeriksaan bercak darah dan empat gugus protein globin, heme sendiri merupakan suatu senyawa kompleks yang terdiri dari porfirin dan Fe.^{3,12} Satu senyawa porfirin terdiri dari 4 cincin pirol (Gambar 5.1 a) yang akan berikatan dengan Fe sehingga membentuk satu molekul heme

(Gambar 5.1 b) ikatan yang terbentuk dari porfirin dan Fe merupakan suatu ikatan kimia kovalen yaitu suatu ikatan yang dibentuk oleh *sharing* pasangan elektron dari atom atom yang bergabung. Ikatan kovalen merupakan ikatan kimia yang paling kuat diantara ikatan-ikatan kimia lainnya, atom atom didalam ikatan kovalen tidak dapat dipisahkan tanpa menggunakan reaksi-reaksi kimia.^{13,14}



Gambar 5.1 : A. Struktur porfirin, B. Struktur heme¹⁴

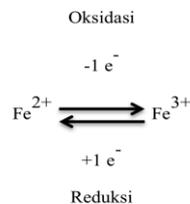
Heme pada saat deoksigenisasi terdiri dari 4 atom nitrogen porfirin dan 1 atom nitrogen histidin yang berasal dari protein yang terdapat didalam hemoglobin (Gambar 5.2 a), pada saat oksigenisasi heme terdiri dari 4 atom nitrogen porfirin, 1 atom nitrogen histidin dan 1 atom O₂ (Gambar 5.2 b).¹⁴



Gambar 5.2 : A. Heme deoksigenisasi, B. Heme oksigenisasi¹⁴

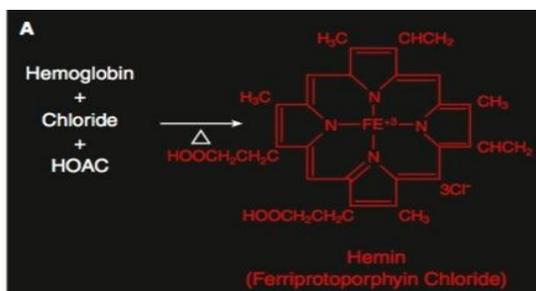
Fe yang terdapat didalam heme

sangat mudah mengalami oksidasi (pelepasan elektron) ketika Fe tidak berikatan dengan O_2 , dan akan tereduksi (menangkap elektron) saat berikatan dengan O_2 .³



Gambar 5.3 : Proses oksidasi dan reduksi Fe

Tes Teichmann merupakan tes konfirmatif untuk pemeriksaan bercak darah dengan menggunakan larutan asam asetat glasial dan natrium klorida sebagai reagen, pemanasan bercak darah menggunakan larutan tersebut akan menghasilkan kristal berwarna coklat dan berbentuk belah ketupat yang disebut kristal hemin (feriprotoporfirin klorida).¹¹ Kemungkinan pembentukan kristal ini terjadi karena elektron Fe merupakan senyawa yang mudah teroksidasi sehingga akan berikatan dengan klorida dan membentuk suatu ikatan kimia yang pada saat dilakukan pemeriksaan secara mikroskopis akan tampak suatu formasi yang disebut kristal hemin (feriprotoporfirin klorida) seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 : Reaksi kimia pada pemeriksaan Teichmann¹¹

Ikatan yang mungkin terbentuk dari asam asetat glasial (CH_3COOH) dan klorida saat berikatan dengan

elektron Fe yang teroksidasi adalah ikatan kovalen.

Ikatan kovalen terbentuk karena adanya pemakaian elektron bersama (*sharing*) antara atom-atom klorida dari reagen Teichmann dengan Fe pada heme. Ikatan ini merupakan ikatan kimia yang kuat sehingga perlu reaksi-reaksi kimia yang kuat pula untuk dapat memisahkan atom atom dalam ikatan kovalen.¹³

Pembersih lantai domestik non karbol adalah cairan yang mengandung berbagai jenis surfaktan yang memiliki fungsi sebagai bahan aktif untuk membersihkan permukaan, surfaktan terdiri dari bagian hidrofilik yang bersifat polar dan hidrofobik yang bersifat non polar.¹⁵ Kandungan senyawa benzalkonium klorida ($C_5H_6CH_2$) yang terdapat didalam pembersih lantai merupakan asam lemah dari jenis surfaktan kationik yang berkerja merusak permeabilitas membran sel.¹⁶ Pembersih lantai domestik non karbol juga mempunyai kandungan senyawa surfaktan non ionik (*ethoxylated alcohol*), surfaktan anionik (natrium lauril eter sulfat) dan basa kuat yaitu NaOH.^{17,18}

Pemaparan pembersih lantai pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengaliri larutan pembersih lantai pada bercak darah dan diusap sebanyak tiga kali menggunakan tisu yang telah dicelupkan pada pembersih lantai dan kemudian dilakukan pemeriksaan Teichmann.

Hasil dari pemeriksaan masih terbentuk kristal hemin pada seluruh preparat bercak darah yang diperiksa. Hasil positif pada tes Teichmann kemungkinan didasari oleh surfaktan tidak bisa merusak ikatan kovalen pada heme yang menjadi dasar penting pemeriksaan bercak darah, kemungkinan kedua surfaktan tidak dapat merusak ikatan kovalen yang terbentuk dari klorida dan Fe sehingga

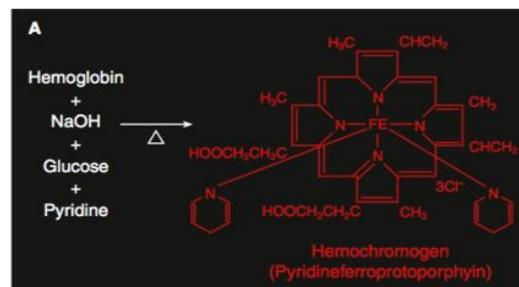
masih membentuk formasi kristal hemin pada saat pemeriksaan, hal ini mungkin disebabkan karena kandungan surfaktan dalam pembersih lantai hanya berkerja pada membran sel, dalam penelitian ini dikaitkan dengan struktur pada membran eritrosit yang akan mengalami lisis tapi tidak mengganggu struktur pada heme itu sendiri. Peneliti berpendapat kemungkinan saat terjadi lisis eritrosit akan membuat heme keluar dari membran, berdasarkan pemeriksaan kristalografi heme tersembunyi di dalam suatu kantong yang terbentuk dari lipatan-lipatan peptida globin.³ Heme yang keluar akan berkontak langsung dengan reagen sehingga akan memudahkan reaksi pembentukan kristal.

Ikatan kovalen dapat dipengaruhi oleh suhu, hal ini dapat dikaitkan dengan reagen natrium klorida (NaCl) yang digunakan pada pemeriksaan Teichmann mempunyai titik didih 1465⁰C sehingga dibutuhkan energi panas lebih dari 1465⁰C untuk dapat memisahkan ikatan.¹⁶ Cara lain yang mungkin bisa memutuskan ikatan pada heme adalah dengan reaksi kimia, dalam penelitian yang dilakukan oleh Vasconcelos (2006),¹⁹ enzim yang biasanya terdapat dalam deterjen sebagai formula tambahan selain surfaktan berfungsi sebagai biokatalis yang berkerja mempercepat proses suatu reaksi kimia organik, enzim bisa mendegradasi protein yang terdapat didalam darah sehingga berpotensi merusak ikatan hemoglobin.

Dalam penelitian ini surfaktan anionik, non ionik maupun kationik yang terdapat didalam pembersih lantai tidak memberikan efek terhadap ikatan kovalen yang terbentuk. Penelitian menunjukan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) yang termasuk dalam surfaktan anionik akan mengakibatkan heme mengalami degradasi menjadi *hemichrome*.²⁰

Namun belum ada penelitian yang menjelaskan apakah heme yang mengalami degradasi akan mempengaruhi pembentukan dari kristal hemoglobin. *Power of Hydrogen* (pH) juga diketahui dapat mempengaruhi ikatan kovalen, kandungan NaOH yang terdapat didalam pembersih lantai merupakan basa kuat dengan pH pada NaOH murni adalah 14,8.¹⁷ Pada hasil penelitian NaOH tidak memberikan efek pada ikatan kovalen yang terbentuk, kemungkinan hal ini terjadi karena konsentrasi NaOH pada pembersih lantai sangat rendah dan telah bercampur dengan air dan alkohol sehingga pH NaOH tidak bersifat basa kuat lagi.

Tes Takayama merupakan tes konfirmatif untuk pemeriksaan bercak darah dengan menggunakan larutan piridin, glukosa, dan sodium hidroksida (NaOH) 10% sebagai reagen. Saat reagen berikatan dengan heme akan menghasilkan formasi kristal hemokromogen yang berwarna merah jambu dan berbentuk seperti jarum.¹¹ Kemungkinan pembentukan kristal ini terjadi karena oksidasi elektron Fe yang berikatan dengan NaOH, glukosa (C₆H₁₂O₆) dan piridin (C₅H₅N) sehingga membentuk suatu ikatan kimia dan saat dilakukan pemeriksaan secara mikroskopis akan tampak suatu formasi yang disebut kristal hemokromogen (piridinferroprotoporfirin) seperti pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 : Reaksi kimia pada pemeriksaan Takayama¹¹

Ikatan yang mungkin terbentuk dari reagen saat berikatan dengan elektron Fe yang teroksidasi adalah ikatan kovalen. Ikatan kovalen terbentuk karena adanya pemakaian elektron bersama (*sharing*) antara atom-atom dari reagen Takayama dengan Fe pada heme. Ikatan ini merupakan ikatan kimia yang kuat sehingga perlu reaksi-reaksi kimia yang kuat pula untuk dapat memisahkan atom atom dalam ikatan kovalen.¹³ Larutan NaOH yang mempunyai titik didih 1390⁰C dan piridin memiliki titik didih 115,2⁰C sehingga dibutuhkan suhu yang tinggi untuk merusak ikatan kimia yang terbentuk.²¹

Pada pemeriksaan dengan metode Takayama prosedur pemaparan zat pembersih lantai sama seperti yang dilakukan pada penelitian dengan menggunakan tes Teichmann. Pemeriksaan dengan metode Takayama didapatkan hasil positif pada semua preparat yang diperiksa. Hasil dari pemeriksaan dengan metode Takayama dapat semakin memperkuat kemungkinan kandungan surfaktan pada pembersih lantai tidak mempengaruhi ikatan kovalen pada heme maupun ikatan kovalen yang terbentuk saat heme berikatan dengan reagen.

Hasil dari penelitian ini adalah pemeriksaan dengan metode Teichmann dan Takayama pada 80 preparat bercak darah yang terpapar pembersih lantai domestik non karbol merek A,B,C,D,E,F,G,H,I, dan J memberikan hasil positif.

Hasil positif pada penelitian ini kemungkinan terkait dengan cara pemaparan yang dilakukan dan media yang digunakan untuk bercak darah (gelas objek), hasil positif pada penelitian ini belum tentu memberikan hasil yang sama apabila metode penghapusan bercak dan media

berbeda (misalnya bercak pada pakaian atau bercak dilantai). Hasil penelitian ini mungkin juga dipengaruhi oleh lama waktu pemaparan dan konsentrasi zat paparan.

Hasil pada penelitian ini belum tentu memberikan hasil yang sama pada bercak darah yang dipaparkan dengan pembersih lantai dalam waktu yang lebih lama dan konsentrasi yang lebih tinggi. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat apakah konsentrasi zat paparan, lama pemaparan dan cara pemaparan berpengaruh terhadap struktur heme.

Perlu diperhatikan pembahasan pada hasil penelitian ini masih berupa kemungkinan-kemungkinan dari pemikiran peneliti berdasarkan teori yang ada, untuk lebih memastikan perlu dilakukan penelitian lebih mendalam agar mengetahui pengaruh kandungan senyawa kimia yang terdapat dipembersih lantai terhadap struktur hemoglobin.

Kekurangan dari penelitian ini adalah hanya menggunakan 80 preparat bercak darah yang dilakukan pemaparan sehingga perlu dilakukan pemeriksaan dengan jumlah preparat bercak darah yang lebih banyak, penelitian ini juga hanya menggunakan zat paparan pembersih lantai domestik non karbol dan tidak mencakup seluruh agen pembersih yang mungkin digunakan oleh pelaku untuk menghilangkan bukti dan alat dokumentasi yang digunakan pada penelitian ini tidak begitu baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Fakultas Kedokteran Universitas Riau, dr. Enikarmila Asni, M.Biomed, M.Med.Ed dan dr. M. Tegar Indrayana, Sp.F selaku

pembimbing, dr. Wiwik Rahayu, M.Kes dan dr. Fatmawati Sp.PK selaku penguji serta dr. Lilly Haslinda, M.Biomed selaku supervisi yang telah memberikan waktu, ilmu, nasehat dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gardner RM. Practical crime scene processing and investigation 2nd edition. CRC Press. 2012;Pg : 331-33.
2. Veeraraghavan V, Lekuse S. Forensic science laboratory practice and procedure. Pg : 218-34.
3. Sadikin. Biokimia darah. Jakarta. EGC. 2001.
4. Virkler K, Lednev I. Analysis of body fluids for forensic purposes: From laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. Journal of Forensic Sci. International. 2009 march;Pg : 2-7.
5. James HS, Eckert WG. Interpretation of bloodstain evidence at crime scenes 2nd ed. CRC press. 1999;Pg : 56-60.
6. Harris KA, Thacker CR, Ballard D. The effect of cleaning agents on the DNA analysis of blood stains deposited on different substrates. International Congress Series. 2006;Pg : 589-91.
7. Beam W, Arthur G. On a greatly improved haemin test for blood with notes on some recently proposed methods. Biochemical Journal. 1915 March; Pg : 161-70.
8. Das P. Comparative studies of haemin crystal of mammals – structural and statistical analysis. International Journal of Scientific and Research Publications; 2012 Dec.
9. Greaves A. The use takayama's solution in the identification of bloodstain. The British Medical Journal; 1932 May.
10. Keer D. Haemochromogen test for blood . The British Medical Journal; 1926 Feb.
11. Stuart HJ, Paul K, Pauletten S. Principles of bloodstain analysis theory and practice and practical aspects of criminal and forensic investigation series. CRC press. 2005;Pg : 350-364.
12. Serwood L. Fisiologi manusia dari sel ke sistem 6th ed. Jakarta. EGC. 2011;Hal : 421-433.
13. Sukmariah, Kamianti. Kimia Kedokteran. Jakarta. Binarupa Aksara. 1990; Hal 64-7, 221-7.
14. Casiday R, Frey R. Hemoglobin and the Heme Group: Metal Complexes in the Blood for Oxygen Transport Inorganic Synthesis Experiment. USA. Department of Chemistry Washington University. 2007.
15. Awaluddin N. Pengaruh penambahan surfaktan sodium dodhecy sulfate terhadap mekanik dan thermal nanokomposit alam organobentonit [skripsi]. Sumatera Utara. Universitas

- Sumatera Utara; 2013. Diakses dari: <http://Repository.usu.ac.id>.
16. Ali F, Maryam E. The disinfectant effects of benzalkonium chloride on some important foodborne pathogens. *American-Eurasian Journal. Agric & Environ Sci.* 2012.
 17. Sodium hydroxide. Di download dari [diakses tanggal 5 desember 2014] www.prevor.com.
 18. Bruns M, Jelen E. Anaerobic Biodegradation of Detergent Surfactants. Germany. Fraunhofer Institute for Enviromental, Safety and Energy. 2009. Available at www.mdpi.com [cited on 15 January 2015].
 19. Vasconcelos, Silva, Schroeder, Guebitz. Detergent formulations for wool domestic washing containing immobilized enzymes. Springer Science. May 2006;Pg : 725-731.
 20. Salehi N . Heme degradation upon production of endogenous hydrogen peroxyde via interaction of hemoglobin with sodium dodecyl sulfate. *Journal of Photochemistry and photobiology.* 2014. available at <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.02.014>. [cited 15 january 2015].
 21. Riawan S. Kimia organik untuk mahasiswa kedokteran, kedokteran gigi dan perawat. Jakarta. Binarupa Aksara;Hal : 97, 189.