

KRISTAL HEMOGLOBIN PADA BERCAK DARAH YANG TERPAPAR BEBERAPA DETERJEN CAIR MELALUI TES TEICHMANN DAN TES TAKAYAMA

Nurfi Pratiwi
Enikarmila Asni
Mohammad Tegar Indrayana
nurfi.pratiwi@yahoo.com

ABSTRACT

Bloodstain were could be found on a lot of form of violence. Bloodstain at the crime scene often cleaned by the offender to cover the crime. One of the cleaning agents that might be used by the offender is liquid detergent. The bloodstain that has been contaminated by liquid detergent could give a different representation on the forensic bloodstain examination. This study was conducted to determine the formation of hemoglobin crystal on contaminated bloodstain by some liquid detergents using Teichmann and Takayama test. Each dried bloodstains over the slides were flowed by liquid detergent solutions, then examined if the hemoglobin cystal were formed or not. In this study, there were a total of 28 slides were studied and obtained positive results in all slides (100%) through Teichmann or Takayama test. The results of this study showed that hemoglobin crystals can still be found in the bloodstain that had been contaminated by liquid detergent through Teichmann and Takayama test. Therefore, the conclusion of this study is liquid detergents that used can not affect the formation of hemoglobin crystal using Teichmann and Takayama tests.

Kata kunci: *bloodstain, hemoglobin crystal, liquid detergent, Teichmann, Takayama*

PENDAHULUAN

Darah adalah jenis cairan tubuh yang sering ditemukan pada suatu tempat kejadian perkara. Darah merupakan komponen cair dalam tubuh manusia yang berfungsi sebagai alat pengangkut oksigen dan nutrisi ke seluruh jaringan tubuh. Darah terbagi atas dua komponen yaitu plasma darah dan sel - sel darah.¹ Sel-sel darah terbagi atas tiga jenis, yaitu eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih),

dan trombosit (keping darah). Sel darah merah mengandung hemoglobin (Hb) yang berfungsi sebagai transpor oksigen dan karbon dioksida, serta sebagai pemberi warna merah pada sel darah merah.^{2,3}

Darah mudah ditemukan pada hampir semua bentuk tindak kekerasan. Darah yang mengering akan membentuk bercak darah yang berwarna merah tua hingga cokelat kehitaman. Bercak darah tersebut dapat dilihat pada pakaian korban

dan pelaku, lantai, ataupun pada senjata tajam yang digunakan oleh pelaku. Jika ditemukan bercak berwarna kemerahan pada suatu tempat kejadian perkara, maka harus dipastikan terlebih dahulu bercak tersebut adalah darah atau tidak.

Pemeriksaan bercak darah dilakukan melalui 3 tahapan di laboratorium forensik. Ketiga tahapan tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah bercak tersebut adalah darah, untuk mengetahui apakah darah tersebut berasal dari manusia, dan untuk mengetahui golongan bercak darah tersebut.⁴ Tahapan tes yang digunakan untuk pemeriksaan bercak darah forensik adalah tes presumtif, tes konfirmatif dan tes tambahan. Pada tes konfirmatif, terdapat dua tes yang paling umum dilakukan. Kedua tes tersebut adalah tes Teichmann dan tes Takayama. Tes Teichmann berguna untuk melihat gambaran kristal hemin, yaitu kristal berbentuk batang dan berwarna merah kecokelatan yang terbentuk dari reaksi pemanasan bercak darah yang dicampur dengan klorida dan asam asetat glasial. Sedangkan pada tes Takayama, hasil dinyatakan positif apabila terbentuk kristal *pyridine ferriprotoporphyrin* atau kristal hemokromogen. Kristal ini berbentuk jarum halus berwarna jingga kemerahan dan terbentuk melalui pemanasan bercak darah yang dicampur dengan piridin dan glukosa dalam suasana basa. Hasil dari kedua tes tersebut membuktikan

secara ilmiah adanya darah pada suatu sampel bercak darah.^{5,6}

Darah yang ditemukan pada tempat kejadian perkara sering dibersihkan oleh pelaku untuk menutupi perbuatannya. Deterjen cair adalah salah satu pembersih yang dipergunakan pelaku untuk menghapus bukti tersebut. Deterjen merupakan campuran dari bahan – bahan khusus yang dapat digunakan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan benda. Komposisi utama deterjen adalah surfaktan. Surfaktan bersifat menurunkan tegangan permukaan larutan, memecahkan gumpalan partikel kotoran, dan melarutkannya ke dalam cairan.^{7,8} Deterjen dapat dibedakan berdasarkan bentuk fisiknya dan berdasarkan sifatnya. Deterjen dalam bentuk cair memiliki beberapa kelebihan dibanding deterjen dalam bentuk fisik yang lain. Kelebihan tersebut antara lain adalah memiliki kadar surfaktan yang lebih tinggi, lebih mudah larut di dalam air, dan lebih efektif mengangkat noda berlemak.⁹ Pengguna deterjen cair meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri deterjen. Dengan meningkatnya permintaan maka perusahaan akan meningkatkan suplai untuk dapat didistribusikan, sehingga deterjen cair dewasa ini cukup mudah ditemukan di toko manapun.

Darah yang telah tercampur dengan deterjen cair tersebut kemungkinan akan memberikan

gambaran yang berbeda pada pemeriksaan bercak darah forensik. Penelitian spesifik mengenai pengaruh deterjen cair terhadap tes konfirmatif pemeriksaan darah forensik hingga saat ini belum dilakukan. Namun penelitian mengenai tes presumtif pada bercak darah yang telah dicuci dengan deterjen telah dilakukan oleh Adair, Rebecca dan Shaw (2005). Pada penelitian tersebut dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan reagen *leuco-crystal violet* (LCV) dan luminol pada kain yang telah dicuci bersih dengan menggunakan deterjen. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa meski telah dicuci, hasil positif tetap didapatkan melalui pemeriksaan luminol dan LCV.¹⁰ Penelitian presumtif tersebut tidak dilanjutkan ke tahap konfirmatif. Oleh karena itu, peneliti ingin mengidentifikasi gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang sudah terpapar deterjen cair melalui dua jenis tes konfirmatif, yaitu tes Teichmann dan tes Takayama.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan jenis *pre* dan *post test design*. Penelitian dilakukan dengan melakukan identifikasi gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang telah dipaparkan dengan berbagai deterjen cair melalui tes Teichmann dan tes Takayama.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 28 Januari – 6 Februari 2015 di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Riau. Sampel pada penelitian ini adalah 28 *slide* bercak darah dan tujuh merk deterjen cair yang dilarutkan sesuai petunjuk pemakaian yang terdapat di berbagai toko di Pekanbaru.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Alat Penelitian

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : 30 *slide glass*, 30 *deck glass*, pipet mikro p1000, gelas ukur, pengaduk kaca, tabung buret, pemegang kayu, pembakar bunsen , spuit, tabung EDTA, mikroskop.

b. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : reagen Teichmann (akuades, 1 tetes NaCl 0,9%, 1 tetes asam asetat glasial), reagen Takayama (3 ml *pyridine* 1%, 3 ml glukosa, 3 ml NaOH 10%, 7 ml akuades), air, darah, dan tujuh jenis produk deterjen cair.

Adapun prosedur yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Pembuatan bercak darah

Bercak darah dibuat dengan cara mengambil 5 ml darah dari pembuluh vena sukarelawan dengan menggunakan jarum suntik. Darah tersebut kemudian dimasukkan kedalam 2 buah tabung EDTA. Darah dari tabung EDTA diambil sebanyak 0,1 ml, kemudian ditetaskan pada *slide glass* dan dibiarkan mengering dalam suhu

ruangan (25°C) selama minimal 1 jam untuk pembuatan bercak darah. *Slide* bercak darah yang digunakan adalah sebanyak 30 *slide*, terdiri dari 14 *slide* untuk tes Teichmann dengan paparan 7 deterjen cair, 14 *slide* untuk tes Takayama dengan paparan 7 deterjen cair dan 2 *slide* kontrol tanpa paparan deterjen cair.

2. Pembuatan larutan deterjen

Deterjen cair diencerkan sesuai dengan petunjuk pemakaian yang terletak dibagian belakang kemasan deterjen. Standar pemakaian sesuai petunjuk pemakaian tersebut adalah dengan melarutkan satu tutup botol (50 ml) deterjen cair untuk setiap 10 liter air, namun dalam penelitian ini akan disetarakan menjadi 1 ml deterjen cair untuk setiap 0,2 liter air. Setiap jenis deterjen akan dikodekan sesuai alfabet menjadi Deterjen A, B, C, D, E, F, dan G. Masing – masing deterjen cair tersebut akan diencerkan dalam 7 gelas ukur berbeda, diaduk dengan menggunakan pengaduk kaca sampai larutan deterjen tersebut terlihat homogen, dan kemudian masing – masing gelas ukur diberi label sesuai kode.

3. Pemaparan bercak darah

Larutan deterjen cair tersebut akan dialirkan ke *slide* bercak darah melalui tabung buret. Tabung buret diletakkan setinggi $\pm 2\text{ cm}$ dari bagian ujung atas *slide* bercak darah. *Slide* bercak darah diatur dalam posisi 45° , kemudian bercak darah dialiri dengan larutan deterjen cair sebanyak 50 ml. Pengaliran

dilakukan dari ujung atas *slide glass*. Masing – masing jenis deterjen cair mengalir 4 buah *slide* bercak darah. Pinggiran *slide* yang telah dialirkan kemudian dikeringkan dengan tissue.

4. Pembentukan kristal Hemin dan Hemokromogen

a. Metode Teichmann

Prosedur pemeriksaan kristal hemin mengacu pada metode Teichmann.⁵

- 1) Bercak darah kering ditaruh pada kaca objek
- 2) Tambahkan 1 tetes Akuades dan 1 tetes NaCl 0,9 %, lalu panaskan diatas bunsen $\pm 65^{\circ}\text{C}$ hingga sedikit mengering
- 3) Tambahkan 1 tetes asam asetat glasial dan tutup dengan kaca penutup
- 4) Panaskan kaca objek diatas bunsen $\pm 65^{\circ}\text{C}$ selama 15 detik, kemudian dinginkan.
- 5) Setelah dingin, amati bentukan kristal dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x.

b. Metode Takayama

Prosedur pemeriksaan kristal hemokromogen mengacu pada metode Takayama.⁵

- 1) Bercak darah di taruh pada kaca objek,
- 2) Tambahkan 1 tetes reagen takayama (campuran 7 ml Akuades, 3 ml *pyridine*, 3 ml NaOH, dan 3 ml glukosa), kemudian ditutup dengan kaca penutup

- 3) Panaskan *slide* bercak darah tersebut pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$ selama 10-15 detik dan dibirkan dingin
- 4) Setelah dingin, amati bentukan kristal dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x.
5. Pengamatan kristal yang terbentuk

Amati gambaran bercak darah dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x atau 100x setelah preparat dibiarkan dingin. Kemudian amati terbentuk atau tidaknya kristal hemin dan kristal hemokromogen pada *slide* bercak darah tersebut.

Data yang diperoleh berdasarkan eksperimen diolah dan dimasukkan ke dalam bentuk tabel. Hasil pengamatan terhadap kristal hemoglobin tersebut akan diolah secara manual, kemudian didokumentasi gambaran yang terbentuk untuk kemudian dimasukkan dalam tabel frekuensi berisi hasil positif (+) dan negatif (-), serta tabel berupa gambaran hasil kristal hemoglobin yang terbentuk.

Penelitian ini telah dinyatakan lulus kaji etik oleh Unit Etik Fakultas Kedokteran Universitas Riau berdasarkan Surat Keterangan Lolos Kaji Etik nomor: 08/UN19.1.28/UEPKK/2015.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium dengan jenis penelitian deskriptif mengenai gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang

telah dipaparkan dengan berbagai jenis deterjen cair melalui dua jenis tes konfirmatif pemeriksaan darah forensik, yaitu tes Teichmann dan tes Takayama. Penelitian dilakukan selama 7 hari dimulai pada tanggal 1 Februari hingga 7 Februari 2015 di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Riau. Objek penelitian ini berupa bercak darah yang diambil dari darah pembuluh vena peneliti sejumlah 5 mL, kemudian diteteskan pada 30 *slide glass* sebanyak 0,1 mL pada masing – masing *slide*, dan dibiarkan mengering selama minimal satu jam pada suhu ruangan. Deterjen cair yang digunakan pada penelitian ini adalah tujuh merk deterjen cair yang diberi label A, B, C, D, E, F, G, dengan bahan aktif surfaktan dan diencerkan sesuai dengan petunjuk pemakaian deterjen. *Slide* bercak darah yang telah dialirkan deterjen cair kemudian dilanjutkan untuk pemeriksaan bercak darah forensik, yaitu melalui tes Teichmann dan tes Takayama.

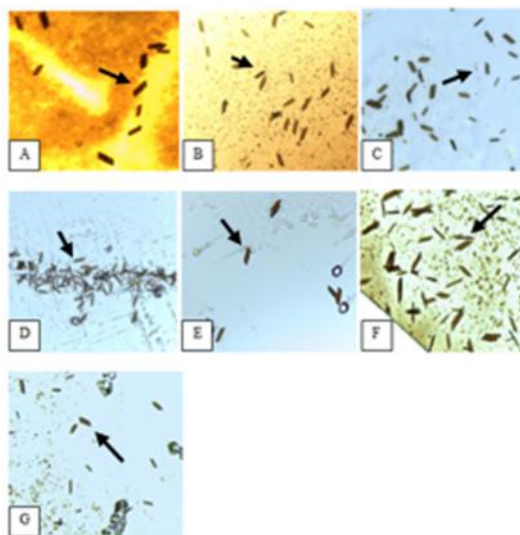
1. Hasil Tes Teichmann

Tabel 1 - Hasil tes Teichmann pada bercak darah yang terpapar beberapa deterjen cair

Merk Deterjen	Hasil tes Teichmann	
	Positif (+)	Negatif (-)
Deterjen A	Positif (+)	-
Deterjen B	Positif (+)	-
Deterjen C	Positif (+)	-
Deterjen D	Positif (+)	-
Deterjen E	Positif (+)	-
Deterjen F	Positif (+)	-
Deterjen G	Positif (+)	-
JUMLAH	7 (100%)	0

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil 100% positif atau kristal hemin dapat ditemukan pada seluruh *slide* bercak darah yang telah dipaparkan dengan deterjen cair. Kristal hemin memiliki ciri berupa bentuk prisma yang berwarna merah kecokelatan. Pada penelitian ini gambaran kristal hemin yang diperiksa dibawah mikroskop dengan perbesaran 400x tersebut tidak memiliki perbedaan dengan gambaran kristal hemin pada bercak darah yang tidak mendapat paparan (preparat kontrol).

Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 1.



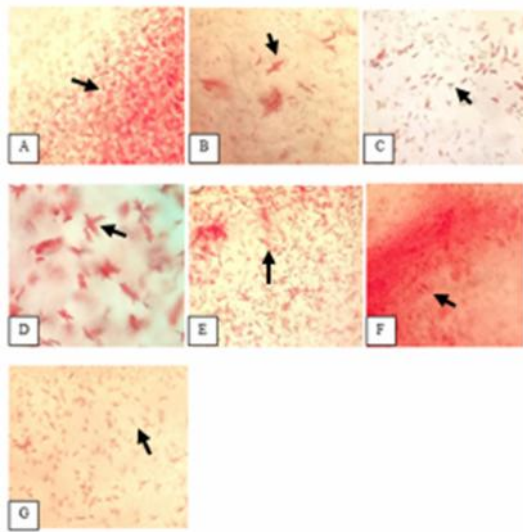
Gambar 1 Gambaran kristal hemoglobin Teichmann pada bercak darah dengan pemaparan deterjen cair. Gambar diambil pada pembesaran 400x dibawah mikroskop,. A. Deterjen A, B. Deterjen B, C. Deterjen C D. Deterjen D E. Deterjen E F. Deterjen F G. Deterjen G

2. Hasil Tes Takayama

Tabel 2 - Hasil tes Takayama pada bercak darah yang terpapar beberapa deterjen cair

Merk Deterjen	Hasil tes Takayama	
	Positif (+)	Negatif (-)
Deterjen A	Positif (+)	-
Deterjen B	Positif (+)	-
Deterjen C	Positif (+)	-
Deterjen D	Positif (+)	-
Deterjen E	Positif (+)	-
Deterjen F	Positif (+)	-
Deterjen G	Positif (+)	-
JUMLAH	7 (100%)	0

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil 100% positif atau kristal hemokromogen dapat ditemukan pada seluruh *slide* bercak darah yang telah dipaparkan dengan deterjen cair. Kristal hemokromogen berbentuk jarum yang berwarna kemerahan. Pada penelitian ini gambaran kristal hemokromogen tersebut tidak memiliki perbedaan dengan gambaran kristal hemin pada bercak darah yang tidak mendapat paparan (preparat kontrol). Gambaran kristal hemokromogen diperoleh dengan pemeriksaan dibawah mikroskop melalui perbesaran 400x. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Gambaran kristal hemoglobin Takayama pada bercak darah dengan pemaparan deterjen cair. Gambar diambil pada pembesaran 400x dibawah mikroskop,. A. Deterjen A, B. Deterjen B, C. Deterjen C D. Deterjen D E. Deterjen E F. Deterjen F G. Deterjen G

Pada seluruh pemeriksaan didapatkan hasil positif 100% yang menunjukkan bahwa bercak darah yang telah terpapar beberapa jenis deterjen cair masih dapat membentuk kristal hemin melalui tes Teichmann dan kristal hemokromogen melalui tes Takayama.

PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar beberapa deterjen cair

melalui tes Teichmann dan tes Takayama dalam pemeriksaan konfirmatif bercak darah laboratorium forensik.

Penelitian dilakukan dengan cara mengalirkan 50 mL larutan deterjen cair melalui tabung biuret ke preparat bercak darah, kemudian bercak darah tersebut dibiarkan mengering dan dilanjutkan dengan pemeriksaan Teichmann dan Takayama. Pengaliran larutan deterjen cair tidak mengakibatkan bercak darah di preparat terhapus.

Faktor yang berperan dalam penelitian ini adalah heme sebagai komponen utama yang bereaksi dengan reagen Teichmann dan Takayama, serta surfaktan dan komposisi lain dalam deterjen yang kemungkinan dapat merusak ikatan gugus heme. Struktur heme dapat rusak apabila terdapat energi lain yang lebih kuat dari ikatan kovalen antar molekul heme yang mengganggu stabilitas ikatan tersebut. Beberapa faktor yang memungkinkan tidak terbentuknya kristal hemoglobin antara lain kandungan enzim, kalor, dan perubahan pH akibat paparan zat pembersih.

1. Kristal hemoglobin yang terpapar beberapa deterjen cair melalui tes Teichmann

Penelitian ini menggunakan tujuh merk deterjen cair yang berbeda yang memiliki komposisi utama berupa surfaktan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kristal hemin dapat ditemukan pada

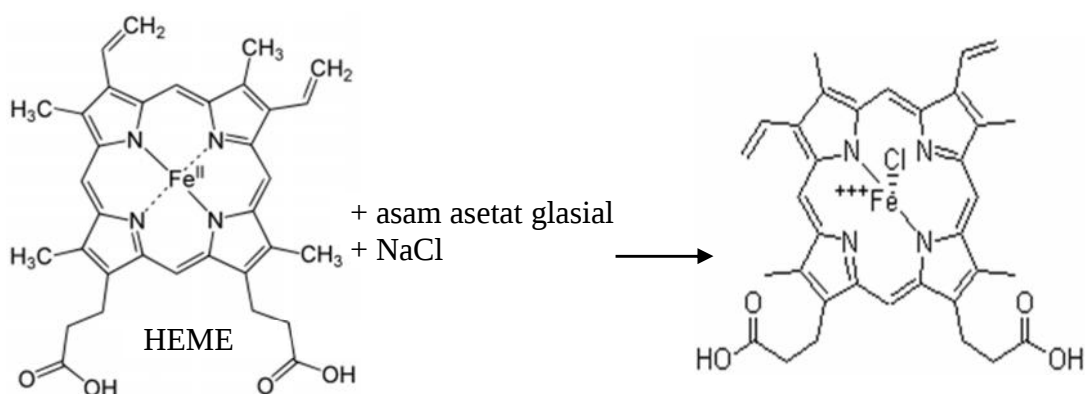
seluruh bercak darah yang diperiksa dengan menggunakan tes Teichmann. Hasil pengamatan dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x memperlihatkan gambaran kristal hemoglobin berwarna kecokelatan berbentuk batang prisma. Hasil ini positif karena sesuai dengan bentuk normal dari kristal hemin tanpa paparan deterjen.

Hasil tersebut didapat karena beberapa kemungkinan. Kemungkinan pertama adalah ketidakmampuan surfaktan dalam deterjen cair dalam merusak gugus *heme*. Molekul surfaktan terdiri atas gugus *hidrofilik* dan *hidrofobik/lipofilik*. Kedua gugus ini bekerja secara berbeda. Gugus *hidrofobik* bersifat mengikat kotoran, yakni lemak dan protein, sedangkan gugus *hidrofilik* bersifat mendispersi kotoran tersebut ke dalam air.^{7,8,17} Berdasarkan sifat tersebut, molekul surfaktan dapat merusak membran sel eritrosit yang terdiri atas lipid dan protein. Hal tersebut menyebabkan sel eritrosit menjadi lisis sehingga hemoglobin dapat keluar ke lingkungan sekitar. Hemoglobin yang berada diluar membran sel akan mudah berikatan dengan reagen tes Teichmann dan kemudian membentuk kristal hemin.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Adair, Rebecca dan Shaw (2005) menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian ini. Penelitian tersebut menggunakan deterjen cair untuk mencuci bercak darah yang terdapat pada pakaian

untuk kemudian dilakukan pemeriksaan presumtif berupa tes luminol dan LCV.¹⁰ Kedua tes ini menggunakan prinsip oksidasi kimia pada zat kromogenik (zat yang dapat merubah warna atau menjadi senyawa berwarna lainnya) oleh agen pengoksidasi yang dikatalisasi oleh heme dalam darah sehingga menghasilkan perubahan warna.⁵ Selain itu, penelitian lain dilakukan oleh Marcelisa S (2015) dengan menggunakan tes Teichmann pada bercak darah yang dialirkan dengan larutan deterjen bubuk juga memberikan hasil yang positif.²⁴ Hasil positif pada kedua penelitian tersebut mendukung hasil penelitian ini dan menunjukkan bahwa surfaktan tidak mempengaruhi gugus heme yang merupakan faktor penentu dalam pembentukan kristal hemin melalui tes Teichmann.

Kemungkinan kedua adalah surfaktan dalam deterjen tidak dapat mengganggu ikatan kimia yang terjadi dalam pembentukan kristal hemin. Reaksi pembentukan kristal hemin dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Reaksi pembentukan kristal hemin^{25,26}

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa gugus *heme* merupakan suatu ikatan kovalen koordinasi.²⁷ Ikatan kovalen koordinasi merupakan ikatan yang terbentuk dari penggunaan bersama sepasang elektron yang berasal dari salah satu atom.²⁸ Gugus *heme* mengandung atom Fe^{2+} sebagai pusat yang berikatan dengan 4 atom N. Kemudian jika direaksikan dengan reagen Teichmann, maka ion besi akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} dan kelebihan elektron tersebut akan berikatan dengan Cl membentuk *ferriprotoporphylin chloride* yang memiliki titik lebur 300°C .²⁶ Untuk memutuskan suatu ikatan akan dibutuhkan energi lebih dari energi yang dibutuhkan untuk senyawa tersebut berikatan. Semakin banyak jumlah ikatan, akan semakin besar energi yang dibutuhkan. Energi berbanding lurus dengan kalor, karena itu semakin banyak energi maka semakin tinggi kalor yang dibutuhkan.

Selain penambahan kalor, cara lain untuk memutuskan suatu ikatan kimia adalah dengan penambahan katalis. Enzim adalah biokatalis yang dapat ditemukan pada beberapa jenis deterjen. Enzim protease merupakan enzim utama yang dipakai dalam deterjen untuk menghidrolisis protein pada pakaian, sehingga kotoran seperti darah yang mengandung protein akan mudah tercuci. Enzim protease dapat bekerja optimal dalam pH alkali.²⁹ Penelitian yang dilakukan oleh Vasconcelos (2006) mengungkapkan bahwa enzim sebagai biokatalis mampu mendegradasi protein didalam darah sehingga pakaian akan lebih cepat bersih karena surfaktan dalam deterjen dapat bekerja lebih optimal.³⁰

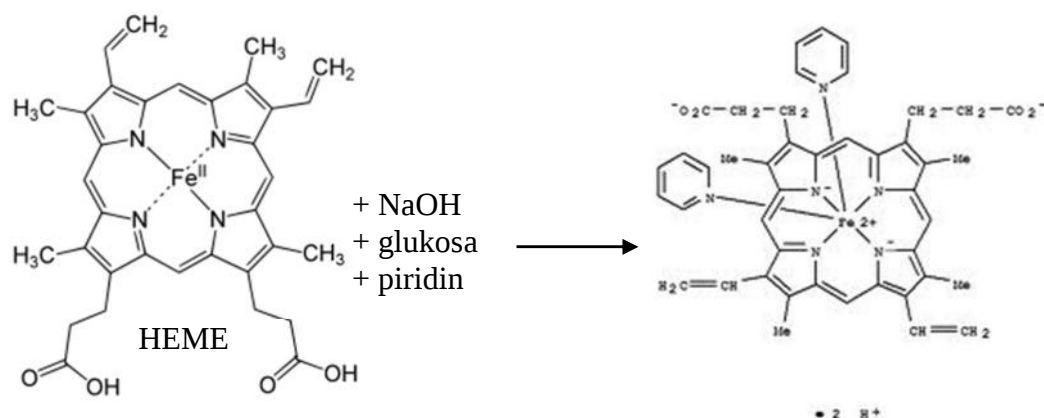
Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa kristal hemin bisa menjadi tidak terbentuk apabila ikatan kimia dalam gugus *heme* rusak atau ikatan besi (Fe) dengan Cl diputus. Hasil pada penelitian ini akan menjadi berbeda

apabila terjadi pemutusan ikatan dengan cara penambahan kalor, pemberian enzim, dan perubahan pH. Oleh karena itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dan spesifik untuk memastikannya.

2. Kristal hemoglobin yang terpapar beberapa deterjen cair melalui tes Takayama

Penelitian ini menggunakan tujuh merk deterjen cair dan cara pengaliran yang sama dengan tes Teichmann. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kristal hemokromogen dapat ditemukan

pada seluruh bercak darah yang diperiksa dengan menggunakan tes Takayama. Hasil pengamatan dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x memperlihatkan gambaran kristal hemoglobin berbentuk jarum dengan warna merah hingga jingga. Hasil ini positif karena sesuai dengan bentuk normal dari kristal hemokromogen tanpa paparan deterjen. Reaksi pembentukan kristal hemokromogen dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Reaksi pembentukan kristal hemokromogen^{25,31}

Hasil positif yang didapat memperkuat dugaan peneliti bahwa surfaktan tidak mempengaruhi ikatan kovalen koordinasi pada gugus heme maupun pada *ferriprotoporphylin chloride* dalam tes Teichmann dan ikatan antara *ferriprotoporphyrin* dengan pyridine pada tes Takayama.

Berdasarkan penelitian Adair dan Stene (2012), ketahanan dari bercak darah dipengaruhi beberapa hal, yaitu : kualitas bercak darah asli,

sifat permukaan media tempat darah melekat, usaha yang dilakukan pada bercak darah, dan cara pencucian darah.³² Oleh karena itu, selain faktor surfaktan yang dapat merusak heme dalam darah, ketahanan bercak darah tersebut juga dapat berpengaruh. Darah yang melekat pada *slide glass* dengan permukaan halus akan lebih mudah luruh pada saat dialirkan dengan larutan deterjen dibandingkan dengan darah yang

melekat pada permukaan kain yang berserat. Faktor lain adalah cara pencucian bercak darah, konsentrasi surfaktan dan lama waktu pemaparan. Hasil penelitian belum tentu memberikan hasil yang sama apabila keempat faktor tersebut diperhitungkan. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lanjutan yang lebih spesifik untuk memastikan bagaimana pengaruh surfaktan terhadap hemoglobin pada tes Teichmann dan tes Takayama.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Didapatkan kristal hemin pada bercak darah yang telah dialiri dengan beberapa deterjen cair dengan metode tes Teichmann.
2. Didapatkan kristal hemokromogen pada bercak darah yang telah dialiri dengan beberapa deterjen cair dengan metode tes Takayama.

Berdasarkan hasil penelitian, maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Bagi peneliti lain dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan memperhitungkan beberapa faktor, yaitu: jenis media tempat darah melekat, peningkatan konsentrasi deterjen, cara pencucian darah, dan lama waktu pemaparan deterjen dengan bercak darah agar

memberikan hasil yang lebih bermakna.

2. Setelah dilakukan penelitian lanjutan yang lebih spesifik, kedua tes ini dapat digunakan sebagai tes konfirmasi labor forensik pada bercak darah yang sudah terkontaminasi oleh berbagai zat pembersih sebagai cara pelaku untuk menghapus bukti kejahatannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Enikarmila Asni, S.Ked., dr., M.Bmd., M.Med.Ed dan M. Tegar Indrayana, S.Ked., dr., Sp.K.F.L. selaku pembimbing, Dedi Afandi, S.Ked., dr., DFM., Sp.K.F.L., Dr.Ked dan Lucyana Tambubolon, S.Ked., dr., M.Kes., Sp.PK selaku penguji, dan Miftah Azrin, S.Ked., dr., Sp.K.Or sebagai supervisi yang telah memberikan waktu, ilmu, nasehat dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Scanlon V, Sanders T. Essentials of anatomy and physiology. 5th Ed. Philadelphia (United States of America): F.A Davis Company; 2007. p.252-269
2. Mehta A, Hoffbrand V. At a glance: Hematologi. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga Medical Series; 2006. Hal.24
3. Sacher RA, McPherson RA. Tinjauan klinis hasil

- pemeriksaan laboratorium. Edisi 11. Hartanto H, editor. Jakarta: EGC; 2004. Hal. 31-41
4. Idries AM. Pedoman ilmu kedokteran forensik. Jakarta: Binarupa Aksara; 1997. Hal.298-307
5. James SH, Kish PE and Sutton TP. Principles of bloodstain pattern analysis: Theory and practice. Boca Raton: CRC; 2005. p.362-3
6. Virkler K, Lednev IK. Analysis of body fluids for forensic purposes: From laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. Forensic Science International. 2009 Mar [cited 2014 Nov 17]; 188: 3. Available from: <http://www.elsevier.com/locate/forsciint>
7. Purnawijayanti HA. Sanitasi, hygiene, dan keselamatan kerja dalam pengolahan makanan. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI); 2001. Hal.22-23
8. Fauziyah IN. Formulasi deterjen cair: Pengaruh konsentrasi dekstrin dan metil ester sulfonat (MES)[Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor; 2010.
9. Zoller U, editor. Handbook of detergents. Surfactant Science Series. 2008; 142(Pt F): 497
10. Adair TW, Rebecca LS. Enhancement of bloodstains on washed clothing using luminol and LCV reagents. IABPA News. 2005
11. Shier D, Butler J, Lewis R. Hole's essential human anatomy and physiology. 11th Ed. New York (USA): Mc Graw-Hill; 2012. p.319
12. Sherwood L. Fisiologi manusia: Dari sel ke sistem. Edisi 6. Yesdelita N, editor. Jakarta: EGC; 2009. Hal.421-441
13. Sherwood L. Human physiology: From cell to system. 7th Ed. Belmont (USA): Brooks/Cole; 2010. p.392-394
14. Dorland, WA. Kamus saku kedokteran dorland. Jakarta: EGC; 2011. Hal.507
15. Champe PC, Harvey RA, Ferrier DR. Biokimia: Ulasan bergambar. Edisi 3. Rachman LY, editor. Jakarta: EGC; 2010. Hal.32-34
16. Turgeon ML. Clinical hematology: theory and procedures. 4th Ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. P.81-82
17. Fardiaz S. Polusi air dan udara. Yogyakarta: Kanisius (anggota IKAPI); 1992. Hal.66
18. Bhairi, M. Detergent: a guide to the properties and uses a detergent in biological

- system. Calbiochem, Nova Biochem Corporation. 2001.
19. Gunter, J. and Lohr. Detergents and textil washing principles and practice. Weinheim Jerman: Verlagsgesellschaft;1987.
 20. Hoffman R, J. Benz Jr. E, J. Shattil S, Furie B, J. Cohen H, et al. Hematology: Basic principles and practice. 4th ed. England: Churchill Livingstone; 2005.
 21. Guharaj PV, Chandran MR. Forensic Medicine. 2nd Ed. Chennai: Orient Longman; 2003. P.286
 22. Bell S. The facts on file dictionary of forensic science. New york: Facts on file,inc.; 2004. P.3
 23. Maire ML, Champeil P, MØller JV. Interaction of membrane proteins and lipids with solubilizing detergent. Biochimica et biophysica acta. 2000; 1508: 86-111.
 24. Marcelisa S. Kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar beberapa deterjen bubuk menggunakan tes Teichmann dan tes Takayama [Skripsi]. Pekanbaru: Universitas Riau; 2015.
 25. Anonim. Struktur gugus heme.jpg. Diunduh dari: <http://kesehatan.kompasiana.com> [Diakses januari 2015].
 26. Anonim. 16009-13-5 Chloroprotoferrihem. Diunduh dari: <http://www.chemnet.com> [Diakses januari 2015].
 27. Nelson DL, Cox MM. Lehninger principles of biochemistry, 4th ed. Available at www.whfreeman.com/lehninger4e. [Cited on january 2015].
 28. Suhendar C. Buku sakti kimia SMA. Bandung: Kaifa; 2011. Hal. 48-9
 29. Sulisty. Penerapan teknologi enzimatik mikroba bagi industri pangan, farmasi dan kosmetik. Edisi 1. Bogor: Bumi Aksara; 2009. Hal 211-345.
 30. Vasconceles, Silva, Schroeder, Guebitz. Detergent Formulation for wool domestic washing containing immobilized enzymes. Springer Science. May 2006; pg: 725-31
 31. Anonim. Struktur *pyridineferriprotoporphyrin.jpg*. Diunduh dari: <http://www.guidechem.com>. [Diakses januari 2015].
 32. Stene I, Adair T. The survival of neat and cleaned blood after the application of wallpaper. J Assoc Crime Scene Reconstr. 2012; 18(3); 21-28.