

Kristal Hemoglobin pada Bercak Darah yang Terpapar Beberapa Gel Pembersih Tangan Antiseptik Berbasis Alkohol Menggunakan Tes Teichmann dan Tes Takayama

Erriza Yuni Elpia
Enikarmila Asni
M. Tegar Indrayana
errizayunielpia@yahoo.com

ABSTRACT

Bloodstain found at the crime scene can be one of the evidences of criminal action. To diminish the evidences and traces, the criminal might clean and erase the bloodstain by using alcohol based antiseptic handsanitizer which often used by people in daily life. The bloodstain which is contaminated by the alcohol-based antiseptic handsanitizer could possibly affect the result of a bloodstain examination by using the Teichmann test and the Takayama test. This research had been done to observe the image of hemoglobin crystals on bloodstains that are exposed to alcohol-based antiseptic handsanitizers by using the Teichmann and Takayama test. In this research there are 5 types of alcohol-based antiseptic handsanitizer brands swabbed on to bloodstained slides for each test. The result shown on 22 slides (100%) had positive result. This conclude the hemoglobin crystals could still be found on bloodstains which exposed to alcohol-based antiseptic handsanitizer.

Keywords: *Bloodstain, hemoglobin crystals, alcohol-based antiseptic handsanitizer, Teichmann test, Takayama test.*

1. PENDAHULUAN

Pada kebanyakan kasus kejahatan dengan kekerasan fisik, seperti pembunuhan, penganiayaan, perkosaan, dan lain-lain, mungkin ditemukan darah atau bercak darah, cairan mani, air liur, urin, rambut dan jaringan tubuh lain di tempat kejadian perkara (TKP). Salah satu dari berbagai cairan tubuh tersebut, darah atau bercak darah merupakan bukti yang sering dijumpai dan mungkin bukti yang penting dalam suatu tindakan kriminal sekarang ini. Darah atau bercak darah merupakan

salah satu bukti tindakan pidana dan dapat digunakan untuk membantu mengungkapkan peristiwa kejahatan tersebut secara ilmiah.^{1,2}

Bercak darah yang ditemukan di TKP pada obyek-obyek tertentu (lantai, meja, kursi, karpet, senjata dan sebagainya), manusia dan pakaiannya dapat membantu identifikasi dengan dilakukan pemeriksaan darah forensik.

Pemeriksaan bercak darah merupakan salah satu pemeriksaan yang sering dilakukan pada

laboratorium forensik karena darah mudah sekali menetes pada hampir semua bentuk tindakan kekerasan, penyelidikan terhadap bercak darah ini sangat berguna untuk mengungkapkan suatu tindakan kriminal.^{1,2} Dalam bidang forensik untuk menentukan apakah noda atau bercak berwarna merah menyerupai darah yang ditemukan di TKP sebenarnya darah atau noda lain yang memiliki kemiripan sama, perlu dilakukan beberapa tes pemeriksaan bercak darah, yang terdiri dari tes presumtif, tes konfirmatif dan tes spesifik dengan pemeriksaan DNA. Tes konfirmatif ini salah satunya adalah tes Teichmann dan tes Takayama. Kedua tes ini dapat membantu membuktikan adanya pembentukan kristal hemoglobin atau membuktikan suatu bercak darah yang ditemukan di TKP adalah benar suatu bercak darah.^{2,3}

Tes Teichmann memanfaatkan prinsip reaksi antara gugus heme dengan glacial acid dan halida (chloride) pada suhu tertentu yang menghasilkan ferriprotoporphyrin chloride (kristal hemin/hematin), tes ini juga sangat tergantung pada suhu temperatur lingkungan saat melakukan reaksi. Sedangkan tes Takayama memanfaatkan reaksi antara glukosa dengan gugus pyridine pada heme dalam kondisi alkali dan suhu tertentu yang menghasilkan pyridine ferriprotoporphyrin atau hemokromogen yang dapat dilihat melalui mikroskop. Kedua tes ini lebih spesifik terhadap darah dan dapat mendeteksi darah dengan jumlah yang sangat kecil serta pada bercak darah yang telah lama mengering.^{4,5}

Para pelaku kriminal telah mencoba banyak hal untuk menghilangkan jejak dengan cara menyembunyikan, membersihkan dan menghapus noda darah sebagai barang bukti di TKP sehingga bercak darah yang ditemukan sudah tidak lagi utuh, misalnya pelaku membersihkan atau menghilangkan tanda bukti bercak darah yang menempel pada tubuh atau kulitnya menggunakan agen pembersih. Penghapusan bercak darah menggunakan agen pembersih atau pemutih akan berpotensi sebagai kontaminasi dan merusak deoksiribonukleat (DNA) dari darah sehingga menghasilkan interpretasi yang berbeda saat pemeriksaan.⁶

Salah satu zat pembersih yang dapat digunakan pelaku untuk menghilangkan bercak darah pada tangan adalah gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol yaitu berupa gel handsanitizer. Gel pembersih tangan ini sering digunakan banyak orang dalam kehidupan sehari-hari karena memberikan solusi cepat, praktis dan efektif dalam memenuhi kebutuhan, diantaranya mudah didapat serta mudah untuk dibawa juga tidak membutuhkan air dan sabun. Gel ini berasal dari bahan alkohol atau etanol yang memiliki kemampuan sebagai antibakteri dalam menghambat hingga membunuh bakteri, alkohol banyak digunakan sebagai antiseptik/desinfektan untuk desinfeksi permukaan dan kulit yang bersih. Alkohol juga merupakan pelarut organik sehingga dapat melarutkan lapisan lemak dan sebum pada kulit.⁷

Tidak banyak literatur, jurnal maupun buku teks forensik yang berkaitan dengan analisis bercak darah secara spesifik menjelaskan tentang pemeriksaan laboratorium forensik pada darah yang terpapar agen pembersih baik pada bahan kain, kaca ataupun keramik. Namun Thomas, Rebecca dan Adair (2005),⁸ telah melakukan penelitian tes presumtif terhadap bercak darah yang terdapat pada pakaian yang sudah dicuci dengan detergen. Dalam penelitian ini Thomas, Adair dan Rebecca menggunakan reagen Leucocrystal violet (LCV) dan luminol. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa meskipun telah dicuci, luminol masih memberikan hasil positif yang lebih baik dibandingkan LCV sehingga reagen luminol efektif untuk memvisualisasi bercak darah yang telah dicuci sekalipun.

Belum adanya penelitian yang menjelaskan mengenai kristal hemin pada darah yang terpapar dengan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol dan masih sangat sedikit informasi dari penelitian yang tersedia mengenai hal itu, menyebabkan peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh paparan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol terhadap kristal hemoglobin pada bercak darah sebagai tes konfirmatif untuk deteksi kebenaran suatu bercak darah.

2. METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk melihat gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang dipaparkan dengan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol.

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Riau. Penelitian ini dilaksanakan dalam periode Juli sampai dengan Agustus 2015. Sampel penelitian ini adalah darah manusia dan 5 produk gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol dengan merek yang berbeda.

2.1 Bahan dan alat penelitian

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: Kaca objek (object glass), mikroskop, kaca penutup object glass (deck glass), holder kayu, mikro pipet P100, batang pengaduk, gelas ukur 100ml, lampu bunsen dan tisu gulung.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah 3 ml dan 5 produk zat pembersih domestik antiseptik berbasis alkohol dengan merk yang berbeda (A, B, C, D, E). Bahan untuk pemeriksaan menggunakan metode Teichmann terdiri dari asam asetat glasial, natrium clorida 0,9% dan aquadest. Bahan untuk pemeriksaan menggunakan metode Takayama terdiri dari pyridine, sodium hydroxide 10%, distilled water dan dextrose.

2.2 Pembuatan preparat bercak darah

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu melihat gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah, maka langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pembuatan preparat bercak darah. Preparat bercak darah dibuat dengan meneteskan darah sebanyak 0,1 ml diatas kaca objek dengan menggunakan pipet mikro secara tegak lurus pada sudut 90⁰. Kemudian didiamkan selama 1 jam

pada suhu ruangan 27⁰ sehingga darah mengering menjadi bercak darah. Pemeriksaan dilakukan secara duplo (2 kali pengulangan pada masing-masing pemeriksaan) sehingga didapatkan jumlah preparat bercak darah yang dibuat sebanyak 22.

2.3 Persiapan zat paparan

Zat pembersih domestik antiseptik berbasis alkohol yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan cairan murni dari 5 produk dengan merek berbeda (A, B, C, D, E) tersebut tanpa menggunakan campuran air atau zat lain. Cairan murni atau gel dari masing-masing produk dimasukkan ke dalam gelas ukur atau wadah yang berbeda sebanyak 10 ml.

2.4 Pemaparan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol pada bercak darah

Tahap selanjutnya adalah memaparkan masing-masing zat pembersih domestik antiseptik berbasis alkohol pada bercak darah, pemaparan dilakukan dengan pengusapan. Cara pengusapan merupakan modifikasi dari teknik pengusapan yang dilakukan Creamer et al, pengusapan yang diterapkan akan menggunakan tisu yang dilipat setengah atau tiga kali lipatan.

Kemudian akan melakukan pengusapan pada preparat bercak darah sebanyak 20 buah secara berurutan. Pada masing-masing gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol A, B, C, D dan E dicelupkan tisu yang berbeda sedalam 5 cm ke dalam tabung yang berisi cairan murni gel pembersih tangan antiseptik alkohol dan diusapkan dengan tekanan ringan pada setiap

permukaan preparat bercak darah yang telah dibuat sebanyak 3 kali dengan arah usapan dari kiri ke kanan pada sudut 45⁰. Masing-masing perlakuan dilakukan secara duplo (2 kali pengulangan) dan diberi label sebagai penanda pada preparat bercak darah. Setelah dilakukan pengusapan, slide bercak darah akan dilakukan tes Teichmann dan Takayama. Penelitian ini menggambarkan hasil tes Teichmann dan Takayama dari bercak darah yang terpapar gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol A, B, C, D, dan E. Pengolahan data akan dilakukan secara manual dan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Penelitian ini telah lulus pengkajian etika penelitian ilmiah dan kesehatan yang dilakukan oleh tim pengkajian etika penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Riau yang dilakukan pada tanggal 12 Juni 2015.

3. HASIL PENELITIAN

Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yang dipapar dengan beberapa gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol menggunakan tes Teichmann dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan hasil pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yang beberapa gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol menggunakan tes Takayama dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 : Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol dengan menggunakan tes Teichmann.

Gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol	Hasil tes Teichmann	
	Percobaan I	Percobaan II
A	Positif (+)	Negatif (-)
B	Positif (+)	Negatif (-)
C	Positif (+)	Negatif (-)
D	Positif (+)	Negatif (-)
E	Positif (+)	Negatif (-)
JUMLAH	5 (100%)	0 (0%)

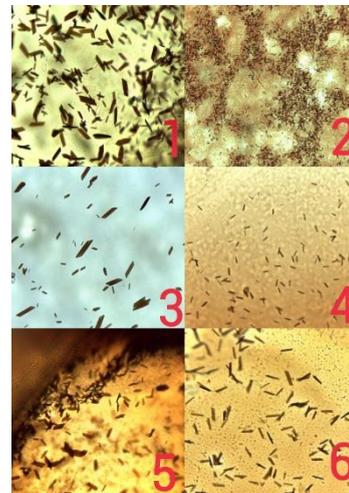
Tabel 3.2 : Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol dengan menggunakan tes Takayama.

Gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol	Hasil tes Takayama	
	Percobaan I	Percobaan II
A	Positif (+)	Negatif (-)
B	Positif (+)	Negatif (-)
C	Positif (+)	Negatif (-)
D	Positif (+)	Negatif (-)
E	Positif (+)	Negatif (-)
JUMLAH	5 (100%)	0 (0%)

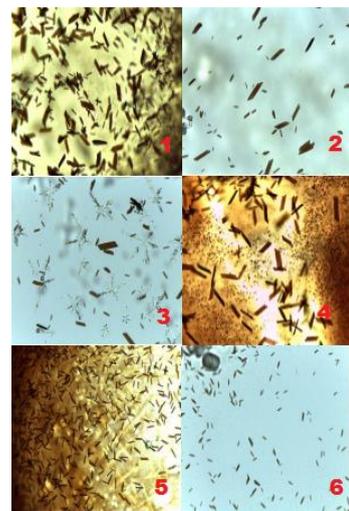
Berdasarkan hasil dari Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 didapatkan bahwa dari pengusapan slide bercak darah menggunakan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol memberikan hasil positif (100%) pada semua pengusapan, yang artinya masih ditemukan kristal hemoglobin pada bercak darah yang telah diusap dengan menggunakan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol pada tes Teichmann maupun tes Takayama.

Adapun dokumentasi gambaran hasil tes Teichmann dan tes

Takayama dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3.1 Hasil tes Teichmann 1(standar), 2(gel A), 3(gel B), 4(gel C), 5(gel D), 6(gel E).



Gambar 3.2 Hasil tes Takayama 1(standar), 2(gel A), 3(gel B), 4(gel C), 5(gel D), 6(gel E).

4. PEMBAHASAN

4.1 Kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar dengan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol menggunakan tes Teichmann

Penelitian ini menggunakan lima merek gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol yang dipaparkan pada slide bercak darah yang telah dikeringkan dengan cara mengusapkan tisu dapur yang telah dicelupkan kedalam gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol sebanyak tiga kali. Pada pengusapan ini tidak mengakibatkan bercak darah menghilang, sehingga dapat diamati bagaimana pengaruh antara bercak darah dengan larutan gel pembersih tangan antiseptik yang mengandung alkohol. Setelah dilakukan pengusapan, slide bercak darah tersebut ditetaskan natrium klorida dan asam asetat glasial kemudian dipanaskan. Selanjutnya slide diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali.

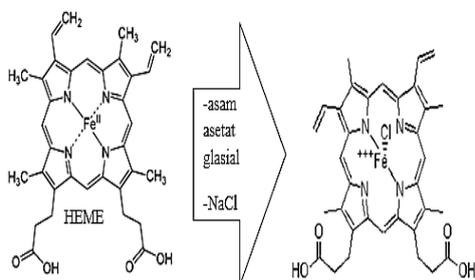
Pada proses pengamatan menggunakan mikroskop didapatkan hasil 100% positif pada setiap slide dengan ditemukannya kristal hemoglobin berbentuk batang atau belah ketupat berwarna kecoklatan yang disebut dengan kristal hemin. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol terhadap bercak darah. Hasil ini juga memiliki hasil yang sama ketika dibandingkan dengan slide kontrol (slide tanpa pengusapan).

Hal yang menyebabkan ditemukannya hasil positif pada penelitian ini kemungkinan karena sifat alkohol yang dapat mempengaruhi komponen lipid dan protein yang terdapat pada membran eritrosit dengan cara mempengaruhi permeabilitas membran pada sel eritrosit sehingga menyebabkan eritrosit menjadi lisis atau yang disebut hemolisis. Hemolisis ini terjadi ketika protein dan makromolekul lainnya mampu melewati membran eritrosit keluar karena adanya pelepasan heme dari membrane sel, sehingga mempercepat pertemuan heme dengan reagen kemudian mempermudah terbentuknya kristal hemin.⁹

Penelitian yang dilakukan oleh Adawiyah (2015) menggunakan tes Teichmann pada bercak darah yang terpapar oleh sabun antiseptik cair dengan cara diusap masih memberikan hasil positif.¹⁰ Hal ini mendukung bahwa pelarut organik yang mampu melarutkan lapisan lemak yang terdapat didalam gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol tidak mempengaruhi gugus heme tetapi hanya merusak membran eritrosit dengan didaparkannya hasil positif pada penelitian.⁹

Kemungkinan kedua yang mengakibatkan hasil positif pada semua tes Teichmann diakibatkan alkohol dalam gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol yang digunakan dalam penelitian tidak mempengaruhi gugus heme pada hemoglobin maupun mempengaruhi ikatan kimia antara Fe dengan *protoporphyrin* dan *ferriprotoporphyrin* dengan klorida

pada tes Teichmann.¹¹ Reaksi dasar pembentukan kristal Teichmann dapat dilihat pada Gambar 5.1.



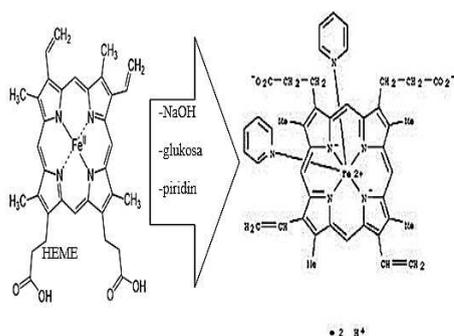
Gambar 5.1 Reaksi pembentukan kristal hemoglobin Teichmann. Gugus *heme* yang normal (kiri) akan berikatan dengan atom Cl dan mengakibatkan teroksidasinya Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} apabila direaksikan dengan asam asetat glasial dan NaCl dan membentuk kristal *ferriprotoporphyrin chloride* (kanan).^{12,13}

4.2 Kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar oleh gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol menggunakan tes Takayama

Tes Takayama merupakan salah satu tes konfirmatif yang menggunakan larutan piridin, air, glukosa, dan sodium hidroksida (NaOH) 10% yang digunakan sebagai reagen. Saat terjadi reaksi antara gugus heme dengan reagen Takayama akan terbentuk kristal berwarna merah jambu dan berbentuk seperti jarum. Pada penelitian ini bercak darah yang terpapar oleh gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol ditetaskan dengan menggunakan reagen Takayama sebanyak satu tetes. Reaksi pembentukan kristal Takayama terjadi kemungkinan

karena oksidasi Fe yang berikatan dengan NaOH, glukosa dan piridin sehingga membentuk suatu ikatan kimia dan pada pemeriksaan mikroskopis akan terlihat seperti jarum yang disebut sebagai kristal hemokromogen.^{5,14}

Pada penelitian ini juga menggunakan perlakuan, jumlah dan jenis gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol yang sama dengan tes Teichmann sebelumnya. Perbedaan tes ini dengan tes Teichmann terletak pada sifat reagen yang digunakan. Pada tes Takayama reagen yang digunakan bersifat basa sedangkan tes Teichmann bersifat asam. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah masih ditemukannya kristal hemoglobin berbentuk jarum berwarna merah muda yang disebut dengan kristal hemokromogen. Reaksi pembentukan kristal hemokromogen dapat dilihat pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Reaksi pembentukan kristal hemoglobin Takayama. Gugus *heme* yang normal (kiri) akan berikatan dengan gugus piridin dan membentuk kristal *pyridinoferriprotoporphyrin* (kanan).^{12,15}

Hasil ini juga memperkuat dugaan bahwa alkohol yang ada pada gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol mempunyai daya antibakteri untuk menghambat pertumbuhan dan membunuh mikroorganisme pada jaringan tubuh, sehingga alkohol dapat membuat perubahan atau modifikasi terhadap struktur sekunder, tersier dan kuartener suatu molekul protein tanpa terjadinya pemecahan ikatan-ikatan kovalen. Proses ini disebut dengan denaturasi protein, proses ini terjadi karena pelarut etanol membentuk ikatan hydrogen intermolekuler dengan molekul protein dan demikian memutuskan ikatan hydrogen intermolekuler atau terpecahnya ikatan hydrogen, interaksi hidrofobik, ikatan garam dan terbukanya lipatan molekul, sehingga reagen Takayama yang diberikan mudah bereaksi dalam membentuk Kristal hemokromogen.^{16,17,18}

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya yaitu kesulitan menghitung besar tekanan dan jarak pada tisu yang akan dilakukan pengusapan pada bercak darah. Hasil penelitian ini juga dipengaruhi oleh ketebalan bercak darah yang dibuat, pemanasan yang tidak merata dan lama waktu pemaparan, sehingga semua preparat hasil penelitian ini belum tentu menghasilkan gambaran kristal yang bagus dan jelas. Stene dan Adair (2012) menyatakan bahwa daya tahan bercak darah asli, sifat fisik dari tempat bercak darah melekat dan metode intervensi yang dilakukan pada bercak darah, termasuk cara pencucian dan konsentrasi bahan

pencuci bercak darah.¹⁹ pembahasan pada hasil penelitian ini masih berupa dugaan peneliti berdasarkan teori yang ada, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dan spesifik untuk memastikan bagaimana pengaruh alkohol terhadap hemoglobin pada tes Teichmann dan tes Takayama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan Teichmann pada bercak darah yang terpapar dengan beberapa gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol masih menunjukkan adanya kristal hemoglobin, yaitu kristal hemin berbentuk belah ketupat berwarna kecoklatan.
2. Hasil pemeriksaan Takayama pada bercak darah yang terpapar dengan beberapa gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol masih menunjukkan adanya kristal hemoglobin, yaitu kristal hemokromogen berbentuk jarum berwarna merah muda.

Saran

Peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya yang ingin meneruskan penelitian ini khususnya pada pemeriksaan darah atau bercak darah forensik dengan gel pembersih tangan antiseptik berbasis alkohol

menggunakan tes konfirmasi (tes Teichmann dan tes Takayama) dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan metode yang berbeda, seperti peningkatan volume cairan gel pembersih tangan, cara pemaparan gel pembersih tangan, lamanya waktu pemaparan dan penggunaan jenis media yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Fakultas Universitas Riau, dr. Enikarmila Asni, M.Biomed., M.Med.Ed dan dr. M. Tegar Indrayana, Sp.F sebagai Pembimbing, dr. Fridayanti, Sp.PK dan Dr.dr. Dedi Afandi, DFM, Sp.F sebagai dosen penguji dan dr. Dewi Anggraini, Sp.MK sebagai supervisi yang telah memberikan waktu, bimbingan, masukan, kritikan, ilmu, motivasi dan semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dahlan S. Ilmu kedokteran forensik pedoman bagi dokter dan penegak hukum. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro; 2008. h.172-176.
2. Idris AM, Tjiptomartono AL. Penerapan ilmu kedokteran forensik dalam proses penyidikan. Jakarta: Sagung Seto; 2011.
3. Veeraraghavan V, Lekuse S. Forensic science laboratory practice and procedure; p.218-34.
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; p.2-7.
5. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of bloodstain pattern analysis: theory and practice. Taylor & Francis Group; 2005. p.361-4.
6. Harris KA, Thacker CR, Ballard D. The effect of cleaning agents on the DNA analysis of blood stains eposited on different substrates. *International Congress Series*. 2006; p.589-99.
7. Block S. Disinfection, Sterilization and Preservation. 4th. Edition. Williams and Wilkins. P. 2001.
8. Adair TW, Rebecca LS, Enhancement of Bloodstain on Washed Clothing Using Luminol and LCV Reagents. *IABPA News*. 2005.
9. Gloxhuber L, Klunstler K. Anionic surfactant: biochemistry, toxicology, dermatology. Second ed. New York: CRC-Press; 1992. p. 31-35.
10. 26. Rabiatul, Syarifah. Gambaran kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar dengan beberapa sabun antiseptik cair [skripsi]. Pekanbaru: Universitas Riau; 2015..
11. 27. Nelson DL, Cox MM. Lehninger principles of biochemistry, 4th ed. Available at www.whfreeman.com/lehninger4e. [Cited on january 2015].

12. Anonim. Struktur gugus heme.jpg. Diunduh dari: <http://kesehatan.kompasiana.com> [diakses januari 2015].
13. Anonim. 16009-13-5 Chloroprotoferrihem. Diunduh dari: <http://www.chem.net.org> [Diakses januari 2015]. Tortora G.J, Derrickson, Bryan. Principles of anatomy and physiology. 12th ed. USA: Jahn Wiley and Sons, Inc. 2009. p.696.
14. 16. Gefrides L, Welch K, The Forensic laboratory handbook procedures and practice: forensic biology: serology and DNA. Springer Science+Business Media. 2011: p.24-5..
15. Anonim. Struktur pyridineferriprotoporphyrin.jpg. Diunduh dari: <http://www.guidechem.com>. [Diakses januari 2015].
16. Maggy Thenawijaya, Lehninger. Dasar-dasar biokimia jilid 1. Jakarta: erlangga; 1990.
17. Fawcett, D. W. Dan Bloom. Buku ajar histologi. Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC; 2002.
18. Handayani, W. dan Hariwibowo, A.S. Asuhan keperawatan pada klien dengan gangguan sistem hematologi. Jakarta: Salemba medika; 2008.
19. Stene I, Adair T, The survival of neat and cleaned blood after the application of wallpaper. J Assoc Crime Scene Reconstr 2012; 18 (3):21-8.