

POTENSI DARAH SAPI SEBAGAI PENURUN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR

POTENTIAL OF COW'S BLOOD AS A MOTORIZED VEHICLE EXHAUST EMISSION REDUCTION

Armi Wulanawati^{*1}, Silvia Mekar Sari¹, Fachrurrazie²

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Babakan, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor 16680, Indonesia

²Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Jl. Pangeran Sogiri, Tanah Baru, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor 16154, Indonesia

*Corresponding Author: armi.wulanawati@yahoo.com

Diterbitkan: 30 Oktober 2023

ABSTRACT

Motorized vehicle is a means of transportation needed to support various human activities. But on the other hand, this tool is the biggest contributor (85%) to the problem of air pollution that occurs in Indonesia. This is due to motorized vehicle exhaust emissions producing various kinds of pollutants, including hydrocarbon compounds (HC), carbon monoxide (CO), and nitrogen oxides (NO_x) which are dangerous and toxic gases, and carbon dioxide (CO₂) as a factor in global warming. Hazardous exhaust emissions are formed due to incomplete combustion in the working process of the motor due to a lack of oxygen gas supply. Therefore, it is necessary to find a way to overcome this impact, among others by adding additives that have a high oxygen content to the fuel. The oxygen source can be found abundantly in the blood because it contains hemoglobin, rich in oxygen. Be discovered, cow's blood from animal slaughter waste if it is directly disposed of without processing can also cause environmental pollution. Thus, this research was carried out by synthesizing additives from cow's red blood cells mixed with methanol at a concentration of 0.1% (w/v) using a maceration time of 3 h. The use of these additives in motorized vehicle fuels resulted in reduced emissions of HC, CO, NO_x, and CO₂ respectively by 65.96%; 71.43%; 66.67%; and 36.15%.

Keywords: cow's blood, exhaust emissions, motorized vehicles, air pollution

ABSTRAK

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi yang sangat dibutuhkan untuk mendukung berbagai aktivitas manusia. Namun di sisi lain, alat ini penyumbang terbesar (85%) terhadap masalah pencemaran udara yang terjadi di Indonesia. Hal ini akibat emisi gas buang kendaraan bermotor menghasilkan berbagai macam polutan, diantaranya yaitu senyawa hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO) dan oksida nitrogen (NO_x) yang termasuk gas berbahaya dan beracun, dan karbondioksida (CO₂) sebagai faktor timbulnya pemanasan global. Emisi gas buang berbahaya terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna dalam proses kerja motor karena kurangnya pasokan gas oksigen. Oleh karena itu, perlu adanya cara untuk mengatasi dampak ini, antara lain dengan pemberian zat aditif yang memiliki kandungan oksigen tinggi ke dalam bahan bakar. Sumber oksigen itu dapat ditemukan berlimpah di dalam darah karena mengandung hemoglobin yang kaya akan oksigen. Diketahui, darah sapi sebagai hasil limbah pemotongan hewan apabila langsung dibuang tanpa adanya pengolahan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan pula. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan dengan mensintesis zat aditif dari sel darah merah sapi yang dicampur metanol dengan konsentrasi 0,1% (b/v) menggunakan waktu maserasi 3 jam. Penggunaan zat aditif ini pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan penurunan emisi gas HC, CO, NO_x, dan CO₂ berturut-turut sebesar 65,96%; 71,43%; 66,67%; dan 36,15%.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Kata kunci: darah sapi, emisi gas buang, kendaraan bermotor, pencemaran udara

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan kendaraan bermotor semakin hari semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Di sisi lain, perkembangan teknologi memberikan dampak negatif yaitu pencemaran udara. Kendaraan bermotor berkontribusi sebanyak 85% dari total pencemaran udara, dikarenakan emisi yang dikeluarkan kendaraan bermotor menghasilkan berbagai macam polutan seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), maupun oksida nitrogen (NO_x) [1]. Udara yang tercemar dengan zat-zat tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran, dan komposisi kimiawinya [2].

Penambahan zat aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor perlu dilakukan untuk menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan diantaranya yaitu melalui peningkatan konsumsi oksigen [3]. Selain itu, zat aditif dapat menaikkan sifat dasar tertentu yang telah dimiliki bahan bakar seperti anti *knocking* dan angka okтана [4]. Zat aditif sintetik seperti *Tetra Ethyl Lead/TEL* (C₂H₅)₄Pb atau *Tetra Methyl Lead/TML* (CH₃)₄Pb biasanya ditambahkan ke dalam bahan bakar [5]. Namun, zat aditif sintetik ini mengandung Pb yang berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat didegradasi dan logam Pb sangat berbahaya jika terakumulasi pada tubuh dalam jumlah yang banyak [6]. Saat ini, zat aditif alami telah banyak dikembangkan untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor, seperti penggunaan klorofil dan karoten dari eceng gondok dan wortel sebagai zat aditif pembakaran yang dapat menurunkan emisi gas buang CO dan HC berturut-turut sebesar 63,12% dan 44,59% [7].

Kurangnya oksigen merupakan salah satu faktor penyebab pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor. Sementara itu, sumber oksigen yang melimpah dapat ditemukan dalam darah karena darah terdiri dari plasma darah dan sel darah merah atau eritrosit yang mengandung Hemoglobin (Hb) yang dapat mengikat oksigen. Darah sapi merupakan salah satu limbah peternakan dari Rumah Potong Hewan (RPH). Pada tahun 2016, tercatat pemotongan sapi potong dan sapi perah di RPH sebanyak 2,2 juta ekor [8]. Limbah darah sapi hasil pemotongan hewan tersebut apabila langsung dibuang tanpa adanya pengolahan

terlebih dahulu dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan [9].

Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan sel darah merah sapi sebagai zat aditif pembakaran pada bahan bakar. Sifat dari hemoglobin yang terdapat dalam sel darah merah dalam pengikatan oksigen diharapkan dapat memperbaiki hasil pembakaran sehingga emisi gas buang kendaraan bermotor dapat berkurang.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu jeriken dan corong minyak, peralatan gelas, sentrifugasi, *Freeze dryer*, neraca analitik, *hot plate*, *stirrer*, oven, desikator, kertas saring, CHNSO Analyzer, dan AnyCar AUTOChek *gas and smoke*. Bahan yang digunakan yaitu limbah darah sapi dari Rumah Potong Hewan (RPH) Cijaura kota Bandung, gas oksigen, bahan bakar bensin (Premium 88), zat aditif komersial, metanol, etanol, dan akuades.

Metode

Preparasi Darah

Darah ditampung dan dikumpulkan dalam jeriken yang sebelumnya telah dimasukkan EDTA sebagai antikoagulan. Pengambilan darah dilakukan dengan menggunakan alat pelindung diri berupa sarung tangan dan masker.

Analisis Hematologi [10]

Analisis hematologi meliputi kadar hemoglobin, eritrosit, leukosit, trombosit, dan hematokrit yang dilakukan dengan alat *hematology analyzer*.

Pemisahan Sel Darah Merah dan Plasma Darah [11]

Darah dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi. Setelah itu disentrifuga dengan kecepatan 3500 rpm selama 10 menit. Eritrosit akan mengendap dan terkumpul di bagian bawah tabung. Cairan plasma berwarna kekuning-kuningan yang berada di bagian atas tabung dikeluarkan menggunakan pipet. Sel darah merah yang diperoleh disimpan dalam *freezer*.

Pengeringan Sel Darah Merah dengan *Freeze Dryer*

Sel darah merah dimasukan ke dalam alat *freeze dryer*. Pengeringan dilakukan dengan suhu

kondensor -55 °C dan tekanan vakum 72 mmHg. Waktu *freeze dry* selama 5 hari dan waktu pembekuan selama 3 hari.

Optimasi Pelarut Kristal Sel Darah Merah

Sel darah merah kering direndam dalam pelarut etanol dan metanol selama 1 hari. Kemudian masing-masing disaring menggunakan kertas saring yang telah diketahui bobotnya. Padatan tersebut dikeringkan dengan oven selama 1 jam pada suhu 103 °C sampai dengan 105 °C. Pendinginan dilakukan di dalam desikator lalu ditimbang bobotnya. Tahapan pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulangi sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya.

Optimasi Waktu Maserasi

Sel darah merah kering direndam menggunakan pelarut metanol dengan konsentrasi 0,1 % b/v. Maserasi dilakukan selama 2,3, dan 6 hari.

Formulasi Zat Aditif Pembakaran [12]

Formulasi dilakukan dengan mencampurkan filtrat sel darah merah dan pelarut ke dalam 3 liter bensin Premium. Kemudian dipanaskan pada suhu 37-38 °C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen dan dialiri dengan gas oksigen pada tekanan 0,1 bar selama 15 menit. Kontrol positif dan negatif juga diberikan perlakuan yang sama. Kontrol positif yaitu bensin, metanol dan zat aditif pembakaran komersial, sementara kontrol negatif yaitu bensin dan metanol.

Pengukuran Kadar C, H, N, dan O [13]

Kandungan karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N) dan oksigen (O) dianalisis oleh CHNSO *analyzer* pada zat aditif pembakaran, kontrol positif, dan kontrol negatif.

Pengujian Emisi Gas Buang [14]

Pada saat pengujian emisi gas buang, kendaraan harus pada kondisi datar dan dilakukan pengecekan pipa gas buang kendaraan motor. Mesin motor dihidupkan hingga suhu kerja mesin sekitar 60-80 °C dan sistem asesoris (lampu) dalam kondisi mati. Alat uji yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu. Putaran mesin kendaraan dinaikkan hingga mencapai 1900 rpm sampai dengan 2100 rpm. Kemudian ditahan selama 60 detik dan selanjutnya dikembalikan pada kondisi diam.

Pengukuran dilakukan pada kondisi diam dengan putaran mesin 800 rpm sampai dengan 1400 rpm. Setelah itu, probe alat uji dimasukkan ke pipa gas buang sedalam 30 cm dan ditunggu ± 20 detik sampai data pada layar stabil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Darah Sapi

Pemanfaatan darah sapi sebagai zat aditif bahan bakar melibatkan sel darah merah (SDM) karena sel darah merah mengandung hemoglobin yang merupakan molekul porfirin dengan satu atom besi (Fe) di bagian tengahnya. Hemoglobin tersusun atas empat subunit protein berbentuk globul (bola). Satu subunit dapat membawa satu molekul oksigen. Dengan demikian, setiap molekul hemoglobin dapat membawa empat molekul oksigen [15].

Pada penelitian ini, jumlah sel darah merah sapi yang dihasilkan sebesar 9 juta sel/ μ L dengan kadar air 69,52% berdasarkan sel darah merah kering (Gambar 1). Sel darah merah terdiri dari 62-72% air dan sisanya berupa solid yang mengandung hemoglobin [16].

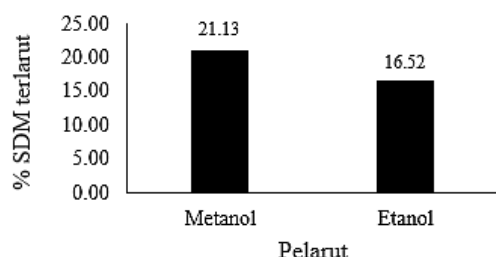


Gambar 1. Sel darah merah kering sapi

Pelarut dan Waktu Maserasi Optimum pada Sel Darah Merah

Sel darah merah (SDM) kering larut dalam air namun tidak larut dalam bensin sehingga perlu pelarut semipolar yang dapat melarutkan SDM kering. Metode maserasi dilakukan untuk melarutkan sel darah merah tanpa merusak senyawa yang terdapat di dalamnya. Pelarut yang digunakan yaitu metanol dan etanol. Kedua pelarut ini merupakan pelarut yang banyak digunakan dalam ekstraksi karena dapat mengikat senyawa yang bersifat polar, non polar dan semi polar [17]. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan persentase SDM terlarut dalam metanol dan etanol. Hal tersebut dapat disebabkan oleh

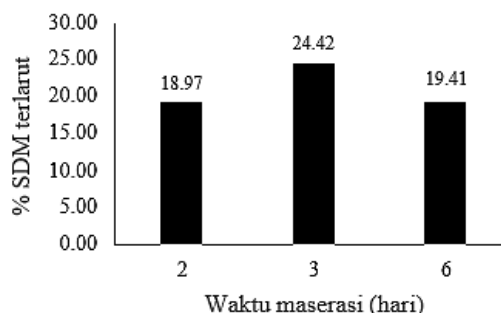
perbedaan kecil nilai konstanta dielektrik antara etanol dan metanol [18]. Namun, metanol menghasilkan % SDM terlarut yang lebih besar daripada etanol (Gambar 2). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metanol sebagai pelarut sel darah merah kering dalam proses maserasi dengan persentase kelarutan 21,13%.



Gambar 2. Perbandingan % SDM terlarut dengan pelarut metanol dan etanol

Sementara itu, optimasi waktu maserasi menggunakan pelarut metanol dilakukan untuk memperoleh filtrat dengan kandungan sel darah merah yang tinggi. Hasil optimasi waktu maserasi menunjukkan bahwa % SDM terlarut tertinggi dihasilkan oleh waktu maserasi selama 3 hari yaitu 24,42% (Gambar 3). Semakin lama waktu ekstraksi maka kuantitas bahan yang terekstrak juga semakin meningkat karena kesempatan untuk bersentuhan antara pelarut dengan zat terlarut semakin besar sehingga hasilnya akan bertambah sampai titik jenuh larutan [19]. Sebaliknya, degradasi senyawa dapat terjadi jika waktu maserasi melebihi waktu optimal maserasi [20]. Dengan demikian, waktu

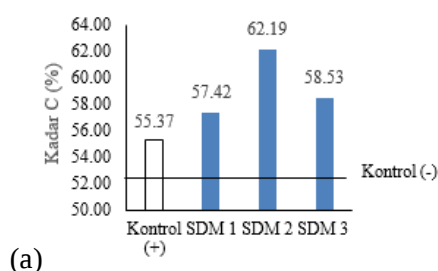
optimal maserasi SDM dalam metanol adalah 3 jam.



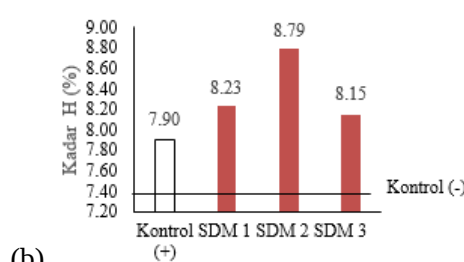
Gambar 3. Perbandingan % SDM terlarut dengan waktu maserasi

Kadar Unsur-Unsur Pembentuk Gas Buang

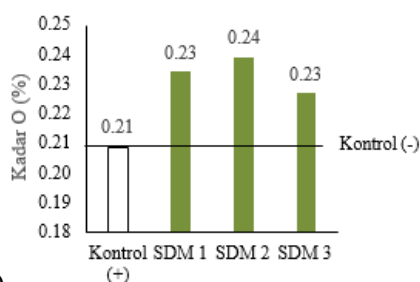
Analisis kadar unsur-unsur pembentuk gas buang yang terdiri dari unsur C, H, N, dan O dilakukan menggunakan 3 variasi filtrat hasil maserasi metanol yaitu SDM 1, 2, dan 3 berturut-turut untuk waktu maserasi 2, 3, dan 6 hari dengan pembandingan campuran bensin dan metanol sebagai kontrol negatif; serta campuran bensin, metanol dan zat aditif komersial sebagai kontrol positif. Hasil pengukuran kadar C, H, dan O menunjukkan bahwa aditif SDM 2 memiliki kadar unsur C, H, dan O lebih besar daripada SDM 1 dan SDM 3, dan kadar ini lebih tinggi kisaran 14-19% bila dibandingkan kontrol negatif dan 12-15% lebih besar dari kontrol positif (Gambar 4a-c). Sementara itu, kadar nitrogen meningkat lebih dari 100% dibandingkan kontrol negatif tetapi tidak melebihi kontrol positif (Gambar 4d).



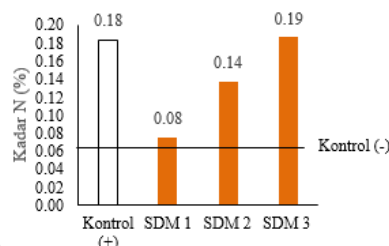
(a)



(b)



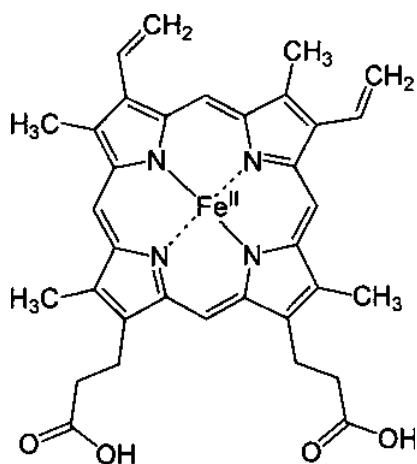
(c)



(d)

Gambar 4. Kandungan unsur (a) karbon, (b) hidrogen, (c) oksigen, dan (d) nitrogen pada SDM

Semakin banyak oksigen yang terkandung dalam SDM, semakin baik SDM tersebut membantu meningkatkan proses pembakaran yang merupakan reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat [4]. Reaksi antara bahan bakar dan oksigen sebagai oksidan dengan suhu yang lebih besar dari titik nyala sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran. Peningkatan kadar oksigen pada pencampuran gas di dalam mesin dengan menangkap radikal bebas oksigen akan mengurangi hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna, yaitu gas CO dan hidrokarbon [7]. Sementara itu, jumlah nitrogen dalam SDM dipengaruhi oleh atom besi dalam hemoglobin yang mengikat atom nitrogen di pusat cincin porfirin (Gambar 5). Keberadaan kompleks besi pada hemoglobin yang terdapat dalam sel darah merah dapat meningkatkan pembakaran bahan bakar [21].



Gambar 5. Struktur hemoglobin

Hasil Uji Emisi

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Jika pembakaran berlangsung sempurna maka terbentuk gas buang karbondioksida (CO_2) yang lepas ke udara dan air (H_2O) [22]. Namun sebaliknya, jika pembakaran tidak sempurna maka dapat terbentuk gas buang yang berbahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian emisi gas buang pada kendaraan bermotor menggunakan SDM 2. Hasil analisis kadar gas buang CO, CO_2 , HC, dan NO_x diperoleh berturut-turut sebesar 0,36%, 5,9%, 177 ppm, dan 3 ppm (Tabel 3). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMEN LH) No 5 Tahun 2006 tentang emisi

gas buang untuk sepeda motor 4 Langkah dengan tahun pembuatan lebih dari 2010 tidak boleh melebihi 4,5%; 20%; 2000 ppm; dan 200 ppm berturut-turut untuk gas CO, CO_2 , HC, dan NO_x [23]. Hal tersebut menunjukkan bahwa gas buang yang dihasilkan dari pembakaran dengan adanya zat aditif SDM sangat jauh di bawah ambang batas normal. Selain itu, aditif SDM dalam bahan bakar dapat menurunkan gas buang CO, HC dan NO_x berturut-turut sebesar 71,43%; 65,96%; dan 66,67% dengan nilai penurunan CO lebih tinggi dibandingkan aditif komersil 51.59% dan bahkan zat aditif komersial terkonfirmasi adanya peningkatan gas buang HC dan NO_x (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil uji emisi gas buang CO, CO_2 , HC, dan NO_x

Sampel	Kadar			
	CO (%)	CO_2 (%)	HC (ppm)	NO_x (ppm)
Kontrol (+)	0.61	10.63	712	13
Kontrol (-)	1.26	9.24	520	9
SDM 2	0.36	5.9	177	3

KESIMPULAN

Darah sapi dapat menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor meliputi senyawa HC, CO, NO_x , dan CO_2 berturut-turut sebesar 65,96%; 71,43%; 66,67%; dan 36,15%, melebihi kemampuan zat aditif komersil, walaupun dengan kelarutan yang masih cukup rendah dalam metanol yaitu 24,42%. Dengan demikian, darah sapi sangat berpotensi sebagai penurun emisi gas buang kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sengkey, S. L., Jansen, F., Wallah, S. (2011). Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi polusi udara skala mikro. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2), 119-126.
- [2] Ismiyati, Marlita, D., Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*. 1(3), 241-248.
- [3] Endyani, I. D., Putra, T. D. (2011). Pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar terhadap emisi gas buang mesin sepeda motor. *PROTON*, 3(1), 29-34.
- [4] Saputra, W. E., Burhanuddin, H., Susila, M. D. (2013). Pengaruh penambahan zat aditif alami pada bensin terhadap prestasi sepeda motor 4-langkah. *Jurnal FEMA*. 1(1), 39-47.

- [5] Syarifuddin, A., Utomo, T. S., Syaiful. (2015). Pengaruh metanol kadar tinggi terhadap performa dan emisi gas buang mesin bensin dengan sistem EGR panas. Seminar Nasional Sains dan Teknologi, ISSN 2407-1846.
- [6] Gusnita, D. (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13(3), 95-101.
- [7] Adriany, R. (2012). Aditif *combustion booster* untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor dan potensinya sebagai penghemat bahan bakar minyak premium88. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 46(1), ISSN 2089-3396.
- [8] Kementerian Pertanian RI. 2017. Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2017. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, ISBN 978-979-628-033-9.
- [9] Sutrisman, M. H., Sutrisno, E., Nugraha, W. D. (2016). Studi pemanfaatan ulat hongkong (*Meal worm*) dalam pengolahan limbah darah sapi menjadi pupuk kompos (studi kasus : rumah pemotongan hewan dan budidaya hewan potong Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1-8.
- [10] Aboderin, F. I., Oyetayo, V. O. (2006). Haematological studies of rats fed different doses of probiotic, *Lactobacillus plantarum*, isolated from fermenting corn slurry. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5, 102-105. Doi: 10/3923/pjn.2006.102.105.
- [11] Dewanti, D. R., Kurnianto, E., Sutopo. (2013). Keragaman protein plasma darah pada kambing kejobong dan kambing peranakan ettawa. *Animal Agriculture Journal*, 2(1), 269-276.
- [12] Suprayogi, A., Alaydrussani, G., Ruhyana, A. Y. (2017). Nilai hematologi, denyut jantung, frekuensi respirasi, dan suhu tubuh ternak sapi perah laktasi di Pangalengan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(2), 127-132. ISSN 0853-4217.
- [13] American Society for Testing and Material [ASTM]. (2007). *Standard test methods for instrumental determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in petroleum products and lubricants*. West Conshohocken (US): ASTM D5291.
- [14] Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-6989-26. (2005).
- [15] Ganong, W. F. (2001). *Fisiologi Kedokteran*. Edisi ke-3. Jakarta (ID): Buku Kedokteran EGC.
- [16] Guyton, A. C., Hall, J. E. (1997). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 9. Jakarta (ID): EGC.
- [17] Pane, E. R. (2013). Uji aktivitas senyawa antioksidan dari ekstrak metanol kulit pisang raja (*Musa paradisiaca sapientum*). *Valensi*, 3(2), 75-80. ISSN 1978 – 8193.
- [18] Septiana, A. T., Asnani, A. (2012). Kajian sifat fisikokimia ekstrak rumput laut coklat *Sargassum duplicatum* menggunakan berbagai pelarut dan metode ekstraksi. *AGROINTEK*, 6(1), 22-28.
- [19] Winata, E., Yuniarta. (2015). Ekstraksi antosianin buah murbei (*Morus alba L.*) metode *ultrasonic batch* (kajian waktu dan rasio bahan : pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), 773-783.
- [20] Ingrath W, Nugroho WA, Yulianingsih R. 2015. Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*) sebagai pewarna alami makanan dengan menggunakan *microwave* (kajian waktu pemanasan dengan *microwave* dan penambahan rasio pelarut aquades dan asam sitrat). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(3), 1-8.
- [21] Srivastava SP, Hancsok J. 2014. *Fuels and Fuel-Additives*. New Jersey (USA): John Wiley & Sons Inc. ISBN 978-0470901861.
- [22] Syahrani, A. (2006). Analisa kinerja mesin bensin berdasarkan hasil uji emisi. *Jurnal SMARTek*, 4(4), 260-266.
- [23] Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2006. Peraturan menteri negara lingkungan hidup no. 5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama. Jakarta: Deputi MENLH Bidang Pengendalian Pencemaran. Mitchell, J. J. (2001). *The mental and emotional life of teenagers*. Calgary, AB: Detselig Enterprises.