

ID: 06

Pemanfaatan Jelaga Kendaraan Untuk Produksi Pigmen Tinta Melalui Metode Karbonisasi

Utilization of Vehicle Soot For Ink Pigment Production Through The Carbonization Method

Mardiah Rangkuti¹, Syrojul Qori², Indrani Mangende³, Al Nizar Baihaqi⁴, Kanaya Tasua Salsabila⁵, Samsurizal^{2*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi PLN

²Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN

³Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN

⁴Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi PLN

⁵Program Studi Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi PLN

Daerah Khusus Jakarta, Indonesia

mardiah2323020@itpln.ac.id¹, syrojul2111015@itpln.ac.id², indrani2221021@itpln.ac.id³, al2331181@itpln.ac.id⁴, kanaya2315025@itpln.ac.id⁵, samsurizal@itpln.ac.id^{2*}

Abstrak – Kualitas udara semakin menurun akibat pencemaran dari kendaraan bermotor dan sumber lainnya. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyebutkan pencemaran udara terbesar berasal dari kendaraan yakni 44%, kemudian 34% Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), lalu dari rumah tangga dan sumber lainnya. Sejatinya polusi dari kendaraan bermotor belum banyak dimanfaatkan atau diubah menjadi sesuatu yang bermanfaat. Oleh karena itu, diperlukan rekayasa polusi kendaraan sebagai terobosan berupa alat penangkap dan pengumpul jelaga yang mana hasil jelaga akan di ekstraksi menjadi pigmen tinta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan melakukan pengujian alat pengumpul dan penangkap jelaga, pengujian tekstur tinta, dan eksplorasi tinta dengan komposisi 20 : 1,5 : 15 : 2 (minyak : gum Arabic : jelaga : solvent). Hasil pengujian didapatkan bahwa dengan intensitas pengujian selama 1 bulan dengan 8 jam perminggu di dapatkan bahwa rata-rata jelaga yang terkumpul perjamnya sebanyak 2 gram. Untuk hasil eksplorasi tinta di dapatkan hasil bahwa tinta memiliki karakteristik tingkat kehitaman yang baik dan tekstur yang sesuai dengan tinta konvensional.

Kata Kunci: polusi kendaraan, tinta pigmen, karbonisasi

Abstract - Air quality is declining due to pollution from motor vehicles and other sources. Data from the Ministry of Environment and Forestry states that the largest air pollution comes from vehicles, which is 44%, then 34% from Steam Power Plants, then from households and other sources. Pollution from motor vehicles has not been widely utilized or turned into something useful. Therefore, vehicle pollution engineering is needed as a breakthrough in the form of a soot catcher and collector where the soot will be extracted into ink pigments. The method used in this study is a quantitative method by testing soot collectors and catchers, ink texture testing, and ink exploration with a composition of 20 : 1.5 : 15 : 2 (oil: gum Arabic: soot: solvent). The test results were obtained that with the intensity of testing for 1 month with 8 hours per week, it was found that the average soot collected per hour was 2 grams. For the results of ink exploration, the results were obtained that the ink has good blackness level characteristics and a texture that is in accordance with conventional ink.

Keywords: Vehicle Pollution, Pigment Ink, Carbonization



1. Pendahuluan

Udara merupakan elemen penting bagi kehidupan. Namun di zaman modern ini, dengan berkembangnya pembangunan di perkotaan dan kawasan industri serta berkembangnya sarana transportasi, kualitas udara juga mengalami perubahan akibat pencemaran udara dan perubahan komposisi udara normal. Artinya, zat pencemar (dalam bentuk gas dan partikel kecil/aerosol) masuk ke udara dalam jumlah yang konstan dan dalam jangka waktu yang lama sehingga mempengaruhi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan.

Dalam undang-undang No. 23 Tahun 1997 menerangkan mengenai pengertian polusi udara merupakan masuknya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh aktivitas manusia yang dapat mengganggu kehidupan manusia. Berdasarkan data situs pemantau kualitas udara IQ Air pada 25 september 2023, Jakarta menduduki posisi keenam sebagai kota dengan udara terburuk di dunia dimana masuk dalam kategori udara tidak sehat bagi kelompok sensitif karena dapat merugikan manusia ataupun kelompok hewan dan menimbulkan kerusakan bagi tumbuhan.

Polusi udara paling umum terjadi di kota urban, seperti Jakarta di dibandingkan dengan pedesaan[1]. Polusi udara sendiri terbagi menjadi dua. Yang pertama polusi di dalam ruangan, seperti di dalam rumah, sekolah, dan kantor. Yang kedua polusi di luar ruangan disebabkan oleh emisi dari kendaraan, industri, kapal, dan proses biologis alami. Sumber pencemaran udara dapat dibedakan menjadi sumber tidak bergerak dan sumber bergerak. Sumber tidak bergerak terdiri dari pembangkit listrik, industri dan rumah tangga. Sedangkan sumber bergerak terdiri dari aktivitas lalu lintas kendaraan melalui darat dan laut[2].

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, pencemaran udara terbesar berasal dari kendaraan yakni 44%, kemudian 34% Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), lalu dari rumah tangga dan sumber lainnya. Menurut laporan Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan listrik di wilayah metropolitan Jakarta terus meningkat selama lima tahun terakhir. Tercatat, jumlah kendaraan bermotor di Ibu Kota mencapai 26,37 juta unit pada 2022. Jumlah ini meningkat 4,39% dari tahun sebelumnya sebanyak 25,26 juta unit.

Polutan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida, nitrogen oksida, jelaga, senyawa organik yang mudah menguap (VOC), sulfur dioksida, dan gas rumah kaca. Salah satu partikel yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia adalah PM 2.5 atau jelaga. PM 2.5 terdiri atas berbagai partikel unsur dan zat, di antaranya ialah mineral seperti kalium (K), natrium (Na), aluminium (Al), selenium (Se), kobalt (Co), arsen (As), silikon (Si), kalsium (Ca), seng (Zn), timbal (Pb), sulfat (SO₄), mangan (Mn), besi (Fe), karbon organik, amonium (NH₄), dan senyawa organik volatil (VOC) seperti formalin dan benzena[3]. Partikel ini tidak hanya sulit dilihat dengan mata telanjang, tetapi juga mudah masuk ke dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan gangguan pernafasan dan meningkatkan risiko penyakit paru-paru. Ukuran PM 2.5 berkisar 30 kali lebih kecil dari sehelai rambut manusia[4].

Kota dengan lalu lintas yang padat akan menghasilkan gas karbon monoksida yang relatif tinggi sehingga dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan [5]. Salah satu kota besar dengan kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi adalah kota Medan [6]. Peningkatan jumlah kendaraan dan kemacetan berpengaruh terhadap emisi polutan salah satunya karbon monoksida (CO). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi CO di Kota Medan antara 1145,2 µg/m³ – 27484,7 µg/m³. Kondisi ini masih dibawah baku mutu udara ambien nasional Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 [7]. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), polusi udara adalah penyebab utama kematian, mencapai 7 juta kasus kematian [8].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut solusi yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan kandungan asap kendaraan yaitu PM 2.5 menjadi produk bermanfaat berupa tinta. Bahan dasar dalam pembuatan tinta sangat menentukan hasil tinta.[9]. Kondisi optimum yang

memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah tinta dengan nilai densitas 0,95 g/cm³, nilai viskositas 1,14 cP, tingkat keabuan 80%. [10].

Tidak hanya itu, pembuatan pigmen warna pada tinta juga dapat dilakukan dengan mereduksi sampah daun hingga berbentuk serbuk karbon yang homogen kemudian membakar sampah daun dalam kondisi oksigen rendah dan dilakukan proses pencampuran sederhana dengan bahan lain pembuat tinta. Uji laju absorpsi menunjukkan bahwa tinta karbon memiliki kelajuan yang hampir sama dengan jenis tinta di pasaran, yaitu 1,04 mm/s [10].

Pengurangan polusi udara tidak hanya dicapai melalui pemanfaatan jelaga, namun juga melalui pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk menyerap gas buang kendaraan. Proses pembuatannya dilakukan dengan memanfaatkan serbuk kelapa, kemudian Serbuk kelapa sawit dan tanah liat di masukkan kedalam hidrotermal dengan perbandingan 80:15:5, lalu di oven dan di lakukan cetak tekan (Hotpress) dengan suhu 120°C [11].

Tidak hanya itu, pembuatan tinta juga dapat dilakukan dengan menggunakan endapan minuman kopi sebagai pigmen organik untuk tinta spidol whiteboard. Proses pembuatan tinta dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan pembuat tinta antara lain gum arab, aquades, alkohol, dan PEG pada pigmen organik. Proses pembuatan tinta dilakukan dengan variasi massa binder gum arab dari 1 gram sampai dengan 3,5 gram [12].

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, di mana dilakukan fabrikasi alat pengumpul jelaga, serta pengujian untuk mengevaluasi kinerjanya. Fabrikasi alat mencakup perancangan, pembuatan, perakitan, dan pengujian untuk memastikan alat berfungsi dengan baik.

Selanjutnya dilakukan rekayasa polusi kendaraan dimana alat pengumpul jelaga yang terdiri dari glasswool, filter, dan rangka penutup digunakan untuk mendapatkan pigmen karbon hitam, selanjutnya setelah dikumpulkan jelaga yang diperoleh akan di eksplorasi untuk pembuatan tinta dengan menggunakan 4 sampel pengujian. Desain alat penangkap jelaga dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain alat perangkap jelaga

Selanjutnya dilakukan pengujian alat pengumpul jelaga dengan metode karbonisasi atau proses di mana bahan organik dipanaskan dalam kondisi terbatasnya oksigen untuk mengubahnya menjadi karbon. Proses ini dilakukan selama 1 bulan dengan intensitas pengujian 8 jam perminggunya. Jelaga yang diperoleh akan dimanfaatkan untuk pembuatan tinta yang kemudian dilakukan pula pengujian tekstur tinta dan eksplorasi tinta. Proses Eksplorasi tinta dilakukan dengan membuat 4 sampel. Sampel pertama menggunakan perbandingan 2:2:2:2 (Alkohol : Gum arabic powder : Jelaga : Resin) dalam satuan gram dan mililiter. Sampel kedua menggunakan perbandingan 1,2:10:10:10 (Serbuk Hitam : Aquadest : Solvent : Alkohol). Sampel ketiga menggunakan perbandingan 10 : 10 : 5 : 1 (Minyak : Resin : Jelaga : Pengental). Sampel keempat

menggunakan perbandingan 20:1,5:15:2 (Minyak : Gum Arabic : Jelaga : Solvent). Sampel yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian tesktur yaitu pengujian tekstur tinta, dimana setelah mencampurkan bahan, diambil sedikit tinta dan dioleskan ke atas kertas untuk melihat apakah tinta tersebut memiliki tekstur yang terlalu kental, terlalu cair, atau sudah stabil.

3. Hasil dan Pembahasan

Bahan dasar pembuatan tinta sangat penting dalam menentukan kualitas tinta. Ada beberapa bahan potensial yang dapat dijadikan bahan utama dalam pembuatan tinta, salah satunya adalah jelaga. Jelaga adalah bubuk hitam yang diperoleh dari pembakaran yang tidak sempurna dalam asap kendaraan pada kondisi rendah oksigen. Semakin terbatasnya oksigen maka akan semakin tidak sempurna pembakaran yang terjadi dan semakin banyak pula jelaga yang dihasilkan.

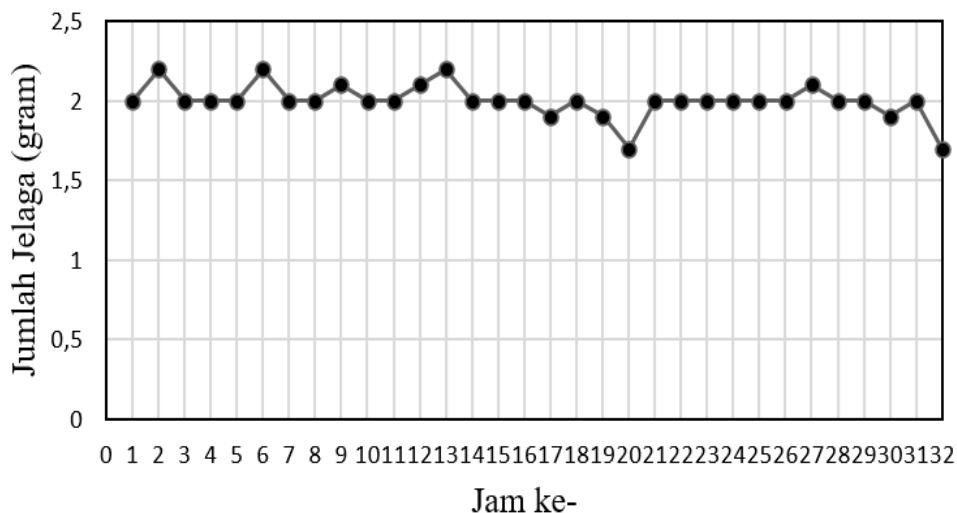
Bubuk hitam diperoleh dari asap kendaraan dikumpulkan melalui penangkap dan pengumpul jelaga selama 1 bulan. Hasil pengujian yang diperoleh dari alat pengumpul jelaga berupa bubuk hitam dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil bubuk hitam

Jelaga yang diperoleh memiliki tekstur halus dan warna hitam pekat. Selanjutnya dilakukan pengujian jelaga yang ditunjukkan pada grafik gambar 3.

Grafik Pengujian Jelaga



Gambar 3. Grafik pengujian jelaga

Berdasarkan pengujian yang ditampilkan pada gambar 3, dapat diketahui bahwa proses pengujian telah dilakukan selama satu bulan dengan intensitas waktu pengujian sebesar 8 jam per minggu. Selama pengujian ini, jumlah jelaga yang terkumpul menunjukkan variasi. Meskipun

demikian, rata-rata jumlah jelaga yang terkumpul adalah sekitar 2 gram per jam. Setelah pengumpulan jelaga selesai, langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah mengeksplorasi potensi penggunaan jelaga tersebut dalam pembuatan tinta. Untuk itu, dilakukan proses eksplorasi tinta dengan memvariasikan empat sampel. Eksperimen ini bertujuan untuk menentukan kualitas dan karakteristik tinta yang sesuai dan paling mendekati dengan tinta konvensional. Hasil dari eksperimen ini akan disajikan secara rinci pada Tabel 1, yang mencakup data seperti kekentalan, warna, dan kecepatan pengeringan.

Tabel 1. Hasil eksplorasi tinta

No.	Sampel dan Rasio	Hasil
1.	2 : 2 : 2 : 2	Tekstur : kasar dan terlalu kental; kecepatan pengeringan : cepat; kehitaman : kurang hitam
2.	1,2 : 10 : 10 : 10	Tekstur : terlalu kental; kecepatan pengeringan : cepat; kehitaman : kurang baik
3.	10 : 10 : 5 : 1	Tekstur : terlalu cair; kecepatan pengeringan : cepat; kehitaman : baik
4.	20 : 1,5 : 15 : 2	Tekstur : sudah sesuai/tidak terlalu kental dan cair; kecepatan pengeringan : lama; kehitaman : baik

Dari Tabel 1 hasil eksplorasi tinta, dapat dilihat bahwa pada sampel 1, tinta yang dihasilkan masih memiliki tekstur yang kasar dan tingkat kehitaman yang kurang optimal. Pada sampel 2, tinta yang dihasilkan memiliki tekstur yang terlalu kental dengan tingkat kehitaman yang juga belum memadai. Sementara itu, pada sampel 3, tekstur tinta terlalu cair, meskipun tingkat kehitamannya sudah cukup baik. Di sisi lain, tinta pada sampel 4 menunjukkan karakteristik yang paling mendekati tinta konvensional, dengan tekstur dan tingkat kehitaman yang sesuai. Hal ini dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil sampel 4

Dimana dari gambar tersebut dapat terlihat bahwasanya tekstur yang dihasilkan tidak terlalu kental dan memiliki tingkat kehitaman yang baik. Selanjutnya keempat sampel yang sebelumnya di variasikan dilakukan penerapan hasil yang didapat pada kertas, hasil penerapan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Penerapan pada kerja

Hasil pengujian pada kertas menunjukkan bahwa beberapa sampel masih kurang menyatu antara masing-masing bahan yang menyebabkan jelaga terkumpul di tengah. Namun, sampel keempat memiliki tekstur dan tampilan yang paling mendekati dengan tinta konvensional.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwasanya jelaga yang terkumpul perjam sebanyak 2 gram. jelaga atau karbon hitam dapat menjadi bahan baku dalam pembuatan tinta konvensional dengan komposisi tinta 20 : 1,5 : 15 : 2 (Minyak : Gum Arabic : Jelaga : Solvent) dengan hasil dimana tekstur sudah sesuai/tidak terlalu kental dan cair serta memiliki tingkat kehitaman yang baik dan paling mendekati dengan tinta konvensional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada simbelmawa dan kemendikbudristek yang telah memberikan dana tahun 2024 dan penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada Institut Teknologi PLN serta seluruh pihak yang telah mendukung kegiatan sehingga dapat dibuat dalam sebuah artikel ilmiah.

Referensi

- [1] V. William And D. Widyanto, "Perancangan Alat Pengumpul Jelaga Di Kendaraan Beroda Empat," *Ars*, Vol. 26, No. 1, Pp. 57–68, Apr. 2023, Doi: 10.24821/Ars.V26i1.6959.
- [2] Agus Gindo Simanjuntak, "Pencemaran Udara," *Pusat Teknologi Limbah Radioaktif*, Vol. 11, No. 1, Pp. 34–35, 2007.
- [3] Sarah Adhira Rahmah And Holy Kartika Nurwigati Sumartiningtyas, "Apa Itu Pm2,5 Yang Selalu Dikaitkan Dengan Polusi Udara?," *Kompas*, Agustus 2023.
- [4] Environmental United States, "Waters Of The United States," Nov. 2023.
- [5] D. Y. Damara, I. W. Wardhana, And E. Sutrisno, "Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (Co) Di Sekitar Jl. Pemuda Akibat Kegiatan Car Free Day Menggunakan Program Caline4 Dan Surfer (Studi Kasus: Kota Semarang)," Vol. 6, No. 1, 2017.
- [6] I. R. Hasibuan, M. Lubis, And D. Tanjung, "Studi Manajemen Lalu Lintas Di Ruas Jalan Imam Bonjol Kota Medan Dengan Menggunakan Metode Pkji," *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, Vol. 4, No. 2, Pp. 254–255, 2023.
- [7] I. Suryati And H. Khair, "Analisis Isophlet Konsentrasi Dan Estimasi Potensi Penurunan Karbon Monoksida Di Kota Medan," *Dampak*, Vol. 13, No. 2, Pp. 1–8, Jul. 2016, Doi: 10.25077/Dampak.13.2.51-59.2016.
- [8] Ahmad Arif, "Polusi Udara Membunuh 7 Juta Orang Per Tahun, Who Terbitkan Pedoman Baru," *Kompas*, Jakarta, Sep. 23, 2021.
- [9] H. Muchtar, I. T. Anova, And G. Yeni, "Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Kehalusan Gambir Serta Variasi Komposisi Terhadap Beberapa Sifat Fisika Dalam Pembuatan Tinta Cetak," *Jli Padang*, Vol. 5, No. 2, P. 131, Dec. 2015,

- [10] A. P. Rengganis, A. Yulianto, And I. Yulianti, “Pengaruh Variasi Konsentrasi Arang Ampas Kopi Terhadap Sifat Fisika Tinta Spidol Whiteboard,” 2017.
- [11] P. A. Wiguna, M. A. N. Said, R. Wicaksono, And M. Prasetya, “Fabrikasi Tinta Printer Berbahan Dasar Pigmen Organik Dari Sampah Daun,” Vol. 4, No. 2, 2014.
- [12] A. Abdillah, G. Saragih, M. Z. Akbari, And V. Purwandari, “Pembuatan Penyerap Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Limbah Padat Kelapa Sawit,” *Kimia*, Vol. 7, No. 1, Pp. 21–26, Jun. 2023,
- [13] A. P. Rengganis, S. Sulhadi, T. Darsono, And D. P. Fajar, “Fabrikasi Tinta Spidol Whiteboard Berbahan Dasar Pigmen Organik Dari Endapan Minuman Kopi,” In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) Snf2017 Unj*, Pendidikan Fisika Dan Fisika Fmipa Unj, 2017.