

PERBEDAAN KADAR IMMUNOGLOBULIN A DAN WAKTU TRANSPOR MUKOSILIAR HIDUNG PEKERJA INDUSTRI TEKSTIL AREA DYEING DAN NON-DYEING

THE DIFFERENCES OF IMMUNOGLOBULIN A LEVEL AND NASAL MUCOCILIARY CLEARANCE TIMES OF DYEING AND NON-DYEING AREAS OF TEXTILE FACTORY WORKERS

Ika Luthfiah¹, Arlita Leniseptaria Antari², Purnomo Hadi², Eva Annisaa³, Awal Prasetyo⁴

¹ Mahasiswa Prodi Sarjana, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

² Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

³ Departemen Farmasi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

⁴ Departemen Patologi Anatomi, Prodi Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran Universitas
Diponegoro, Semarang, Indonesia

Korespondensi: Awal Prasetyo. Email: awalpras@fk.undip.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia, penyakit sistem respirasi adalah kasus terbanyak penyakit akibat kerja, yang khususnya diakibatkan paparan volatile organic compound (VOC) selama bekerja di pabrik tekstil. Pengaruh paparan VOC terhadap kadar immunoglobulin A (IgA) dan waktu transpor mukosiliar hidung (TMSH) belum diketahui. Studi ini bertujuan mengetahui perbedaan kadar IgA dan waktu TMSH pekerja pabrik tekstil di area dyeing (pencelupan warna) dan non-dyeing. Studi observasional analitik dengan metode cross sectional di PT Apac Inti Corpora Bawen Semarang, melibatkan masing-masing 11 pekerja laki-laki di area dyeing dan non-dyeing yang telah bekerja lebih 5 tahun. Pengukuran kadar IgA dengan ELISA dari sampel nasal wash, dan waktu TMSH diukur dengan menggunakan uji sakarin. Normalitas data diuji dengan Shapiro-Wilk. Data dianalisis dengan uji Mann-Whitney. Rata-rata kadar IgA di area dyeing dan non-dyeing adalah $59,58 \pm 0,91$ dan $58,87 \pm 0,57$, atau tidak berbeda bermakna ($P=0,557$). Rata-rata waktu TMSH di area dyeing dan non-dyeing adalah $1141,45 \pm 368,08$ dan $1004,64 \pm 717,28$ detik, juga tidak berbeda bermakna ($P=0,148$). Studi ini menyimpulkan bahwa kadar IgA dan waktu TMSH pada pekerja pabrik tekstil di area dyeing dan non-dyeing tidak berbeda.

Kata Kunci : Pekerja Pabrik Tekstil, Kadar Iga, Waktu TMSH

ABSTRACT

In Indonesia, respiratory system diseases are the most common occupational diseases, which are mainly caused by exposure to volatile organic compounds (VOCs) while working in textile factories. The effect of VOC exposure on immunoglobulin A and Nasal Mucociliary Clearance Times (NMCT) is unknown. The purpose of this study was knowing the difference in IgA levels and NMCT in the dyeing and non-dyeing areas of textile factory workers. This is an observational study with cross sectional design, conducted at PT. Apac Inti Corpora, Bawen, Semarang. Each 11 workers in dyeing and non-dyeing areas were measured their NMCT using saccharin test, as well as IgA by ELISA method of their nasal wash. Normality of the data was tested by the Shapiro-Wilk. Data were analyzed with the Mann-Whitney test. The mean IgA level on dyeing and non-dyeing workers were 59.58 ± 0.91 dan 58.87 ± 0.57 , whereas there no significant difference ($P=0.557$). The mean NMCT on dyeing and non-dyeing workers were 1141.45 ± 368.08 and 1004.64 ± 717.28 , whereas there no significant difference ($P=0.148$). It would be concluded that there was no difference of IgA level and NMCT on dyeing and non-dyeing workers.

Keywords: Textile Workers, Iga Level, NMCT

How to Cite: Luthfiah, I., Antari, A., Hadi, P., Annisaa, E., & Prasetyo, A. (2022). Perbedaan Kadar Immunoglobulin A dan Waktu Transpor Mukosiliar Hidung Pekerja Industri Tekstil Area Dyeing Dan Non-Dyeing. Biomedika, 14(2), 178-186. doi: <https://doi.org/10.23917/biomedika.v14i2.19129>

DOI: <https://doi.org/10.23917/biomedika.v14i2.19129>

PENDAHULUAN

Perkembangan industri memberikan dampak negatif, seperti penyakit akibat kerja (ILO, 2013). Jumlah kasus penyakit akibat kerja di Indonesia pada 2014 sebanyak 40.694 kasus (Kemenkes RI, 2015), dengan persentase terbesar adalah penyakit paru akibat kerja (Darmawan, 2013), sedangkan kasus asthma dan PPOK merupakan penyakit yang paling sering ditemukan di pekerja pabrik tekstil (Health and Safety Executive, 2017).

Volatile Organic Compound (VOC) yang dilepaskan dalam proses produksi tekstil juga dapat meningkatkan kejadian kanker sinonasal dan adenokarsinoma di tempat kerja, selain debu kayu, dan nikel (Binazzi *et al.*, 2015). Adapun kejadian kesakitan yang lebih ringan dan sering disebabkan oleh jejas paparan inhalasi jalan nafas akibat paparan bahan kimia untuk pewarnaan tekstil. Pekerja di area pencelupan warna (*dyeing*), terpapar pewarna *azo*, turunan antrakuinon, CH₃COOH, HCOOH, NaOH, H₂CO, NaHS, SO₂, dan CO, dalam rerata waktu paparan dan lama kerja tertentu, sehingga lebih berisiko mengalami peradangan saluran pernapasan (McDonald *et al.*, 2015). Berdasarkan data SWORD 2014-2016, terdapat

40% dari 100.000 pekerja setiap tahun yang menderita asthma akibat kerja, terkait dengan peningkatan kadar IgA dalam tubuh (Eslami *et al.*, 2016).

Imunoglobulin A adalah imunoglobulin utama yang bekerja pada daerah mukosa, sering disebut sebagai *secretory immunoglobulin A* (SIgA) (Eslami *et al.*, 2016). Penurunan kadar IgA dapat meningkatkan risiko infeksi mukosa. Pada sinonasal, penurunan kadar IgA menyebabkan peningkatan sensitisasi tungau debu inang (HDM) yang menyebabkan asthma (Salim dan Prasetyo, 2016). Pada kondisi lingkungan dengan polusi udara yang tinggi menyebabkan penurunan kadar imunoglobulin A (Munkholm, 2014).

Selain itu, pencemaran udara dapat menyebabkan nekrosis sel epitel mukosa hidung dan metaplasia sel goblet yang menurunkan fungsi sistem transportasi mukosiliar hidung (Soemadi dkk, 2009; Syed *et al.*, 2000). Transpor mukosiliar hidung melindungi sistem pernapasan dari kerusakan akibat zat yang terhirup. Pada saat gerakan silia melambat, maka waktu uji transpor mukosiliar hidung dengan sakarin akan meningkat. Hal itu menggambarkan fungsi pembersihan benda asing menjadi tidak efektif (Majima *et al.*, 1985; Prasetyo *et al.*, 2020).

Penelitian sebelumnya tentang pengaruh waktu kerja dan lama bekerja pada mebel kayu menemukan adanya peningkatan waktu bersihan bagi karyawan mebel kayu dibandingkan dengan pegawai mebel non kayu. Semakin tinggi waktu clearance disebabkan tingginya paparan debu kayu di pabrik mebel (Levendoski *et al.*, 2014). Penelitian mengenai sistem mukosiliar hidung juga dilakukan pada pekerja SPBU umum. Berdasarkan penelitian ini, nilai *cut off* menggunakan *mean time clearance* dari petugas SPBU adalah 1386,5 detik (Salim dan Prasetyo, 2016).

Sampai saat ini, belum terdapat publikasi tentang apakah peningkatan waktu mukosiliar hidung berhubungan dengan penurunan kadar IgA, dan apakah terdapat perbedaan waktu TMSH serta kadar IgA pada pekerja pabrik tekstil di area *dyeing* dan *non-dyeing*.

METODE

Penelitian dilakukan di PT Apac Inti Corpora, Bawen Semarang, merupakan penelitian observasional analitik dengan desain *cross sectional*. Sampel penelitian dipilih secara *purposive sampling*, dengan 11 subyek di setiap kelompok yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Setiap pekerja mengalami paparan inhalasi polutan lingkungan dalam durasi 6 sampai 7 jam per hari, dengan pemakaian alat

pelindung diri berupa masker kain dua lapis. Kriteria inklusi subyek adalah; laki-laki, sehat, lama kerja minimal 5 tahun, dan bersedia mengisi *informed consent*. Kriteria eksklusinya, yaitu; terdapat riwayat penyakit kardiovaskular dan autoimun.

Kadar Ig A cairan *nasal wash* diukur dengan ELISA di Laboratorium Biomolekuler Universitas Muhammadiyah Semarang. Waktu TMSH diukur menggunakan uji sakarin. Pengukuran TMSH dengan sakarin dikenalkan pertama kali oleh Anderson *et al.* tahun 1974 dan hingga sekarang masih digunakan untuk pemeriksaan rutin fungsi hidung sebagai transpor udara pernapasan. Pemeriksaan diawali dengan responden diminta berkumur terlebih dahulu. Kemudian responden diminta duduk dengan kepala fleksi 10°. Setengah milimeter sakarin diletakkan 1 cm dibelakang batas anterior konka inferior. Kemudian responden diminta menelan secara periodik tertentu kira-kira ½ - 1 menit sampai responden merasakan manis. Waktu mulai sakarin diletakkan dibawah konka inferior sampai merasakan manis, saat itu dilakukan pencatatan dan ini yang disebut sebagai TMSH atau waktu sakarin (Ballenger, 2010).

Indikator pencemaran udara yang digunakan untuk mengetahui kualitas udara di PT. Apac Inti Corpora diukur oleh Laboratorium Lingkungan dan Perusahaan Jasa Konsultasi (Envilab[®] Semarang). Persetujuan etik No. 166/EC/KEPK/FK-UNDIP/V/2019, dari KEPK FK Undip.

Uji normalitas data memakai *Saphiro-Wilk*, dilanjutkan uji *Mann-Whitney* untuk menilai perbedaan data yang terdistribusi tidak normal, serta uji korelasi *Spearman*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik subyek

Karyawan pabrik tekstil dengan karakteristik subjek pada [Tabel 1](#) memperlihatkan bahwa subyek adalah karyawan di usia produktif dan telah bekerja lebih dari 5 tahun, dengan melakukan latihan fisik rutin sebesar 2%. Pada variabel merokok, didapatkan persentase lebih tinggi pada kelompok *dyeing* sebesar 56%.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Variabel	Kelompok Responden	
	Dyeing	Non-Dyeing
Usia (th)	39 (37-50)	42 (30-56)
Lama kerja (th)	19 (15-27)	21 (5-26)
Latihan fisik rutin (%)		
Ya	2 (18)	2 (18)
Tidak	9 (82)	9 (82)
Riwayat merokok (%)		
Ya	6 (56)	1 (9)
Tidak	5 (45)	10 (91)

Pengukuran Polutan

Kadar polutan di area penelitian dilakukan untuk mengetahui secara spesifik jenis polutan yang dapat memicu inflamasi dan perubahan patologi pada saluran nafas atas, dapat dilihat pada [Tabel 2](#).

Hasil pengukuran didapatkan konsentrasi SO₂, NH₃, debu, dan PM_{2.5} di area *dyeing* lebih tinggi dibanding area *non-dyeing*. Pada konsentrasi PM₁₀ di area *non-dyeing* lebih tinggi dengan konsentrasi 72 µg/m³.

Kadar Immunoglobulin A

Kadar IgA terdistribusi tidak normal pada kelompok *dyeing* (*Shapiro-Wilk*, P=0,017), namun kelompok *non-dyeing* didapatkan data terdistribusi normal (*Shapiro-Wilk*, P=0,525).

Uji beda *Mann-Whitney* menunjukkan tidak ada perbedaan kadar IgA antara kelompok *dyeing* dan *non-dyeing* (P=0,577) ([Gambar 1](#)). Rerata kadar IgA kelompok *dyeing* dan *non-dyeing* terdapat perbedaan. *Median* pada kelompok *dyeing* 59,75, nilai terendah 57,21 dan tertinggi 60,61. *Median* pada kelompok *non-dyeing* 59,71, dengan nilai terendah 58,71 dan nilai tertinggi 60,83.

Waktu TMSH

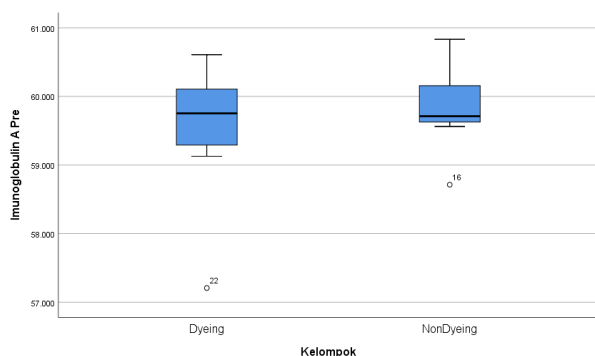
Data waktu TMSH menunjukkan distribusi normal pada kelompok *dyeing*

(*Shapiro-Wilk*, $P=0,24$), namun data kelompok *non-dyeing* terdistribusi tidak normal dengan (*Shapiro-Wilk*, $P=0,001$).

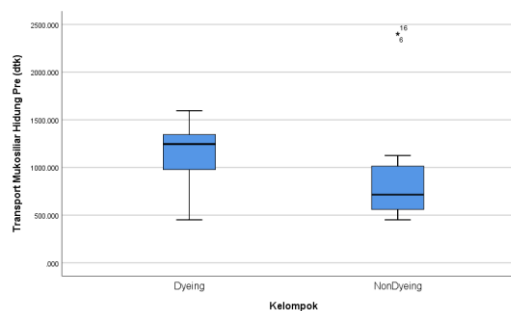
Uji beda *Mann-Whitney* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan waktu TMSH pada kelompok *dyeing* dan *non-dyeing* ($P = 0,148$) ([Gambar 2](#)). Rerata waktu TMSH kelompok *dyeing* dan *non-dyeing* terdapat perbedaan. *Median* kelompok *dyeing* adalah 1245, nilai terendah 451 dan tertinggi 1595. *Median* kelompok *non-dyeing* adalah 715, nilai terendah 451 dan tertinggi 2400.

Tabel 2. Hasil pengukuran polutan udara

No	Parameter	Satuan	NAB	Area Dyeing	Area Non-Dyeing
1	NO ₂	ppm	0.2	<0.0032	<0.0032
2	SO ₂	ppm	0.14	0.0003	<0.0001
3	CO	ppm	25	<1	<1
4	NH ₃	ppm	25	0.001	0.0005
5	H ₂ S	ppm	1	<0.012	<0.012
6	O ₃	Ppm	0.08	<0.007	<0.007
7	Debu	mg/m ³	10	5.36	1.33
8	Lead, Pb	mg/m ³	0.05	<0.0003	<0.0003
9	PM ₁₀	µg/m ³	150	64	72
10	PM _{2,5}	µg/m ³	65	34	33



Gambar 1. Boxplot kadar IgA kelompok *dyeing* dan *non-dyeing*



Gambar 2. Boxplot waktu TMSH kelompok *dyeing* dan *non-dyeing*

Analisis Faktor Perancu

Hasil uji korelasi faktor perancu menggunakan uji *Spearman-rank*, didapatkan tidak ada hubungan antara riwayat merokok, usia, dan lama paparan terhadap kadar IgA dan waktu TMSH ([Tabel 3.](#)).

Tabel 3. Analisis Korelasi Spearman-rank

Faktor Perancu	Kadar IgA <i>p</i>	Waktu TMSH <i>p</i>
Riwayat merokok	0,329	0,249
Usia	0,112	0,301
Lama paparan	0,096	0,262

Hasil pengukuran polutan didapatkan bahwa konsentrasi SO₂, NH₃, debu, dan PM_{2,5} di area *dyeing* lebih tinggi dibandingkan area *non-dyeing*. Sedangkan konsentrasi PM₁₀ di area *non-dyeing* lebih tinggi. Hasil tersebut masih berada di bawah nilai ambang batas (NAB).

Paparan kronik SO₂ dapat menyebabkan penurunan kadar IgA dan peningkatan waktu TMSH. Lapisan epitel dari membran mukosa yang rusak akibat paparan SO₂ menyebabkan sekresi IgA menjadi menurun (*Syed et al.*,

2000). Peningkatan waktu TMSH pada paparan kronik SO₂ melalui mekanisme peningkatan *adhesive mucous* yang menyebabkan silia menjadi kaku (Majima *et al.*, 1985). Mekanisme peningkatan *adhesive mucous* juga terjadi pada paparan kronik NH₃, debu, dan PM (Munkholm, 2014; Levendoski *et al.*, 2014). Paparan kronik NH₃ pada konsentrasi 30 ppm dapat meningkatkan stress oksidatif dan menurunkan imunitas (Chen, 2017), salah satunya ditunjukkan dengan penurunan kadar IgA. Hal ini juga terjadi pada paparan PM₁₀ pada konsentrasi 300µg/m³, dan PM_{2.5} pada konsentrasi 116.98µg/m³ (Zhao *et al.*, 2013; Yue *et al.*, 2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja di area *dyeing* memiliki kadar IgA lebih rendah dibandingkan pekerja di area *non-dyeing*. Hasil analisis statistik kadar IgA tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pekerja di area *dyeing* dan *nondyeing*. Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang membandingkan kadar IgA populasi yang terpapar polusi dan tidak terpapar polusi. Pada penelitian sebelumnya, ditemukan penurunan yang signifikan pada populasi yang terpapar polusi udara (Eslami *et al.*, 2016).

Ketidaksesuaian ini dapat disebabkan oleh perbedaan konsentrasi dan komposisi polutan. Pada penelitian ini, konsentrasi polutan masih di bawah nilai ambang batas. Polutan dengan konsentrasi di atas nilai ambang batas lebih berisiko untuk menyebabkan kerusakan saluran pernapasan (Masito, 2018). Paparan pekerja terhadap polutan di luar pabrik yang tidak dapat dinilai juga dapat mempengaruhi hasil. Risiko paparan terhadap PM pada pengendara sepeda motor lebih tinggi dibandingkan pengendara mobil (Patel *et al.*, 2016).

Pada pengukuran waktu TMSH didapatkan waktu lebih panjang pada pekerja di area *dyeing*. Akan tetapi, hasil analisis data menunjukkan perbedaan tidak signifikan. Hasil ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya disebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi paparan berbanding lurus dengan gangguan mukosiliar hidung, yang ditunjukkan dengan pemanjangan waktu TMSH. Ketidaksesuaian ini dapat disebabkan oleh perbedaan konsentrasi dan komposisi polutan. Pada penelitian ini, konsentrasi polutan masih di bawah nilai ambang batas. Polutan dengan konsentrasi di atas nilai ambang batas lebih berisiko untuk menyebabkan kerusakan saluran pernapasan (Masito, 2018).

Kadar IgA dan waktu TMSH pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh riwayat merokok. Hasil ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya di Arab Saudi yang menyatakan bahwa riwayat merokok dapat menurunkan kadar IgA (Al-Ghamdi and Anil, 2017). Penelitian lain juga menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara waktu TMSH dengan riwayat merokok. Merokok mengakibatkan penurunan fungsi mukosiliar yang ditandai dengan peningkatan waktu TMSH (Dulger *et al.*, 2018; Prasetyo *et al.*, 2020). Perbedaan hasil ini dapat dipengaruhi oleh intensitas merokok dan lamanya subyek merokok. Perubahan transport mukosiliar hidung dapat terjadi setelah merokok selama 12 tahun (Utiyama *et al.*, 2016).

Kadar IgA pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh usia. Hasil ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya di Iran yang menyatakan adanya hubungan antara usia dengan kadar IgA. Kadar IgA meningkat hingga usia 60 tahun, dan menurun pada usia 61-70 tahun (Jafarzadeh *et al.*, 2010). Penelitian lain di India menyatakan bahwa kadar IgA tertinggi terdapat pada usia 51-60 tahun (Khan *et al.*, 2015). Perbedaan hasil dapat disebabkan oleh

perbedaan sampel yang diuji. Pada penelitian sebelumnya, kadar IgA diukur dari cairan saliva, sedangkan penelitian ini kadar IgA diukur dari hasil *nasal wash* responden.

Waktu TMSH pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh usia subjek. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya menyatakan peningkatan waktu TMSH baru terjadi pada usia dekade ke-6 dan ke-7 (Yadav *et al.*, 2011). Hal ini terjadi karena insiden sinusitis kronik, bronkitis, pneumonia, dan infeksi paru meningkat pada lansia. Usia subjek pada penelitian ini berada dalam rentang usia 37-56 tahun.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan pentingnya dilakukan intervensi pada pekerja pabrik di area *dyeing* dan *nondyeing*. Salah satu intervensi yang dapat dilakukan adalah dengan anjuran penggunaan masker sebagai APD saat kontak langsung dengan bahan iritan. Penggunaan masker diharapkan mampu mencegah kerusakan mukosiliar lebih lanjut yang menyebabkan gangguan pada transport mukosiliar dan penurunan kadar IgA.

Studi ini tidak menggali riwayat rotasi pekerja yang dapat menunjukkan durasi paparan semasa bekerja, sehingga selain faktor terbatasnya jumlah subyek penelitian, faktor tersebut

kemungkinan menimbulkan kesamaan lama paparan polutan terinhalasi antara kelompok pekerja area *dyeing* dan *non-dyeing*.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa; kadar IgA dan waktu TMSH pada pekerja di area *dyeing* dan *non-dyeing* tidak berbeda, dimana tidak terdapat penurunan kadar IgA dan peningkatan waktu TMSH. Paparan kronis polutan lingkungan pabrik dengan produk *Particulate Matter* (PM)-nya, kemungkinan sudah memapar seluruh pekerja sehingga tidak didapatkan hasil yang berbeda. Studi untuk membandingkan efek paparan polutan antara pekerja pabrik yang baru dengan yang lama perlu dilakukan.

PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih atas dukungan Dana Hibah Penelitian Universitas Diponegoro Semarang Tahun 2019 Nomor. 2133 /UN7.5.4/PP/2019

DAFTAR PUSTAKA

Al-Ghamdi HS, and Anil S. 2017. Serum antibody levels in smoker and non-smoker saudi subjects with chronic periodontitis. *J Periodontol.* 78(6). Pp= 1043–50.

Ballenger, J.J., 2010. *Aplikasi Klinis Anatomi dan Fisiologi Hidung dan Sinus Paranasal dalam Penyakit Telinga, Hidung, Tenggorok, Kepala dan Leher*, Jilid 2. Edisi 13. Bina Rupa Aksara. Jakarta.

Binazzi, A., Ferrante, P., and Marinaccio, A. 2015. Occupational exposure and sinonasal cancer: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 15(49):10.1186/s12885-015-1042-2.

Darmawan, A. 2013. Penyakit sistem respirasi akibat kerja. *JMJ.* 1 (1). Pp= 68–83.

Dulger, S., Yuksek, B., Egitim, I., Arastirma, V., Solmaz, F., Dikis, O.S., et al. 2018. Evaluation of nasal mucociliary clearance using saccharin test in smokers: A prospective study. *The clinical respiratory journal.* 12(4). Pp= 1706–10. <https://doi.org/10.1111/crj.12733>

Eslami, H., Abdollahian, T., Babaloo, Z., Tabatabai, V., and Mehrbani, S. 2016. The Effects of Air Pollution on The Salivary Ig A Levels in Children. *Biomed Pharmacol J.* 9(2). Pp= 659–62.

Health and Safety Executive. 2017. *Occupational lung disease in Great Britain 2017*. Pp= 1–9.

Chen, F.F., Yan, J. Y. Hu, Yanan Wu, C. M. Tucker, A. R., Green, H. W., and Cheng. 2017. Immune Response of Laying Hens Exposed to 30 ppm Ammonia for 25 Weeks. *Int J Poult Sci.* 16(4). Pp= 139–46.

ILO. 2013. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Keselamatan dan Kesehatan Sarana untuk Produktivitas.* P= 111.

Jafarzadeh, A., Sadeghi, M., Karam, G.A., and Vazirinejad, R. 2010. Salivary IgA and IgE levels in healthy subjects: relation to age and gender. 24(1). Pp= 21–7.

Khan, S.F., Katti, G., Baba, I., and Khan, N. 2015. Age-related changes of salivary IgA among healthy subjects. *J Indian Acad Oral Med Radiol* 27. Pp= 203-6.

Levendoski, E.E., Leydon, C., and Thibeault, S.L. 2014. Vocal fold epithelial barrier in health and injury: a research review. *J Speech Lang Hear Res.* 57. Pp= 1679–91.

Majima, Y., Swift, D.L., Bangj, B.G., and Bang, F.B. .983. Mechanism of Slowing Of Mucociliary Transport Induced By SO2

- Exposure*. 13(14). Pp= 515–6.
- Masito, A. 2018. Risk assessment ambient air quality (NO₂ And SO₂) and the respiratory disorders to communities in the Kalianak Area of Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 10(4). P= 394. DOI: 10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401
- McDonald, J., Chen, Y., Zekveld, C., and Cheery, N. 2015. Incidence by occupation and industry of acute work related respiratory disease in UK, 1992 – 2001. *Occup Env Med*. 62(12):836–42. Available from: <http://oem.bmj.com/content/oemed/62/12/836.full.pdf>
- Munkholm, M.J. 2014. Mucociliary clearance: pathophysiological aspects. *Clin Physiol Funct Imaging*. 34. Pp= 171–7.
- Patel, D., Shibata, T., Wilson, J., and Maidin, A. 2016. Challenges in evaluating PM concentration levels, commuting exposure, and mask efficacy in reducing PM exposure in growing, urban communities in a developing country. *Sci Total Environ*. 543(Pt A). Pp= 416–24.
- Prasetyo, A., Sadhana, U., and Budiman, J. 2021. Mucociliary Clearance in Smokers: A Systematic Review. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 25(1). Pp= e160-e169. doi: 10.1055/s-0040-1702965. Epub 2020 Apr 24. PMID: 33542766; PMCID: PMC7851360.
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2015. *Situasi kesehatan kerja*. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Salim, D.S. dan Prasetyo, A. Laju Transpor Mukosiliar Mukosa Nasal Pada Petugas SPBU. 2016;5(4). Pp= 640–8.
- Soemadi, R., Samihardja, Y., dan Haryati, R. 2009. Hubungan Paparan Debu Kayu dengan Waktu Transport Mukosiliar Hidung (TMSH) pada Karyawan Perusahaan Mebel CV. Citra Jepara Furniture. *Sains Med*. 1(1). Pp= 9–15.
- Suryadi, S. 2012 Analisis Perubahan Waktu Transportasi Mukosilia Hidung Penderita Sinusitis Kronis pada Pengobatan Gurah, KTI S1 Universitas Diponegoro
- Syed, H., Khan, K.M., Rehman, K., and Siddiqui S. 2010. Effect of Sulphur dioxide Pollution on Immunoglobulins of the Industrial Workers and the Residents of the Vicinity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 3(5). Pp= 872-3.
- Utiyama, D.M., Yoshida, C.T., Goto, D.M., de Santana Carvalho, T., de Paula Santos, U., Koczulla, A.R., Saldiva, P.H., and Nakagawa, N.K. 2016. The effects of smoking and smoking cessation on nasal mucociliary clearance, mucus properties and inflammation. *Clinics*. 71(6). Pp= 344-50. doi: 10.6061/clinics/2016(06)10. PMID: 27438569; PMCID: PMC4930664.
- Yadav, J., Ranga, R.K., and Singh, J. 2011. Effects of Aging on Nasal Mucociliary Clearance. 4(April). Pp= 1–3.
- Yue, Y.C., Li, M.H., Wang, H.B. *et al*. 2018. The toxicological mechanisms and detoxification of depleted uranium exposure. *Environ Health Prev Med* 23. 18. <https://doi.org/10.1186/s12199-018-0706-3>.
- Zhao, J., Gao, Z., Tian, Z., Xie, Y., Jiang, R., Kan, H., et al. 2013. The biological effects of individual-level PM(2.5) exposure on systemic immunity and inflammatory response in traffic policemen. *Occup Env Med*. 70(6). Pp= 426–31.