

Urine Crystallization in Heat Exposed Workers in Semarang City, Indonesia

Kristalisasi Urine Pada Pekerja Terpapar Panas di Kota Semarang, Indonesia

Diki B. Prasetio^{*1}, Eli Sahiroh², Nasya A. Putri³, Sri Haryani⁴,
Shinta D. S. Pramesti⁵, Ruli S. Fajri⁶

^{1,2,3,4,5,6}Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

DOI: [10.24252/al-sihah.v13i1.20608](https://doi.org/10.24252/al-sihah.v13i1.20608)

Received: 13 April 2021 / In Reviewed: 9 May 2021 / Accepted: 17 June 2021 / Available online: 30 June 2021
©The Authors 2021. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license

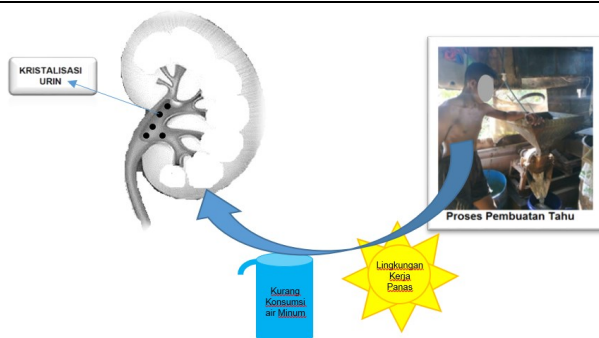
ABSTRACT

A working environment with high temperatures impacts the employees to encounter fluid loss which leads to the reduction of urine production, thus the urine production becomes concentrated. If this condition lasts for a long time, there will be saturation of the urine. This present study used a cross-sectional design with 32 employees of the tofu factory as the respondent in Tandang Village, Semarang. The most related variable with urine crystallization is water drinking consumption which is the most influential variable in the occurrence of urine crystallization. Employees who consume water drinking insufficient amounts have a probability crystallization of 41.80% compared to employees who consume less water drinking, namely the probability of urine crystallization of 98.81. From this equation, it can be interpreted that employees have a risk of urine crystallization of 0.4230 times. From the eight variables studied, there are four variables (age, water drinking consumption, heat density, and the level of dehydration) that had a statistically significant relationship with urine crystallization. Meanwhile, the most dominant variable based on the logistic regression test is air consumption.

ABSTRAK

Kondisi lingkungan kerja dengan suhu tinggi menyebabkan pekerja mengalami kehilangan cairan yang dapat menyebabkan produksi urine menurun sehingga urine yang diproduksi menjadi pekat. Jika kondisi tersebut berlangsung lama maka akan terjadi kejenuhan pada urine. Penelitian dengan desain cross sectional dan memiliki responden sebanyak 32 pekerja pabrik tahu di Kelurahan Tandang, Semarang. Variabel yang paling berhubungan dengan kristalisasi urine yaitu konsumsi air minum merupakan variabel yang paling berpengaruh dalam terjadinya kristalisasi urine. Pekerja yang mengonsumsi air minum cukup, memiliki probabilitas terjadinya kristalisasi urine sebesar 41,80 % dibandingkan dengan pekerja yang mengonsumsi air minum kurang yaitu probabilitas kristalisasi urine sebesar 98,81. Dari persamaan tersebut dapat diartikan bahwa pekerja memiliki risiko kristalisasi urine sebesar 0,4230 kali. Dari delapan jenis variabel yang diteliti terdapat empat variabel (usia, konsumsi air, tekanan panas dan tingkat dehidrasi) yang memiliki hubungan signifikan secara statistik dengan kristalisasi urine. Sedangkan variabel yang paling dominan berdasarkan uji regresi logistik yaitu konsumsi air. Pemilik perusahaan sebaiknya menyediakan air minum pada botol yang 1 liter untuk setiap pekerja, mengawasi pekerja dan memberikan aturan kepada pekerja untuk konsumsi air minimal 3 liter dalam satu hari.

GRAPHICAL ABSTRACT



Keyword

hot working environment; urine crystallization; water consumption

Kata Kunci:

kristalisasi urine; konsumsi air; lingkungan kerja panas

* Correspondence

Jl. Kedungmundu No.18, Kedungmundu, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50273.
Email: dikibimaprasetio@unimus.ac.id

PENDAHULUAN

Proses produksi pembuatan tahu menyebabkan iklim kerja panas sebagai hasil dari rangkaian proses produksi yang berasal dari peralatan, ventilasi, atau faktor manusia (Fitriyani & Wardi, 2020; Setyawan et al., 2018). Iklim kerja yang panas dapat meningkatkan suhu tubuh manusia, kemudian tubuh melakukan pendinginan melalui keringat. Kristalisasi urine terjadi akibat dehidrasi manusia yang berlebihan (Alzeer & Al Otair, 2014). Cairan keringat yang relatif tinggi akan mempengaruhi keseimbangan dan konsentrasi cairan tubuh, sehingga cairan tubuh akan berkurang (mengalami dehidrasi) yang diikuti dengan konsentrasi dan pembentukan kristal urine, (Siener et al., 2021). Namun pada orang yang mengalami kelainan sistem metabolisme kristal urine menjadi salah satu *biomarker* bahwa urine terlalu jenuh.

Kristalisasi urine terjadi pada suhu lingkungan kerja 30.5 °C dan 29.9 °C (Lisrianti et al., 2014). Saat ini, infeksi saluran kemih menjadi isu panas karena pengaruhnya terhadap jutaan orang di dunia. Di banyak negara terutama Amerika, Eropa, dan Asia, data jumlah penyakit yang disebabkan oleh infeksi saluran kencing mengalami peningkatan dua kali lipat (Durner, 2016). Kondisi lingkungan kerja dengan suhu tinggi menyebabkan kehilangan cairan dalam tubuh pekerja. Kondisi ini akan mengakibatkan urine yang diproduksi menjadi menurun dan dapat menyebabkan pekatnya urine (Maurya et al., 2015). Kondisi kristalisasi urine pada pekerja dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan (Boonruksa et al., n.d.; Rosalina

& Windusari, 2020; Zhang et al., 2020). Kristal dapat memicu berbagai cedera ginjal yang dapat menyebabkan cedera ginjal akut, penyakit ginjal kronis, kolik ginjal atau nefrokalsinosis, tergantung pada lokalisasi dan dinamika pengendapan (Wegman et al., 2018; Mulay & Anders, 2017).

Iklim kerja panas yang ada di pabrik tahu mencapai 30 °C – 35 °C. Sumber panas yang ada di lingkungan kerja pabrik tahu berasal dari tungku pemanas. Salah satu industri informal yaitu pabrik pembuatan tahu. Pada proses perebusan kedelai dengan menggunakan tungku pemanas tersebut membuat lingkungan kerja di pabrik pembuatan tahu menjadi panas. Penggunaan tungku dalam proses produksi tahu menghasilkan panas yang menyebar ke pekerja.

Beberapa penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa tekanan panas berhubungan dengan kristalisasi urine (Faila et al., 2019; Aperos et al., 2015; Fakheri & Goldfarb, 2011). Sumber panas yang dihasilkan pada pabrik tahu, menyebabkan pekerja menerima paparan panas. Pendingin ruangan dan fasilitas air minum yang tidak tersedia, memperparah sumber panas di industri tahu. UU Nomor 1 tahun 1970 menjelaskan bahwa terdapat atau menyebar suhu dan kelembaban harus diperhatikan keselamatan kerjanya. Adanya kesenjangan kondisi lingkungan kerja di tempat pembuatan tahu dengan kondisi aman yang seharusnya di tempat kerja dan keadaan pekerja yang mengeluarkan keringat berlebih, diperparah dengan mayoritas pekerja tidak menggunakan pakaian saat bekerja, dan konsumsi air hanya dilakukan bila pekerja

merasa haus untuk mengganti minimal asupan cairan menjadi masalah pada penelitian ini.

Hal tersebut penting untuk dilakukan kajian lebih mendalam tentang faktor yang dapat memicu terjadinya kristalisasi urine pada pekerja pabrik tahu agar dapat dilakukan pencegahan yang tepat dan memberikan informasi kepada pabrik tahu agar lebih menjaga kesehatan khusus pada fungsi ginjal dan kandung kemih dalam pekerjaannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian observasional dengan rancangan *cross-sectional*. Responden sebanyak 32 pekerja pabrik tahu di Kelurahan Tandang, Semarang. Metode pengambilan sampel adalah total populasi. Variabel yang diteliti adalah usia, jenis kelamin, konsumsi air, penggunaan pakaian, aktivitas fisik, tekanan panas, pH urine, IMT (indeks massa tubuh), dan status dehidrasi dan kristalisasi urine.

Instrumen penelitian ini menggunakan wawancara dengan kuesioner untuk variabel usia, jenis kelamin, konsumsi air, penggunaan pakaian dan kuesioner *Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)* untuk variabel aktivitas fisik. Pengukuran dengan alat *heat stress meter* untuk mengetahui tekanan panas di pabrik tahu. IMT dilakukan pengukuran dengan dua instrumen yaitu *microtoa* untuk tinggi badan dan timbangan berat badan untuk berat badan. PH meter digunakan untuk mengetahui pH urine pekerja dan warna urine digunakan untuk mengetahui tingkat dehidrasi pekerja di pabrik tahu, di

Kelurahan Tandang, Semarang. Kristalisasi urine diidentifikasi melalui pemeriksaan laboratorium urine dengan mikroskopis.

Data yang didapatkan diinterpretasikan dalam tiga bagian, yaitu univariat, bivariat dan multivariat. Analisis *chi-square* untuk uji bivariat dan untuk uji multivariat menggunakan regresi logistik berganda untuk mengetahui variabel yang paling dominan berpengaruh. Penelitian ini sudah mendapatkan sertifikat layak etik dari KEPK FKM UNIMUS dengan nomor 372/KEPK-FKM/UNIMUS/2020.

HASIL PENELITIAN

Pada tabel 1 distribusi variabel usia lebih dari 30 tahun adalah 19 (59,4%). Jenis kelamin laki-laki berjumlah 26 orang (81,3%). Aktivitas fisik sedang sebanyak 14 (43,8%). Pekerja pabrik tahu lebih banyak tidak menggunakan pakaian saat berkerja sebesar 19 (59,4%). Hasil pengukuran konsumsi air mayoritas pada kelompok cukup berjumlah 19 orang (59,4%). Hasil pengukuran pH lebih banyak lebih dari 5 sebanyak 19 (59,4%). Tekanan panas pada pekerja produksi tahu memiliki hasil sama normal dan tidak normal 16 (50%). Tingkat dehidrasi pada pekerja sebagian besar pekerja tidak mengalami dehidrasi sebanyak 18 (56,3%) dan kristalisasi urine pada pekerja tahu 12 responden (37,5%) sampel urinenya positif kristalisasi urine.

Berdasarkan uji *chi-square* pada tabel 2 diketahui bahwa jenis kelamin, penggunaan pakian, dan PH tidak berhubungan dengan kadar kristalisasi urine. Sedangkan usia, aktivitas fisik, konsumsi air,

Tabel 1*Distribusi Frekuensi Responden*

Variabel	Kategori	<i>f</i>	<i>Presentase (%)</i>
Usia	< 30 tahun	13	40,6
	≥ 30 tahun	19	59,4
Jensi Kelamin	Laki-laki	26	81,3
	Perempuan	6	18,8
Aktivitas Fisik	Tinggi	8	25
	Sedang	14	43,8
	Rendah	10	31,3
Penggunaan Pakaian	Tidak	19	59,4
	Ya	13	40,6
Konsumsi air minum	Cukup	19	59,4
	Kurang	13	40,6
pH	> 5	19	59,4
	≤ 5	13	40,6
Tekanan Panas	Normal	16	50
	Tidak Normal	16	50
Tingkat dehidrasi	Normal	18	56,3
	Tidak Normal	14	43,8
Kristalisasi urine	Negatif	20	62,5
	Positif	12	37,5

tekanan panas dan tingkat dehidrasi mempengaruhi berhubungan dengan kristalisasi urine, sehingga variabel ini dilanjutkan ke analisa regresi logistik. Hasil penelitian diketahui bahwa kelompok usia ≥ 30 tahun mengalami kristalisasi urine sebesar 59,9% dan menjelaskan bahwa ada hubungan usia dengan kristalisasi urine dengan *p-value* 0,008. Aktivitas fisik dengan intensitas rendah yang mengalami kristalisasi urine sebesar 40% dan hasilnya menjelaskan ada hubungan aktivitas fisik dengan kejadian kristalisasi urine dengan *p-value* 0,046.

Variabel yang berhubungan lainnya adalah konsumsi air dengan *p-value* 0,000 dan sebanyak 84,6% responden yang konsumsi air nya kurang mengalami kejadian kristalisasi urine. Tekanan panas sesuai dengan hasil penelitian menjelaskan bahwa

ada hubungan dengan kristalisasi urine dengan *p-value* 0,001 dan sebesar 68,8% responden dengan tekanan panas yang tidak normal mengalami kejadian kristalisasi urine. Sedangkan tingkat dehidrasi yang tidak normal sebesar 85,7% responden yang mengalami kejadian kristalisasi urine dan hasil analisa data menjelaskan bahwa ada hubungan dengan kejadian kristalisasi urine dengan *p-value* 0,000. Berdasarkan hasil uji regresi logistik berganda pada [tabel 3](#) menjelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi kristalisasi urine pada pekerja industri tahu kelurahan tandang adalah konsumsi air minum dan tekanan panas.

PEMBAHASAN

Jenis kristalisasi urine yang ditemukan pada pekerja berbentuk kristal oksalat dan juga berbentuk kristal urat, yang diakibat-

Tabel 2*Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Kristalisasi Urine*

Variabel	Kategori	Kristalisasi urine				Jumlah		<i>p value</i>
		negatif		positif		f	%	
		f	%	f	%			
Usia	<30	12	92,3	1	7,7	13	100,0	0,008
	≥30	8	42,1	11	57,9	19	100,0	
Jenis kelamin	Laki-laki	14	53,8	12	46,2	26	100,0	0,061
	Perempuan	6	100	0	0	6	100,0	
Aktivitas fisik	Tinggi	5	62,5	3	37,5	8	100,0	0,046
	Sedang	9	64,3	5	35,7	14	100,0	
	Rendah	6	60,0	4	40,0	10	100,0	
Penggunaan pakaian	Tidak	13	68,4	6	31,6	19	100,0	0,473
	Ya	7	53,8	6	46,2	13	100,0	
Konsumsi air	Cukup	18	94,7	1	5,3	19	100,0	0,000
	Kurang	2	15,4	11	84,6	13	100,0	
PH	>5	11	57,9	8	42,1	19	100,0	0,713
	≤5	9	69,2	4	30,8	13	100,0	
Tekanan panas	Normal	15	93,8	1	6,3	16	100,0	0,001
	Tidak normal	5	31,3	11	68,8	16	100,0	
Tingkat dehidrasi	Normal	18	100	0	0	18	100,0	0,000
	Tidak normal	2	14,3	12	85,7	14	100,0	

kan oleh terganggunya sistem metabolisme (Daudon & Frochot, 2015). Berdasarkan hasil uji diketahui bahwa faktor usia berhubungan dengan kejadian kristalisasi urine pekerja sedangkan faktor jenis kelamin tidak berhubungan dengan kristalisasi urine. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada karyawan bagian *furnace process plant department* PT Vale Indonesia Tbk. Sorowako menyatakan ada hubungan usia dengan kristalisasi urine (Dano et al., 2014). Pekerja dengan usia lanjut atau lebih dari 40 tahun akan menyerap lebih banyak panas dari pekerja usia muda. Hal ini berisiko menyebabkan dehidrasi akibat lambatnya respons tubuh dalam mengalirkan panas inti tubuh bagian kulit (Mantantzis et al., 2020).

Selain itu, hasil penelitian ini menjelaskan bahwa aktivitas fisik tidak berhubungan dengan kristalisasi urine. Saat

seseorang bekerja di lingkungan panas, jantung memiliki peran penting sebagai organ yang mendukung kelancaran aliran darah. Peningkatan aktivitas fisik berkaitan erat dengan penurunan kadar kreatinin hal ini terjadi saat otot yang digunakan untuk beraktivitas membutuhkan suplai aliran darah dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi juga dipengaruhi oleh penurunan kelenjuran dan massa otot (Dally et al., 2020).

Penggunaan pakaian tidak berhubungan dengan kristalisasi urine pada pekerja pembuatan tahu. Penggunaan pakaian tidak hanya dapat melindungi permukaan tubuh dari paparan radiasi sinar matahari tetapi juga dapat menghambat terjadinya konveksi antara kulit dengan aliran udara. Pakaian dapat mempengaruhi sirkulasi udara di permukaan kulit dan proses pendinginan. Jika kelembaban yang disebabkan oleh keringat tidak menguap dari kulit, suhu ku-

Tabel 3*Faktor yang Paling Berpengaruh pada Kejadian Kristalisasi Urine*

Variabel	β	P value	Exp β
Konsumsi Air Minum	4,104	0,004	60,566
Tekanan Panas	2,829	0,064	16,931
Konstanta	-4,435	0,007	0,012

lit menjadi meningkat dan menimbulkan rasa tidak nyaman.

Pada penelitian ini faktor pH urine tidak berhubungan dengan kejadian kristalisasi urine. Hal ini disebabkan karena sebagian besar pekerja memiliki pH urine di atas 5 sebanyak 42.1% mengalami kristalisasi urine. Urine yang diambil adalah urine pagi saat bekerja, menurut teori urine pagi memiliki pH yang lebih asam (Novianti, 2015). Pembentukan kristal berkaitan dengan konsentrasi berbagai garam di urine yang berhubungan dengan metabolisme makanan dan asupan cairan serta dampak dari perubahan yang terjadi dalam urine seperti perubahan pH dan suhu, yang mengubah kelarutan garam dalam air seni dalam menghasilkan pembentukan Kristal.

Konsumsi air minum pekerja pembuatan tahu berhubungan dengan kristalisasi urine pekerja, hal ini disebabkan karena beberapa pekerja memiliki kebiasaan konsumsi air minum kurang dari standar yang telah ditetapkan ≥ 2.8 liter/hari, pekerja hanya mengonsumsi 1.5-2 liter setiap hari (Suma'mur., 2014). Hal ini juga telah ditemukan oleh penelitian sebelumnya ada hubungan kebiasaan konsumsi air minum karyawan dengan kristalisasi urine (Dano et al., 2014). Volume urine yang rendah dan faktor lingkungan yang signifikan, serta rendahnya asupan cairan akan meningkatkan risiko pembentukan kristalisasi urine

dengan meningkatkan saturasi urine dari garam dalam pembentukan batu. Sedangkan kepadatan urine naik. Supersaturasi asam urat meningkat dan menyebabkan kristalisasi asam urat. Kurangnya konsumsi air menyebabkan pengendapan kalsium di pelvis ginjal akibat ketidakseimbangan cairan yang masuk.

Heat stress merupakan beban paparan panas yang berasal dari gabungan panas lingkungan tempat kerja, panas metabolik tubuh dan pakaian yang dikenakan pekerja yang mengakibatkan peningkatan panas dalam tubuh (National Institute for Occupational Safety and Health, 2016). Berdasarkan pengukuran tekanan panas pada pabrik tahu berkisar antara 30 °C-35 °C. Suhu panas tersebut berasal dari proses produksi tahu yang menghasilkan panas dari tungku dan uap produksi tahu. Tekanan panas dapat menjadi faktor risiko terjadinya cedera ginjal akut pada pekerja yang terpapar panas dan pekerjaan berat (García-arroyo, 2018). Penelitian yang dilakukan sebelumnya juga mengungkapkan bahwa ada hubungan faktor tekanan panas terhadap kristalisasi urine di urine pekerja dengan p value 0,015 (García-Trabanino et al., 2015).

Sebagai tenaga kerja berada di bawah pengaruh lingkungan kerja yang panas, laju keringat menjadi maksimal. Dengan kondisi ini, maka tubuh akan mengalami banyak kehilangan garam mineral, menyebabkan

tubuh mengalami dehidrasi (Ueno et al., 2018). Berdasarkan hasil uji *chi-square* diketahui bahwa dehidrasi berhubungan dengan kristalisasi urine. Hal ini disebabkan karena pekerja mengonsumsi air yang kurang dan seluruh pekerja pembuatan tahu mengeluarkan keringat yang berlebihan. Pekerja yang memiliki status hidrasi memiliki hubungan terhadap kristalisasi urine (Sukmawati et al., 2019). Seseorang yang bekerja di iklim kerja panas berpengaruh signifikan pada tingkat dehidrasi tenaga kerja, di mana tingkat dehidrasi pada tenaga kerja yang bekerja dengan iklim panas bagian pengepakan 62% lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat dehidrasi pada iklim kerja panas bagian pelintingan 38% (Tasyrifah & Tarwaka, 2017). Panas lingkungan mempengaruhi jumlah cairan dan elektrolit tubuh yang merupakan salah satu faktor penyebab formasi batu (Dehaghani et al., 2020). Secara fisiologis, mekanisme dehidrasi diawali dengan keluarnya keringat untuk mendinginkan tubuh (Nanayakkara, 2019). Cairan dengan intensitas tinggi yang keluar dari tubuh dapat mempengaruhi keseimbangan dan konsentrasi urine terjadi supersaturasi urine (Alelign & Petros, 2018). Supersaturasi urine penyebab penting karena terjadi peningkatan konsentrasi garam yang memicu pembentukan kristal kalsium, asam urat, atau fosfat. Konsumsi air minum yang cukup dapat mencegah urine menjadi pekat atau berwarna (Costa-Bauza et al., 2018).

Hasil dari uji regresi logistik berganda dari variabel yang berhubungan dengan kristalisasi urine yaitu konsumsi air minum merupakan variabel yang paling ber-

pengaruh dalam terjadinya kristalisasi urine. Pekerja yang mengonsumsi air minum cukup, memiliki probabilitas terjadinya kristalisasi urine sebesar 41,80 % dibandingkan dengan pekerja yang mengonsumsi air minum kurang yaitu probabilitas kristalisasi urine sebesar 98 %. Dari persamaan tersebut dapat diartikan bahwa pekerja memiliki risiko kristalisasi urine sebesar 0,4265 kali. Konsumsi air minum adalah faktor utama dalam mencegah terjadinya batu pada saluran kemih (Jabbar et al., 2015). Bagi seseorang yang terindikasi dehidrasi kronis maka pH urine akan cenderung turun juga (Manissorn et al., 2017).

KESIMPULAN

Kesehatan pekerja sektor informal salah satunya industri pembuatan tahu berdasarkan hasil penelitian ini dijelaskan bahwa sebagian besar pekerja mengalami kristalisasi urine. Dari delapan jenis variabel yang diteliti terdapat empat variabel (usia, konsumsi air, tekanan panas dan tingkat dehidrasi) yang memiliki hubungan signifikan secara statistik dengan kristalisasi urine. Sedangkan variabel yang paling dominan berdasarkan uji regresi logistik yaitu konsumsi air. Tetapi suhu panas di area kerja harus mendapat perhatian lebih karena hasil pengukuran suhu bola basah terlampaui. Penelitian ini belum menampilkan analisa secara parsial.

Perlu adanya *monitoring* dari pemerintah terkait pemantauan kesehatan khusus industri sektor informal. Selain itu, diperlukan pemantauan khusus dari pemilik industri untuk menyediakan minum yang

berdekatan dengan tempat kerja pekerja serta meminta pekerja untuk menggunakan pakaian saat bekerja. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis secara parsial.

DAFTAR PUSTAKA

- Alelign, T., & Petros, B. (2018). Kidney Stone Disease: An Update on Current Concepts. *Advances in Urology*, 2018, 3068365. <https://doi.org/10.1155/2018/3068365>
- Alzeer, A. H., & Al Otair, H. A. K. (2014). Sweat chloride concentration in patients with heat stroke. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 9(1), 50–53. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2013.06.004>
- Aperos et al. (2015). Hubungan Tekanan Panas dengan Denyut Nadi pada Pekerja di PT Perkebunan Nusantara IV Kebun Bah Butong Tahun 2015. *Lingkungan dan Kesehatan Kerja*. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/lkk/article/view/11469>
- Boonruksa, P., Maturachon, T., Kongtip, P., & Woskie, S. (2020). Heat stress, physiological response, and heat-related symptoms among Thai sugarcane workers. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176363>
- Costa-Bauza, A., Grases, F., Calvó, P., Rodriguez, A., & Prieto, R. M. (2018). Effect of consumption of cocoa-derived products on uric acid crystallization in urine of healthy volunteers. In *Nutrients* (Vol. 10, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/nu10101516>
- Dally, M., Butler-Dawson, J., Johnson, R. J., Krishner, L., Jaramillo, D., Newman, K. L., & Newman, L. S. (2020). Creatinine Fluctuations Forecast Cross-Harvest Kidney Function Decline Among Sugarcane Workers in Guatemala. *Kidney International Reports*, 5(9), 1558–1566. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2020.06.032>
- Dano, A. A. Z., Rahim, M. R., & Muis, M. (2014). *Factors Related to the Occurrence of the Crystallization of Urine on the Employee Section of the Furnace Process Plant Departement PT. Vale Indonesia Tbk. Sorowako*. 1–9. <https://adoc.pub/faktor-yang-berhubungan-dengan-terjadinya-kristalisasi-urin-.html>
- Daudon, M., & Frochot, V. (2015). Crystalluria. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 53 Suppl 2, s1479-87. <https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0860>
- Dehaghani et al. (2020). A mechanistic investigation of the effect of ion-tuned water injection in the presence of cationic surfactant in carbonate rocks: an experimental study. *Journal of Molecular Liquids*, 112781. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.112781>
- Durner, L., Bourdouis, A., & Buchholz, N. (2016). Metabolic syndrome and urolithiasis. *Comptes Rendus Chimie*, 19(11-12), 1451-1455. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2015.04.002>
- Fakheri, R. J., & Goldfarb, D. S. (2011). Ambient temperature as a contributor to kidney stone formation: implications of global warming. *Kidney international*, 79(11), 1178-1185. <https://doi.org/10.1038/ki.2011.76>
- Faila et al. (2019). *Faktor Yang Berhubungan Dengan Terbentuknya Kristal Urine Pada Pekerja Industri Logam*. 24–33. <http://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusaintek/article/view/216/219/>
- Fitriyani, F., & Wardi, V. (2020). *Risk Factors Related to the Crystalluria Case among Workers at Welding Department Of Automotive Industry X Jakarta*. <https://doi.org/10.4108/eai.9-10-2019.2297185>
- García-arroyo, L. S. F. E. (2018). *Kidney Injury from Recurrent Heat Stress and Rhabdomyolysis: Protective Role of Allopurineol and Sodium Bicarbonate*. 1–10. <https://doi.org/10.1159/000494663>
- García-Trabanino, R., Jarquín, E., Wesseling, C., Johnson, R. J., González-Quiroz, M., Weiss, I., Glaser, J., José Vindell, J., Stockfelt, L., Roncal, C., Harra, T., & Barregard, L. (2015). Heat stress, dehydration, and kidney function in sugarcane cutters in El Salvador - A cross-shift study of workers at risk of Mesoamerican nephropathy. *Environmental Research*, 142, 746–755. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.007>
- Jabbar, F., Asif, M., Dutani, H., Hussain, A., Malik, A., Kamal, M. A., & Rasool, M. (2015). Assessment of the role of general, biochemical and family history characteristics in kidney stone formation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(1), 65–68. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.06.002>

- Lisrianti, A. W., Naiem, M. F., & Muis, M. (2014). Hubungan Tekanan Panas Dengan Kelelahan Pekerja Instalasi Gizi Rumah Sakit Kota Makassar. *FKM Universitas Hasanuddin*, 12. <https://core.ac.uk/download/pdf/25495867.pdf>
- Manissorn, J., Fong-Ngern, K., Peerapen, P., & Thongboonkerd, V. (2017). Systematic evaluation for effects of urine pH on calcium oxalate crystallization, crystal-cell adhesion and internalization into renal tubular cells. *Scientific Reports*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01953-4>
- Mantantzis, K., Drewelies, J., Duezel, S., Steinhagen-Thiessen, E., Demuth, I., Wagner, G. G., & Gerstorff, D. (2020). Dehydration predicts longitudinal decline in cognitive functioning and well-being among older adults. *Psychology and aging*, 35(4), 517. <https://doi.org/10.1037/pag0000471>
- Maurya, T., Karena, K., Vardhan, H., Aruna, M., & Raj, M. G. (2015). Effect of heat on underground mine workers. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 491-498. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.049>
- Mulay, S. R., & Anders, H.-J. (2017). Crystal nephropathies: mechanisms of crystal-induced kidney injury. *Nature Reviews Nephrology*, 13(4), 226–240. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2017.10>
- Nanayakkara, I. (2019). *The presence of dehydration in paddy farmers in an area with chronic kidney disease of unknown aetiology*. 1–7. <https://doi.org/10.1111/nep.13605>
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2016). Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. *US Department of Health and Human Services*, Publication 2016-106. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf?id=10.26616/NIOSH/PUB2016106>
- Novianti, E. (2015). *Hubungan antara asupan makan dan PH urine dengan kristaluria pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran* (Universitas Trisakti). http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/8/SKR/th_terbit/0000000000000092577/
- Rosalina, M., & Windusari, Y. (2020). *The Impact of High Temperature to the Occurrence of Urine Crystallization at CV Aluminium Mandiri Palembang, South Sumatra*. 25(Sicph 2019), 394–399. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.200612.056>
- Setyawan, H., Pratiwi, Q. C., Sjarifah, I., Atmojo, T. B., & Khotijah. (2018). Environmental heat stress enhances crystallization in urine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 129(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/129/1/012035>
- Siener, R., Bitterlich, N., Birwé, H., & Hesse, A. (2021). The impact of diet on urinary risk factors for cystine stone formation. *Nutrients*, 13(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu13020528>
- Sukmawati, S., Novrikasari, N., & Miksusanti, M. (2019). *Determinan pembentukan kristal urine pada pekerja pengolahan kelapa sawit di lingkungan ptpn vii unit usaha betung* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University). <https://repository.unsri.ac.id/16393/>
- Suma'mur. (2014). *Higiene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja*. Sagung Seto
- Tasyrifah, G. M., & Tarwaka, P. (2017). *Perbedaan Tingkat Dehidrasi Dan Kelelahan Pada Pekerja Terpapar Iklim Kerja Panas Di Bagian Pengepakan Dan Pelintingan Di PT. Panen Boyolali* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta). <http://eprints.ums.ac.id/53821/>
- Ueno, S., Sakakibara, Y., Hisanaga, N., Oka, T., & Yamaguchi-Sekino, S. (2018). Heat strain and hydration of Japanese construction workers during work in summer. *Annals of Work Exposures and Health*, 62(5), 571–582. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy012>
- Wegman, D. H., Apelqvist, J., Bottai, M., Ekström, U., García-Trabanino, R., Glaser, J., Hogstedt, C., Jakobsson, K., Jarquín, E., Lucas, R. A. I., Weiss, I., Wesseling, C., Bodin, T., Abrahamson, M., Aragón, A., Arias, E., Faber, D., Peraza, S., & Rojas, M. (2018). Intervention to diminish dehydration and kidney damage among sugarcane workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 44(1), 16–24. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3659>
- Zhang, F., Xu, Y., Liu, X., Pan, L., Ding, E., Dou, J., & Zhu, B. (2020). Concentration distribution and analysis of urinary glyphosate and its metabolites in occupationally exposed workers in Eastern China. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2943. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082943>