

PERAN DEHIDRASI TERHADAP TERBENTUKNYA KRISTAL URIN

Yohanes Eddy Prasetyo^{1*}, Ulfah², Naima³

¹Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang

^{2,3}Puskesmas Slawe Kabupaten Trenggalek

ABSTRAK

Latar Belakang: Pesatnya perkembangan industri akan memicu munculnya berbagai dampak negatif untuk manusia dan lingkungan. Paparan panas yang intens pada pekerja dan kurangnya konsumsi air minum, dapat menyebabkan pekerja jatuh pada kondisi dehidrasi. Dehidrasi yang berulang pada pekerja meningkatkan resiko terbentuknya kristal urin dan pada akhirnya akan terbentuk batu ginjal Metode: Metode dalam penelitian ini adalah sistematika/literature review yaitu peneliti meninjau beberapa jurnal yang diperoleh dari sumber referensi melalui pencarian di google scholar, PubMed, researchgate dan science direct yang diterbitkan minimal 5 tahun yang lalu (2018-2023). Jurnal yang termasuk pada penelitian ini berjumlah 31 jurnal. Hasil: Didapatkan jurnal dengan materi yang sesuai tujuan penelitian ini dan lolos seleksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa paparan panas yang intens dan kurangnya konsumsi air minum pada pekerja dapat menyebabkan pekerja jatuh pada keadaan dehidras. Dehidrasi yang berulang meningkatkan resiko terbentuknya kristal urin hingga pada akhirnya terbentuk batu ginjal. Diskusi: Paparan suhu tinggi dan kurangnya air minum pada pekerja dapat menyebabkan dehidrasi. Dehidrasi membuat urin pekat dan asam. Kristalisasi urin dipengaruhi oleh konsentrasi urin dan pH urin. Kesimpulan: Paparan panas yang intens pada pekerja dan kurangnya konsumsi air minum dapat menyebabkan terbentuknya kristal urin, apabila terjadi berulang akan terbentuk batu ginjal.

Kata Kunci: *Crystalluria, Dehydration, Heat Stress, Kidney Stone, Occupational*

ABSTRACT

Background: The rapid development of industry will lead to various negative impacts on humans and the environment. Exposure of workers to intense heat and lack of drinking water can cause workers to fall into a state of dehydration. Repeated dehydration in workers increases the risk of urine crystals forming and eventually kidney stones. Method: The method in this study is a systematic/literature review, in which researchers review several journals obtained from reference sources through searches on google scholar, PubMed, researchgate and science direct published at least 5 years ago (2018-2023). The journals included in this study amounted to 31 journals. Results: Journals with material that meets the objectives of this study were obtained and passed the selection. The analysis showed that intense heat exposure and lack of drinking water consumption in workers can cause workers to fall into a state of dehydration. Repeated dehydration increases the risk of urine crystal formation and eventually kidney stones. Discussion: Exposure to high temperatures and lack of drinking water in workers can lead to dehydration. Dehydration makes urine concentrated and acidic. Urine crystallization is affected by urine concentration and urine pH. Conclusion: Intense heat exposure of workers and lack of drinking water consumption can lead to the formation of urine crystals, if repeated, kidney stones will form.

Keywords: *Crystalluria, Dehydration, Heat Stress, Kidney Stone, Occupational*

*Korespondensi penulis:

Nama: Yohanes Eddy Prasetyo, Ulfah, Naima

Instansi: Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang

Alamat: Jl. Pahlawan GG III No 4, Kab. Tulungagung

Email: yohanes.eddy18@gmail.com

Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir, perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat. Menurut data dari Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) Kementerian Perindustrian (Menperin) 2018, perekonomian Indonesia tumbuh sebesar 5,17% lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2017 yang sebesar 5,07%. Pesatnya perkembangan industri akan memicu munculnya berbagai dampak negatif untuk manusia dan lingkungan (1).

Pekerja di negara tropis banyak terpapar pada suhu tinggi, aktivitas fisik yang intens dan tidak memiliki waktu istirahat yang cukup (2). Panas yang berlebihan meningkatkan risiko penyakit kerja serta mengurangi kapasitas kerja dan produktivitas tenaga kerja (3,4).

Paparan suhu panas merupakan ancaman yang serius bagi para pekerja yang dapat menyebabkan berbagai kondisi mulai dari ketidaknyamanan, sakit kepala, sinkop, hilangnya kewaspadaan mental secara progresif, dan bahkan kematian dalam kasus ekstrem (5). Paparan suhu panas yang terjadi berulang ditambah dengan kurangnya konsumsi air minum dapat menyebabkan dehidrasi pada pekerja sehingga dapat memperburuk efek paparan panas pada pekerja (1).

Kehilangan cairan yang relatif tinggi oleh karena suhu panas akan menyebabkan kenaikan suhu inti tubuh, dehidrasi dan mempengaruhi osmolalitas darah. Keadaan tersebut menyebabkan peningkatan konsentrasi urin dan penurunan volume urin yang dapat memicu terbentuknya kristal urin dan jika terjadi berulang dapat menyebabkan penyakit batu ginjal (6).

Penelitian tersebut sesuai dengan studi epidemiologis yang dilakukan oleh Nerbass et al., tahun 2017 yang menunjukkan bahwa pekerja yang mengalami dehidrasi kronis, terpapar suhu lingkungan kerja yang tinggi dengan aktivitas fisik yang intensif dan berulang memiliki prevalensi terjadi batu ginjal yang lebih tinggi

yaitu 8,5% dibandingkan dengan pekerja yang bekerja pada suhu normal yaitu 2,4%.

Metodologi

Strategi Pencarian Jurnal

Metode dalam penelitian ini adalah sistematisa yaitu peneliti meninjau beberapa jurnal yang diperoleh dari sumber referensi melalui pencarian di google scholar, PubMed, researchgate dan science direct yang diterbitkan minimal 5 tahun yang lalu (2018-2023). Pada Kajian literatur ini menggunakan framework PICO. Adapun keterangan untuk framework pico sebagai berikut:

- P : Pekerja industri yang mengalami dehidrasi
- I : Dehidrasi, kekurangan cairan
- C : Tidak dehidrasi
- O : Kristal urin, kristalisasi urin, batu ginjal, urolithiasis, nefrolithiasis.

Kriteria inklusi yang digunakan :

Jurnal yang termasuk dalam penelitian ini berupa artikel penelitian termasuk studi kasus, meta-analisis, komentar untuk editor, tinjauan pustaka dalam research article metode kuantitatif, kualitatif atau campuran termasuk dalam penelitian ini.

Artikel penelitian kesehatan atau terkait yang diterbitkan minimal 5 tahun yang lalu

Jurnal memuat topik masalah kesehatan tentang faktor resiko kejadian PPOK Berdasarkan kajian literatur terhadap beberapa artikel/jurnal ilmiah yang diperoleh dari database, terdapat 31 literatur yang memenuhi kriteria inklusi. Selanjutnya dari 31 artikel/jurnal ilmiah tersebut akan dipelajari lebih lanjut mengenai faktor resiko batu saluran kemih

Hasil dan Pembahasan

Melalui proses review dan seleksi artikel, peneliti memperoleh 31 jurnal yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi serta relevan dengan penelitian ini. Semua artikel yang digunakan adalah artikel dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia. Dari semua jurnal yang

kami ulas, sebagian besar menunjukkan bahwa paparan panas yang intens dan kurangnya konsumsi air minum pada pekerja dapat menyebabkan pekerja jatuh pada keadaan dehidras. Dehidrasi yang berulang meningkatkan resiko terbentuknya kristal urin hingga pada akhirnya terbentuk batu ginjal.

Diskusi

Faktor Resiko Urolithiasis

Suhu Tinggi

Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti paparan suhu panas kepada para pekerja yang berlebihan, dapat berdampak negatif pada kesehatan dan produktifitas pada pekerja (3). Pada penelitian systematic review dan meta-analysis yang dilakukan oleh Lee et al., (2019) didapatkan 11 studi yang memenuhi kriteria dari total 844 dengan tujuan mengetahui hubungan suhu tinggi dan penyakit ginjal menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan 30% pada morbiditas penyakit ginjal dengan suhu tinggi dan meningkatkan risiko terjadinya penyakit batu ginjal sebesar 32%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Venugopal et al. (2020) 340 pekerja baja di India menunjukkan hasil penelitian bahwa paparan panas rata-rata dengan menggunakan Wet Bulb Globe Temperature = $33,2^{\circ}\text{C} \pm 3,8^{\circ}\text{C}$ melebihi threshold limit value untuk 220 pekerja. Dari total 340 pekerja, 95% melaporkan mengalami dehidrasi. Dari 91 pekerja yang menjalani pemeriksaan ultrasonografi ginjal, 33% positif menderita batu ginjal ($n = 25$) dan anomali ginjal struktural lainnya ($n = 5$). Pada pekerja yang terpapar panas lebih dari 5 tahun secara signifikan berkaitan dengan peningkatan risiko batu ginjal.

Penelitian yang dilakukan oleh Alkhunaizi (2016) dengan tujuan menilai kejadian nefrolithiasis dipengaruhi oleh iklim yang panas di Arab Saudi, didapatkan batu berbasis kalsium merupakan yang terbanyak (84,6%) diikuti oleh batu asam urat (12,8%) dari total 384 batu saluran kemih. Batu ditemukan lebih banyak pada musim panas pada Mei hingga September.

Insiden urolithiasis tahunan yang dihitung adalah 111 / 100.000 orang di Arab Saudi.

Pada systematic review yang dilakukan oleh Geraghty et al., (2017) pada 13 penelitian dengan total 2.033.157 pasien dilaporkan dalam masa penelitian selama periode 1-9 tahun dengan tujuan untuk meneliti hubungan antara suhu setiap bulan dan musim dengan kejadian urolithiasis didapatkan kesimpulan bahwa kejadian batu ginjal dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang tinggi.

Selain itu, systematic literature review yang dilakukan oleh Zhang et al., (2020) pada dua puluh empat penelitian terkait suhu dan risiko urolithiasis di 14 negara berbeda dari lima benua yang melibatkan lebih dari 2,5 juta kasus dengan tujuan menilai hubungan antara suhu lingkungan dan kejadian urolithiasis, didapatkan hasil bahwa suhu tempat kerja yang panas merupakan faktor risiko yang signifikan dari urolithiasis dengan dan dengan meningkatnya suhu harian sebesar 5°C akan meningkatkan risiko urolithiasis sebesar 10%.

Sebelas penelitian yang memenuhi kriteria dimasukkan dalam analisis menurut Lee et al tahun 2019. Menunjukkan peningkatan 30% (95% CI, 20 hingga 40) dalam morbiditas penyakit ginjal dengan suhu tinggi. Dalam analisis subkelompok khusus penyakit, hasil yang signifikan secara statistik signifikan secara statistik untuk kolik ginjal atau batu ginjal dan penyakit ginjal lainnya. Dalam analisis subkelompok khusus desain studi, secara statistik hasil yang signifikan diamati pada analisis deret waktu dan studi dengan desain lain. Dalam analisis sub-kelompok khusus pengukuran suhu kelompok, hasil yang signifikan juga ditemukan untuk kedua studi yang menggunakan pengukuran suhu rata-rata dan studi yang mengukur gelombang panas atau tekanan panas. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa morbiditas akibat penyakit ginjal meningkat pada suhu tinggi.(12)

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Tan et al tahun 2020, menunjukkan hasil bahwa Sebanyak 46 penelitian yang dilakukan di 22

provinsi di seluruh Cina dimasukkan dalam meta-analisis ini dan prevalensi gabungan dari urolitiasis, batu ginjal, batu ureter, batu uretra dan kandung kemih adalah 8,1% (95% CI: 5,6-11,1), 7,8% (95% CI: 5,8-10,0), 3,2% (95% CI 0,6-5,7), 0,5% (95% CI: 0,1-0,9). Sebagian besar skrining prevalensi urolitiasis di Cina terkonsentrasi di antara 100°LU dan 120°LU, dengan tingkat yang lebih tinggi diamati di daerah lintang rendah. Analisis subkelompok batu ginjal menunjukkan bahwa Guangdong (12,7%), Guangxi (10,3%) memiliki prevalensi tertinggi, dengan daerah berkembang di bagian timur menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian barat. Prevalensi pria lebih tinggi daripada wanita (OR = 1,67, 95% CI: 1,46-1,92), meskipun kesenjangan gender telah berkurang secara signifikan sejak tahun 2006. Dapat disimpulkan bahwa paparan suhu yang tinggi dan terjadi berulang dapat meningkatkan terjadinya urolithiasis (13).

Dehidrasi

Paparan panas yang intens pada pekerja, dapat menyebabkan pekerja jatuh pada kondisi dehidrasi (14). Menjaga kondisi tetap terhidrasi sangatlah penting bagi para pekerja, terutama pekerja yang bekerja pada suhu lingkungan yang panas. (15). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Huda dan Suwandi (2019) tentang hubungan konsumsi air minum dengan dehidrasi pada 14 pekerja pabrik tahu menunjukkan terdapat hubungan kuat antara konsumsi air dengan dehidrasi ($r = 0,882$).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Mix et al. (2018) pada 555 pekerja pekebunan di Florida menunjukkan hasil sekitar 53% pekerja mengalami dehidrasi dan prevalensi pekerja mengalami acute kidney injury meningkat 37% untuk setiap kenaikan 5 derajat (°F) dalam indeks panas dan apabila terjadi berulang dapat meningkatkan resiko terkena urolithiasis. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Lotan et al., (2017) pada 100 pekerja pabrik baja dengan tujuan mengetahui hubungan konsumsi air minum dengan kejadian batu ginjal, didapatkan hasil bahwa kurangnya konsumsi air minum yang

ditandai dengan peningkatan osmolalitas urin 24 jam dan penurunan volume urin 24 jam, menyebabkan terbentuknya kristal kalsium pada 29% subjek (> 250 mg. / TV), 39% kristal asam urat (> 700 mg / TV), 25% kristal oksalat (> 45 mg / TV) dan 50% kristal natrium (> 200 meq / TV).

Penelitian yang dilakukan oleh Mansor et al (2019) pada 320 pekerja luar ruangan di Malaysia dengan suhu 30,5°C selama shift kerja 8 jam, menunjukkan hasil pola minum yang tidak teratur memiliki efek besar terjadinya dehidrasi pada pekerja luar ruangan yang terpapar suhu tinggi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Butler-Dawson et al. (2019) pada 517 pekerja tebu yang bekerja dengan beban kerja berat pada suhu minimal 29.5°C dan suhu maksimal 36.4°C, didapatkan hasil pekerja mengalami dehidrasi dan kekurangan cairan elektrolit.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (21) tahun 2020 dengan tujuan untuk mengkonfirmasi hubungan antara suhu lingkungan dan kejadian urolitiasis didapatkan hasil bahwa bahwa dua puluh empat penelitian yang berkaitan dengan suhu dan risiko urolitiasis di 14 negara atau wilayah yang berbeda di lima benua yang melibatkan lebih dari 2,5 juta kasus dimasukkan dalam meta-analisis. Suhu iklim atau tempat kerja yang tinggi merupakan faktor risiko urolitiasis yang signifikan. Koefisien korelasi tertimbang (Pearson's r) dari suhu bulanan dan risiko urolitiasis adalah 0,49 [95% interval kepercayaan (CI) 0,40-0,57], sebuah korelasi moderat ($0,4 < r < 0,6$). Menurut model non-linear, ketika suhu harian meningkat sebesar 5°C, risiko urolitiasis akan meningkat sebesar 10% (95% CI 8-11%). Dapat disimpulkan suhu tempat kerja dan iklim berhubungan dengan kejadian urolitiasis.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gamage et al tahun 2020, enam jenis air dan sepuluh jenis jus diteliti. Asupan cairan yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan pengeluaran urin dan berkurangnya pembentukan batu. Air dengan kandungan kalsium yang tinggi

tampaknya meningkatkan laju pembentukan batu kalsium oksalat (CaOx). Kejenuhan relatif CaOx dalam urin menurun dengan jeruk bali, apel, jus jeruk, dan soda, sedangkan jus cranberry meningkatkannya. Jus plum dan minuman energi Gatorade tidak berpengaruh pada pembentukan batu (22).

Patofisiologi Suhu Tinggi dan Dehidrasi Sebagai Faktor Resiko Terjadinya Kristal Urin

Insiden batu ginjal yang bergejala dan tanpa gejala telah meningkat secara dramatis pada 30 tahun terakhir Kittanamongkolchai et al., (2018). Studi kohort yang dilakukan di Minnesota oleh Kittanamongkolchai et al., (2018) pada tahun 1984 hingga 2012 menunjukkan hasil pada pria (145 hingga 299 / 100.000 orang/tahun) dan wanita (51 hingga 217 / 100.000 orang/tahun).

Urolithiasis masih menjadi ancaman serius pada pekerja yang bekerja di lingkungan yang panas (25). Paparan panas tinggi dapat berdampak buruk bagi kesehatan pekerja dan mengurangi kapasitas kerja pekerja ((26)). Paparan panas yang intens pada pekerja, dapat menyebabkan pekerja jatuh pada kondisi dehidrasi (14). Dehidrasi terjadi akibat tubuh kehilangan banyak cairan yang keluar melalui keringat sebagai kompensasi mengeluarkan panas dari tubuh. Dehidrasi yang terjadi secara berulang dapat menyebabkan cedera ginjal derajat rendah yang dapat berkembang menjadi batu ginjal akibat paparan panas yang berlebihan (Venugopal et al. 2020). Paparan panas yang berlebihan dan dehidrasi menyebabkan urin menjadi pekat dan asam, serta dapat menyebabkan terjadinya kristalisasi urin (11). Berdasarkan variasi komposisi mineral dan patogenesis, batu ginjal secara umum diklasifikasikan menjadi lima jenis, yaitu : batu kalsium oksalat-fosfat, batu asam urat, batu cystine, dan batu struvite, dan batu akibat konsumsi obat-obatan (27).

Pembentukan batu ginjal adalah proses biologis yang melibatkan perubahan fisikokimia

dan supersaturasi urin. Urin yang jenuh mengandung lebih banyak bahan terlarut yang bisa dilarutkan oleh pelarut dalam keadaan normal. Sebagai hasil dari kejenuhan, endapan zat terlarut dalam urin menyebabkan nukleasi dan kemudian terbentuk kristal. Kristalisasi terjadi ketika konsentrasi dua ion melebihi titik jenuhnya dalam larutan. Transformasi cairan menjadi fase padat dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi zat berlebih (28). Selain itu, sitrat merupakan penghambat terjadinya nukleasi, pertumbuhan kristal, dan agregasi dari kristal kalsium oksalat dan kalsium fosfat. Sitrat menghambat terbentuknya kristal urin dengan cara, sitrat mengkelat kalsium dan mengurangi kejenuhan kristal. Ekskresi sitrat urin kurang dari 450 mg/hari pada pria dan 550 mg/hari pada wanita disebut hipositraturia dan keadaan hipositraturia dapat memicu terbentuknya kristal urin (29). Peningkatan konsumsi air minum merupakan strategi sederhana dan murah untuk pencegahan terbentuknya batu ginjal. Asupan cairan yang tinggi dapat meningkatkan laju aliran urin yang bermanfaat untuk menurunkan supersaturasi kalsium oksalat, kalsium fosfat dan asam urat, sehingga mengurangi risiko pembentukan batu ginjal (30) (31).

Hubungan Dehidrasi dan Suhu Tinggi dengan Terjadinya Urolithiasis

Dari paparan literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu lingkungan kerja dan kurangnya konsumsi air minum dapat menyebabkan pekerja jatuh pada keadaan dehidrasi. Dehidrasi yang berulang pada pekerja, dapat meningkatkan risiko terbentuknya kristal urin oleh karena penurunan pH urin dan peningkatan zat terlarut dalam urin yang dapat menyebabkan peningkatan saturasi urin. Saturasi urin yang tinggi merupakan faktor pencetus terbentuknya kristal urin, apabila terjadi berulang akan terbentuk batu ginjal. Perlu dilakukan studi meta-analisis lebih lanjut untuk mengetahui hubungan paparan suhu

tinggi dan kurangnya konsumsi air minum terhadap terbentuknya kristal urin.

Kesimpulan

Paparan suhu tinggi dan kurangnya air minum pada pekerja dapat menyebabkan dehidrasi. Dehidrasi membuat urin pekat dan asam. Kristalisasi urin dipengaruhi oleh konsentrasi urin dan pH urin. Pada pekerja yang mengalami dehidrasi berulang dan berkepanjangan, hal ini dapat meningkatkan risiko terbentuknya batu saluran kemih. Paparan suhu tinggi meningkatkan risiko pembentukan batu ginjal. Konsumsi rutin air minum sebanyak 250 ml setiap 15 menit bagi pekerja yang bekerja di lingkungan kerja panas dapat mengurangi risiko pekerja mengalami dehidrasi. Dehidrasi yang berulang dan berkepanjangan dapat membentuk batu saluran kemih pada pekerja. Selain rutin minum air putih, upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dehidrasi yang dapat menyebabkan terbentuknya batu saluran kemih pada pekerja antara lain dengan menjadwalkan waktu istirahat dan mengatur beban kerja pekerja.

Ucapan Terima Kasih

Referensi

1. Nerbass FB, Pecoits-Filho R, Clark WF, Sontrop JM, McIntyre CW, Moist L. Occupational Heat Stress and Kidney Health: From Farms to Factories. *Kidney Int Rep.* 2017;2(6):998–1008.
2. Venugopal V, Chinnadurai JS, Lucas RAI, Kjellstrom T. Occupational heat stress profiles in selected workplaces in India. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;13(1):1–13.
3. Flouris AD, Dinas PC, Ioannou LG, Nybo L, Havenith G, Kenny GP, et al. Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health.* 2018;2(12):e521–31.
4. Levi M, Kjellstrom T, Baldasseroni A. Impact of climate change on occupational health and productivity: a systematic literature review focusing on workplace heat. *Med Lav [Internet].* 2018 [cited 2023 Sep 25];109(3):163. Available from: [/pmc/articles/PMC7689800/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3689800/)
5. Spector JT, Masuda YJ, Wolff NH, Calkins M, Seixas N. Heat Exposure and Occupational Injuries: Review of the Literature and Implications. *Curr Environ Health Rep.* 2019;6(4):286–96.
6. Johnson RJ, Sánchez-Lozada LG, Newman LS, Lanasma MA, Diaz HF, Lemery J, et al. Climate Change and the Kidney. *Ann Nutr Metab.* 2019;74(Suppl3):38–44.
7. Lee WS, Kim WS, Lim YH, Hong YC. High temperatures and kidney disease morbidity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Public Health.* 2019;52(1):1–13.
8. Venugopal V, Latha PK, Shanmugam R, Krishnamoorthy M, Srinivasan K, Perumal K, et al. Risk of kidney stone among workers exposed to high occupational heat stress - A case study from southern Indian steel industry. *Sci Total Environ.* 2020;722:137619.
9. Alkhunaizi A. Urinary stones in Eastern Saudi Arabia. *Urol Ann.* 2016;8(1):6.
10. Geraghty RM, Proietti S, Traxer O, Archer M, Somani BK. Worldwide Impact of Warmer Seasons on the Incidence of Renal Colic and Kidney Stone Disease: Evidence from a Systematic Review of Literature. *J Endourol.* 2017 Aug;31(8):729–35.
11. Zhang Y, Long G, Ding B, Sun G, Ouyang W, Liu M, et al. The impact of

- ambient temperature on the incidence of urolithiasis: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health*. 2020 Mar 1;46(2):117–26.
12. Lee WS, Kim WS, Lim YH, Hong YC. High Temperatures and Kidney Disease Morbidity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Public Health [Internet]*. 2019 Jan 1 [cited 2023 Sep 25];52(1):1. Available from: [/pmc/articles/PMC6378387/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33878387/)
 13. Tan S, Yuan D, Su H, Chen W, Zhu S, Yan B, et al. Prevalence of urolithiasis in China: A systematic review and meta-analysis. *BJU Int [Internet]*. 2023 Sep 11 [cited 2023 Sep 25]; Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bju.16179>
 14. Schlader ZJ, Hostler D, Parker MD, Pryor RR, Lohr JW, Johnson BD, et al. The potential for renal injury elicited by physical work in the heat. *Nutrients*. 2019;11(9).
 15. Sari MP. Iklim Kerja Panas dan Konsumsi Air Minum Saat Kerja Terhadap Dehidrasi. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*. 2017;1(2):108–18.
 16. Huda AI, Suwandi T. Hubungan Beban Kerja Dan Konsumsi Air Minum Dengan Dehidrasi Pada Pekerja Pabrik Tahu. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2019;7(3):310.
 17. Mix J, Elon L, Vi Thien Mac V, Flocks J, Economos E, Tovar-Aguilar AJ, et al. Hydration Status, Kidney Function, and Kidney Injury in Florida Agricultural Workers. *J Occup Environ Med*. 2018 May;60(5):e253–60.
 18. Lotan Y, Antonelli J, Jiménez IB, Gharbi H, Herring R, Beaver A, et al. The kidney stone and increased water intake trial in steel workers: results from a pilot study. *Urolithiasis*. 2017 Apr 26;45(2):177–83.
 19. Mansor Z, Ismail R, Ismail NH, Hashim JH. Effects of hydration practices on the severity of heat-related illness among municipal workers during a heat wave phenomenon. *Medical Journal of Malaysia*. 2019;74(4):275–80.
 20. Butler-Dawson J, Krisher L, Yoder H, Dally M, Sorensen C, Johnson RJ, et al. Evaluation of heat stress and cumulative incidence of acute kidney injury in sugarcane workers in Guatemala. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019;92(7):977–90.
 21. Zhang Y, Long G, Ding B, Sun G, Ouyang W, Liu M, et al. The impact of ambient temperature on the incidence of urolithiasis: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health [Internet]*. 2020 [cited 2023 Sep 25];46(2):117–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31747456/>
 22. Gamage KN, Jamnadass E, Sulaiman SK, Pietropaolo A, Aboumarzouk O, Somani BK. The role of fluid intake in the prevention of kidney stone disease: A systematic review over the last two decades. *Turk J Urol [Internet]*. 2020 [cited 2023 Sep 25];46(Suppl 1):S92. Available from: [/pmc/articles/PMC7731957/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33878387/)
 23. Acharya P, Acharya C, Thongprayoon C, Hansrivijit P, Kanduri SR, Kovvuru K, et al. Incidence and Characteristics of Kidney Stones in Patients on Ketogenic Diet: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diseases [Internet]*. 2021 May 25 [cited 2023 Sep 25];9(2):39. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34070285/>
 24. Kittanamongkolchai W, Vaughan LE, Enders FT, Dhondup T, Mehta RA, Krambeck AE, et al. The Changing Incidence and Presentation of Urinary

- Stones Over 3 Decades. *Mayo Clin Proc.* 2018 Mar;93(3):291–9.
25. Wróbel G, Kuder T. The role of selected environmental factors and the type of work performed on the development of urolithiasis – A review paper. *Int J Occup Med Environ Health.* 2019;32(6):761–75.
26. Krishnamurthy M, Ramalingam P, Perumal K, Kamalakannan LP, Chinnadurai J, Shanmugam R, et al. Occupational Heat Stress Impacts on Health and Productivity in a Steel Industry in Southern India. *Saf Health Work.* 2017;8(1):99–104.
27. Alelign T, Petros B. Kidney Stone Disease: An Update on Current Concepts. *Adv Urol.* 2018;2018.
28. Alelign T, Petros B. Kidney Stone Disease: An Update on Current Concepts. *Adv Urol.* 2018;2018.
29. Khan A. Prevalence, pathophysiological mechanisms and factors affecting urolithiasis. *Int Urol Nephrol.* 2018;50(5):799–806.
30. Peerapen P, Thongboonkerd V. Kidney Stone Prevention. *Adv Nutr [Internet].* 2023 [cited 2023 Sep 25];14(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36906146/>
31. Cheungpasitporn W, Rossetti S, Friend K, Erickson SB, Lieske JC. Treatment effect, adherence, and safety of high fluid intake for the prevention of incident and recurrent kidney stones: a systematic review and meta-analysis. *J Nephrol.* 2016 Apr 29;29(2):211–9.