

## PERBANDINGAN KADAR Fe DAN Zn PADA PENDERITA TB DENGAN RIWAYAT DM DAN NON DM

Aminahtun Latifah<sup>1</sup>, Dewi Kurniasih<sup>2</sup>, Evi Wahyuni<sup>3</sup>  
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jambi<sup>1,2,3</sup>  
tifa.chemistry@gmail.com<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Fe dan Zn serum pada penderita TB paru dengan DM dan tanpa DM. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik dengan pendekatan cross-sectional. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar zat besi (Fe) serum pada penderita TB paru yaitu 111,67 µg/dL, rata-rata kadar zat besi (Fe) serum pada penderita TB paru dengan DM yaitu 61,23, µg/dL. Untuk kadar zink serum didapatkan rata-rata kadar zat zink (Zn) serum pada penderita TB paru adalah 101,29 µg/dL, dan rata-rata kadar zat zink serum penderita TB paru dengan DM adalah 76,38 µg/dL. Simpulan dari penelitian adalah terdapat perbedaan rerata kadar Fe dan Zn pada penderita TB paru pada penderita TB paru dengan DM.

Kata Kunci: Fe, TB, TB-DM, Zink

### ABSTRACT

*This study aims to determine the levels of Fe and Zn serum in patients with pulmonary TB with DM and without DM. The research method used is descriptive-analytical with a cross-sectional approach. The results showed that the average level of iron (Fe) serum in patients with pulmonary TB was 111.67 µg / dL, and the average level of iron (Fe) serum in patients with pulmonary TB with DM was 61.23, µg / dL. For serum zinc levels, the average level of zinc (Zn) serum in patients with pulmonary TB was 101.29 µg / dL, and the average level of zinc serum in patients with pulmonary TB with DM was 76.38 µg / dL. The study concludes that there is a difference in the average levels of Fe and Zn in patients with pulmonary TB and patients with pulmonary TB with DM.*

*Keywords: Fe, TB, TB-DM, Zinc*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penderita tuberculosis (TB) terbesar kedua di dunia. Tuberculosis disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini digolongkan sebagai sebagai agen infeksi tunggal yang termasuk ke dalam sepuluh penyebab kematian tertinggi di dunia (Putri et al., 2020). Menurut laporan WHO, Indonesia berada dalam daftar 30 negara dengan beban tuberculosis tertinggi di dunia dan menempati peringkat tertinggi ketiga di dunia terkait angka kejadian tuberculosis (World Health Organization, 2022).

Laporan WHO juga memperkirakan angka kematian tuberculosis di Indonesia yaitu sekitar 35 per 100.000 penduduk atau terdapat sekitar 93.000 orang meninggal akibat tuberculosis pada tahun 2018 (Kemkes RI, 2020). Pada saat yang sama, Indonesia juga

memiliki beban diabetes yang tinggi. Menurut Departemen Kesehatan, prevalensi diabetes melitus (DM) pada orang dewasa di tahun 2021 adalah sekitar 19,5 juta. Sehingga bisa dikatakan Indonesia memiliki beban tinggi diabetes dan merupakan endemis TB (IDF, 2021). Penelitian telah menunjukkan hubungan antara TB dan DM. Individu dengan DM memiliki risiko tiga kali lipat terkena TB aktif dibandingkan dengan individu tanpa DM (Bisht & Dahiya, 2023). DM merupakan penyakit tidak menular yang dapat melemahkan kekebalan tubuh dan menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap berbagai penyakit. Sebaliknya, TB dapat memperburuk kontrol glikemik pada pasien diabetes dan bahkan memicu onset DM pada individu yang sebelumnya tidak terdiagnosis (Bisht & Dahiya, 2023).

Pada penderita TB, metabolisme zat besi dapat terganggu akibat respons imun tubuh terhadap infeksi (Nienaber et al., 2023). Salah satu komplikasi yang bisa terjadi pada penderita TB adalah defisiensi zat besi (Fe) Fiorino et al, (2023); Waworuntu (2023) dan zink (Barman et al., 2021). Diabetes melitus juga mempengaruhi metabolisme zat besi (Nienaber et al., 2023). Hiperglikemia kronis dapat menyebabkan stres oksidatif, yang mempengaruhi homeostasis zat besi dan dapat meningkatkan risiko komplikasi vaskular (Hasan & Yunus, 2023). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pasien DM cenderung memiliki kadar feritin (zat besi di dalam tubuh yang terikat pada protein) yang lebih tinggi, yang dapat berkontribusi pada resistensi insulin dan peradangan (Hamed et al., 2022).

Kadar zat besi yang tidak seimbang dapat mempengaruhi sistem imun dan kerentanan terhadap infeksi TB. Defisiensi zat besi dapat melemahkan respons imun, mengurangi kemampuan tubuh untuk melawan infeksi. Sebaliknya, kelebihan zat besi dapat meningkatkan risiko infeksi dengan menyediakan nutrisi yang diperlukan bagi patogen. Sehingga pada pasien TB, pengelolaan kadar zat besi menjadi penting untuk mendukung respons imun yang efektif tanpa memberikan kelebihan zat besi yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri (Nairz & Weiss, 2020).

Selain zat besi, zink juga merupakan mineral esensial yang berperan penting dalam berbagai fungsi biologis, antara lain dalam proses metabolisme karbohidrat, protein dan lipid juga dalam sintesis DNA, pembelahan sel, dan pertumbuhan serta perkembangan tubuh, juga dalam sistem neurologis dan reproduksi (Kiouri et al., 2023). Defisiensi zink umum terjadi pada penderita TB dan DM, dan dapat memperburuk kondisi klinis mereka (Patel et al., 2024). Pada penderita TB, defisiensi zink dapat menghambat respons imun terhadap *Mycobacterium tuberculosis*, sehingga memperpanjang durasi infeksi dan meningkatkan risiko komplikasi (Zolfaghari, 2021).

Pada penderita DM, defisiensi zink dapat mempengaruhi metabolisme glukosa dan meningkatkan risiko komplikasi diabetes. Karena kadar zat besi dan zink tubuh yang tidak seimbang akan mempengaruhi sistem imun dan kerentanan terhadap infeksi TB, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana kadar zat besi dan zink pada penderita TB dengan komorbid/riwayat DM, dengan harapan bisa dilakukan intervensi nutrisi yang tepat, termasuk suplementasi zat besi maupun zink untuk membantu memperbaiki status kesehatan pasien TB dengan DM jika diketahui bahwa ternyata penderita TB dengan komorbid/riwayat DM mengalami defisiensi zat besi dan zink.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kadar zat besi (Fe) dan zink pada penderita TB non DM dan kadar zat besi (Fe) dan zink pada penderita TB DM. Perbedaan pada penelitian sebelumnya yaitu bahwa penelitian sebelumnya hanya melihat kadar zat besi dan zink pada penderita TB, sedangkan pada penelitian ini adalah melihat perbedaan kadar zat besi (Fe) dan zink pada penderita TB paru non DM dan pada penderita TB paru dengan DM.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional* untuk mengetahui hubungan antara kadar zat besi serum dan zink pada penderita TB paru tanpa DM dan kadar zat besi serum dan zink pada penderita TB paru dengan DM. Kriteria inklusi dari sampel adalah pasien yang didiagnosis menderita TB paru dengan DM oleh dokter (berdasarkan pemeriksaan TCM TB dan pemeriksaan glukosa darah), berusia lebih dari 15 tahun, dan bersedia menjadi responden dalam penelitian. Sedangkan kriteria eksklusinya adalah pasien yang sedang hamil atau menyusui, pasien yang menderita penyakit kronis lain seperti HIV, kanker, GGGK, pasien yang mengkonsumsi suplemen zat besi dan/atau zink.

Metode sampling yang digunakan adalah *accidental sampling*. Teknik pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara untuk mendapatkan identitas responden dan riwayat kesehatan atau pengobatan responden. Pemeriksaan kadar Fe dan zink serum dilakukan di Labkesda Provinsi Jambi menggunakan spektrofotometer. Data yang telah didapatkan kemudian dianalisis secara univariat dan bivariat menggunakan aplikasi SPSS menggunakan uji T.

## HASIL PENELITIAN

Tabel. 1  
Karakteristik Responden

No	Karakteristik		Frekuensi	Persentase
1.	Jenis Kelamin	Laki-laki	15	56 %
		Perempuan	14	44 %
2.	Usia	15 – 64 Tahun	19	72 %
		≥ 65 tahun	10	28 %
3.	Lama Pengobatan TB	< 2 bulan	15	40%
		≥ 2 bulan	14	60%

Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki, dan berdasarkan usia, responden berusia 15-64 tahun. Berdasarkan lama pengobatan menunjukkan hasil bahwa responden dengan lama pengobatan  $\geq 2$  bulan tidak berbeda jauh dengan responden yang telah mengalami pengobatan selama kurang dari 2 bulan.

Tabel. 2  
Distribusi Mineral Serum Penderita TB  
Berdasarkan Lama Mengonsumsi Obat

Status	Mineral Serum	N	Mean
TB	Besi (Fe)		
	< 2 bulan	7	118,38
	≥ 2 bulan	7	110,44
TB-DM	Besi (Fe)		
	< 2 bulan	8	66,77
	≥ 2 bulan	7	52,87
TB	Zink (Zn)		
	< 2 bulan	7	40,63
	≥ 2 bulan	7	30,62
TB-DM	Zink (Zn)		
	< 2 bulan	8	55,9
	≥ 2 bulan	7	112,94

Pada tabel 2 terlihat bahwa rata-rata kadar zat besi (Fe) serum pada penderita TB paru dengan DM berdasarkan lama pengobatan baik pada fase awal maupun fase lanjutan masih berada dalam range normal. Sedangkan pada penderita TB paru dengan DM diperoleh hasil rata-rata kadar Fe pada pengobatan fase awal maupun fase lanjutan menunjukkan hasil yang tidak normal (rendah).

Untuk kadar zink terlihat bahwa pada penderita TB non DM dan TB dengan DM rata-rata kadar zink rendah (abnormal) berbeda dengan kadar zink pada penderita TB dengan DM pada fase lanjutan kadar zink nya berada pada status normal.

Selanjutnya data hasil uji statistik tentang kadar zat besi (Fe) dan zink pada penderita TB tanpa DM dan pada penderita TB dengan DM diberikan pada Tabel 3.

Tabel. 3  
Gambaran Mineral Serum  
Penderita TB dan TB DM

Status	Mineral Serum	N	Min ( $\mu\text{g/dL}$ )	Max ( $\mu\text{g/dL}$ )	Mean	SD
TB	Zat Besi (Fe)	14	50.8	177	111.76	51,38
TB DM		15	24	127	61,23	30,76
TB	Zink (Zn)	14	51	177	38,96	50,58
TB DM		15	32	118	76,38	27,47

Tabel. 4  
Hasil Pengujian Normalitas  
Shapiro-Wilk

Parameter	Fe TB	Fe TB-DM	Zn TB	Zn TB-DM
p-value	0,04349 (Nonparametrik)	0,2458 (Parametrik)	0,01457 (Nonparametrik)	0,6475 (Parametrik)

Pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah untuk menentukan pengaruh keadaan komorbid Diabetes Melitus pada pasien Tuberkulosis khususnya terkait kadar Fe dan kadar Zn, dalam hal ini menggunakan Mann Whitney Test, dan dari hasil pengujian tertulis pada tabel 5.

Tabel. 5  
Hasil uji Mann Whitney Test

Variabel	W statistic	p-value	Kesimpulan
Fe TB dan Fe TB-DM	127	0.996	Terdapat perbedaan rerata antar sampel
Zn TB dan Zn TB-DM	120.5	0.15	Terdapat perbedaan rerata antar sampel

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat besi (Fe) serum pada penderita TB paru non DM masih berada dalam range normal baik pada fase pengobatan tahap awal maupun tahap lanjutan. Sedangkan rata-rata kadar zat besi (Fe) serum pada penderita TB paru dengan DM menunjukkan hasil yang rendah (tidak normal).

## PEMBAHASAN

Hal ini menunjukkan bahwa pada penderita kondisi DM pada penderita TB berpengaruh terhadap kadar zat besi dalam tubuhnya. Hasil penelitian Kurniaji et al.,

(2023) menjelaskan bahwa pada penderita tuberkulosis dapat terjadi anemia defisiensi besi (anemia mikrositik hipokromik). Anemia yang disebabkan oleh TB terjadi karena adanya gangguan homeostasis zat besi dengan peningkatan ambilan dan retensi zat besi dalam sel RES karena zat besi merupakan faktor pertumbuhan terpenting untuk *Mycobacterium tuberculosis*. Kemampuan perkembangbiakan *M. tuberculosis* dalam makrofag inang tergantung pada zat besi yang tersedia. Oleh karena itu, terjadinya kekurangan zat besi pada pasien yang terinfeksi TB dapat disebabkan oleh konsumsi zat besi mikobakteri, dan hal ini tentu menyebabkan kadar hemoglobin pada penderita TB menjadi tidak normal atau menurun (Achmad et al., 2022).

Pada TB paru respon imun tubuh memainkan peran penting dalam mengendalikan infeksi TB. Menurunnya respon imun seseorang serta gaya hidup yang tidak sehat menjadi sebab penderita TB juga menderita DM. Pasien dengan TB-DM memiliki prognosis yang lebih buruk dibandingkan pasien TB tanpa DM. TB paru dapat menyebabkan ketidakseimbangan Fe dan Zn akibat inflamasi kronis dan kebutuhan nutrisi oleh patogen. DM menyebabkan stres oksidatif, hiperglikemia, dan inflamasi sistemik, yang memengaruhi homeostasis Fe dan Zn. Inflamasi pada TB dapat meningkatkan hepsidin, yang menurunkan penyerapan Fe dan redistribusi Fe ke dalam sel makrofag. Fe yang berlebih dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, sedangkan Zn yang cukup diperlukan untuk aktivasi imun. Ketidakseimbangan Fe dan Zn dapat memperburuk fungsi imun pasien TB-DM (Rodriguez et al., 2022; Muhammad et al., 2022).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar zat besi pada penderita TB dengan komorbid DM lebih rendah daripada kadar zat besi pada penderita TB tanpa DM. Pada pasien DM tipe 2 terjadi hiperglikemia yang menyebabkan produksi radikal bebas (HO) meningkat sehingga terjadinya stres oksidatif. Untuk menangkal radikal bebas menjadi senyawa yang tidak toksik dibutuhkan enzim katalase yang diproduksi sel untuk mengkatalis  $H_2O_2$ . Peningkatan aktivitas katalase dalam menangkal radikal bebas membutuhkan jumlah Fe yang cukup. Jika cadangan Fe dalam sel sudah berkurang maka Fe serum akan mengkompensasi dan masuk ke dalam sel. Hal tersebut menyebabkan kadar Fe dalam serum pasien DM tipe 2 lebih rendah dibandingkan non DM (Caturano et al., 2023).

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar zink serum pada penderita TB dan penderita TB dengan komorbid DM juga diperoleh hasil dimana kadar zat besi pada penderita TB dengan komorbid DM lebih rendah daripada kadar zat besi pada penderita TB tanpa DM. Hal ini bisa disebabkan karena pasien TB kehilangan selera makan dan pada akhirnya banyak mengalami penurunan berat badan yang sering kita sebut dengan malnutrisi (Carin et al., 2024). Infeksi yang terjadi pada pasien TB menyebabkan malnutrisi dan penurunan sistem imun. Hal ini sejalan dengan dengan hasil penelitian Zolfaghari et al., (2021) yang menyatakan bahwa rata-rata hasil kadar zink serum dibawah nilai normal atau rendah dikarenakan karena kurangnya asupan zink didalam tubuh. Zink sebagai salah satu mineral yang dapat memberikan respon metabolisme terhadap adanya infeksi (Maywald & Rink, 2022).

Zink merupakan zat gizi yang berperan dalam sistem kekebalan tubuh serta dapat mentoleransi kadar gula darah. Berdasarkan penelitian Ahmad et al., (2024) pada pasien diabetes melitus asupan zink dapat mengurangi toleransi glukosa dimana kandungan insulin di pancreas dapat mengganggu potensi fisiologis dari insulin dan meningkatkan degradasi insulin. Begitu juga pada pasien TB didapatkan defisiensi beberapa mikro nutrisi seperti zink, vitamin A dan selenium yang menyebabkan terganggunya respon imun tubuh. Defisiensi zink menyebabkan penurunan aktivitas fagositosis dan mengurangi jumlah sel T

di sirkulasi. Zink mempunyai peranan yang penting dalam kontribusi makrofag terhadap pertahanan tubuh di tempat infeksi (Amelia & Kaswandani, 2024).

### SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dilakukan perhitungan (uji statistik) dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rerata kadar Fe dan Zn antara pasien tuberkulosis tanpa DM dan pasien tuberkulosis dengan DM.

### SARAN

Hasil dari penelitian dapat digunakan sebagai penelitian lanjutan untuk mengetahui secara lebih detail hal-hal apa saja yang bisa mempengaruhi kadar mineral dalam tubuh penderita TB maupun penderita TB dengan komorbid DM.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M., Djasang, S., Nuradi, N., & Hadijah, S. (2022). Kadar Hemoglobin pada Penderita Tuberkulosis Paru yang Mengonsumsi Obat Anti Tuberkulosis. *Jurnal Media Analis Kesehatan*, *12*(1), 64-70. <https://doi.org/10.32382/mak.v13i1.2765>
- Ahmad, R., Shaju, R., Atfi, A., & Razzaque, M. S. (2024). Zinc and Diabetes: A Connection between Micronutrient and Metabolism. *Cells*, *13*(16), 1359. <https://doi.org/10.3390/cells13161359>
- Amelia, S., & Kaswandani, N. (2024). Correlation between Tuberculosis Type and Comorbidities with Nutritional Recovery Rates Post-Tuberculosis Treatment in Pediatric Patients. *Archives of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition*, *3*(3), 1-11. <https://doi.org/10.58427/apghn.3.3.2024.1-11>
- Barman, N., Khan, M. M. H., Ghosh, D., Towhid, M. I. I., Uddin, M. N., Paul, D., Haque, M. A. (2021). Serum Zinc Level and its Association with Multidrug-Resistant Tuberculosis. *International Journal of Mycobacteriology*, *10*(2), 177-181. [https://doi.org/10.4103/ijmy.ijmy\\_67\\_21](https://doi.org/10.4103/ijmy.ijmy_67_21)
- Bisht, M. K., & Dahiya, P. (2023). The Cause-Effect Relation of Tuberculosis on Incidence of Diabetes Mellitus. *Front Cell Infect Microbiol*, *13*, 1134036. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1134036>
- Carin, V., Anwar, K., Irawati, S., & Maharani, Y. (2024). Asuhan Gizi pada Pasien Tuberkulosis Paru, Acute Lymphadenitis, dan Sindrom Nefrotik. *Binawan Student Journal*, *6*(2), 144-152. <https://doi.org/10.54771/57xj1a78>
- Caturano, A., D'Angelo, M., Mormone, A., Russo, V., Mollica, M. P., Salvatore, T., Galiero, R., Rinaldi, L., Vetrano, E., Marfella, R., Monda, M., Giordano, A., & Sasso, F. C. (2023). Oxidative Stress in Type 2 Diabetes: Impacts from Pathogenesis to Lifestyle Modifications. *Current issues in molecular biology*, *45*(8), 6651–6666. <https://doi.org/10.3390/cimb45080420>
- Fiorino, G., Colombel, J-F., Katsanos, K., Mearin, F., Stein, J., Andretta, M., Antonacci, S., Arenare, L., Citraro, R., Dell'Orco, S., Esposti, L. D., Serna, A. R. de A., Morin, N., & Koutroubakis, I. E. (2023). Iron Deficiency Anemia Impacts Disease Progression and Healthcare Resource Consumption in Patients with Inflammatory Bowel Disease: A Real-World Evidence Study. *Therapeutic advances in gastroenterology*, *16*. <https://doi.org/10.1177/17562848231177153>
- Hamed, A. M., Hadidy, K. E. S. E., & Salem, M. N. (2022). Ferritin as a Marker of Insulin Resistance in Diabetic Patients. *Egyptian Journal of Medical Research*, *3*(2), 110-120. <https://doi.org/10.21608/ejmr.2022.237765>

- Hasan, F. E., & Yunus, R. (2023). Antioxidant Function in Inhibiting Lipid Peroxidation and Increasing Erythrocyte Membrane Resistance in Diabetes Mellitus Patients. *Health Information: Jurnal Penelitian*, 15(2). <https://doi.org/10.36990/hijp.v15i2.901>
- IDF. (2021). *IDF Diabetes Atlas*. <https://www.diabetesatlas.org/data/en/country/94/id.html>
- Kemkes RI. (2020). *Pedoman Nasional Pengendalian Tuberkulosis*. Kementerian Kesehatan Republik. [https://www.tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2021/06/NSP-TB-2020-2024-Ind\\_Final\\_-BAHASA.pdf](https://www.tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2021/06/NSP-TB-2020-2024-Ind_Final_-BAHASA.pdf)
- Kiouri, D. P., Tsoupra, E., Peana, M., Perlepes, S. P., Stefanidou, M. E., & Chasapis, C. T. (2023). Multifunctional Role of Zinc in Human Health: an Update. *EXCLI Journal*, 22, 809-827. <https://doi.org/10.17179/excli2023-6335>
- Kurniaji, I., Rudiyanto, W., & Windarti, I. (2023). Anemia in Tuberculosis Patients. *Medical Profession Journal of Lampung*, 13(1), 42-46. <https://doi.org/10.53089/medula.v13i1.592>
- Maywald, M., & Rink, L. (2022). Zinc in Human Health and Infectious Diseases. *Biomolecules*, 12(12), 1748. <https://doi.org/10.3390/biom12121748>
- Muhammad, P., Ahmad, M., Iqbal, S., Shah, M., Obaid, S., & Wadud, S. (2022). The Biochemical and Physiologic Effect of Zinc and Vitamin A Supplementation to Increase Cellular Immune Response of Pulmonary Tuberculosis Patients: A Systematic Review. *Pakistan Journal of Chest Medicine*, 28(2), 249–256. Retrieved from <https://www.pjcm.net/index.php/pjcm/article/view/803>
- Nairz, M., & Weiss, G. (2020). Iron in Infection and Immunity. *Molecular Aspects of Medicine*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2020.100864>
- Nienaber, A., Uyoga, M. A., Dolman-Macleod, R., & Malan, L. (2023). Iron Status and Supplementation during Tuberculosis. *Microorganisms*, 11(3), 785. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030785>
- Patel, D. G., Baral, T., Kurian, S. J., Malakapogu, P., Saravu, K., & Miraj, S. S. (2024). Nutritional Status in Patients with Tuberculosis and Diabetes Mellitus: A Comparative Observational Study. *J Clin Tuberc Other Mycobact Dis*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2024.100428>
- Putri, E. I. S., Indriati, D. W., & Wahyunitisari, M. R. (2020). The Prevalence of Diabetes Mellitus among Hospitalized Tuberculosis Positive Cases in Hajj Hospital Surabaya. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 16(1), 235-239. <https://scholar.unair.ac.id/en/publications/the-prevalence-of-diabetes-mellitus-among-hospitalized-tuberculosis>
- Rodriguez, G. M., Sharma, N., Biswas, A., Sharma, N. (2022). The Iron Response of Mycobacterium tuberculosis and Its Implications for Tuberculosis Pathogenesis and Novel Therapeutics. *Front Cell Infect Microbiol*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.876667>
- Waworuntu, W., Tanoerahardjo, F. S., Mallongi, A., Ahmad, A., Amin, M., Djaharuddin, I., Bukhari, A., Tabri, N. A., Bahar, B., Hidayah, N., Halik, H., & Massi, M. N. (2023). Serum Iron Levels in Tuberculosis Patients and Household Contacts and its Association with Natural Resistance-Associated Macrophage Protein 1 Polymorphism and Expression. *The Clinical Respiratory Journal*, 17(9), 893–904. <https://doi.org/10.1111/crj.13677>
- World Health Organization, (2022). *Global Tuberculosis Report 2022*. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022>

Zolfaghari, B., Ghanbari, M., Musavi, H., Baghshahi, P. B., Taghikhani, M., & Pourfallah, F. (2021). Investigation of Zinc Supplement Impact on the Serum Biochemical Parameters in Pulmonary Tuberculosis: A Double Blinded Placebo Control Trial. *Reports of Biochemistry & Molecular Biology*, 10(2), 173–182. <https://doi.org/10.52547/rbmb.10.2.173>