

**STUDI KONTROL GLIKEMIK DENGAN STATUS KONVERSI SPUTUM
PADA PENDERITA TUBERKULOSIS DENGAN KOMORBID
DIABETES MELLITUS**

***STUDY OF GLYCEMIC CONTROL WITH SPUTUM CONVERSION STATUS IN
TUBERCULOSIS PATIENTS WITH COMORBID DIABETES MELLITUS***

Syahida Djasang¹, Maulia Hardian Hayati², Hasan³
Poltekkes Kemenkes Makassar

Koresponden: syahida.djasang@gmail.com 0811445506

ABSTRACT

Tuberculosis (TB) with comorbid Diabetes Mellitus (DM) is a challenge to treat as DM can affect the body's immune system and slow down the healing process. One of the indicators of successful TB therapy is sputum conversion, which is known to be influenced by glycemic control. This study aims to analyze the relationship between glycemic control and sputum conversion status in patients with TB comorbid with DM. This research is an analytic descriptive study with a cross-sectional approach. The study sample amounted to 15 patients with TB comorbid DM who met the inclusion criteria. Data were collected through sputum examination and fasting blood glucose levels in patients undergoing treatment at the Selayar Islands Regency, on March 10-27, 2025. The results of the analysis using Fisher's Exact test showed a significant relationship between glycemic control and sputum conversion status ($p=0.029$; $OR=3.0$; $\rho=0.784$). The conclusion of this study shows that poor glycemic control has a 3 times risk of slowing the sputum conversion process in patients with TB comorbid DM. Therefore, patients with DM comorbid TB are advised to maintain blood glucose control, undergo regular DM and TB therapy, and adopt a healthy lifestyle to increase the chances of a faster recovery.

Keywords : *Diabetes Mellitus, Glycemic Control, Sputum Conversion, Tuberculosis*

ABSTRAK

Tuberkulosis (TBC) dengan komorbid Diabetes Mellitus (DM) menjadi tantangan dalam pengobatan karena DM dapat memengaruhi sistem imun tubuh dan memperlambat proses penyembuhan. Salah satu indikator keberhasilan terapi TBC adalah konversi sputum, yang diketahui dapat dipengaruhi oleh kontrol glikemik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kontrol glikemik dengan status konversi sputum pada penderita TBC komorbid DM. Penelitian ini merupakan studi deskriptif analitik dengan pendekatan *cross-sectional*. Sampel penelitian berjumlah 15 penderita TBC komorbid DM yang memenuhi kriteria inklusi. Data dikumpulkan melalui pemeriksaan sputum dan kadar glukosa darah puasa pada penderita yang menjalani pengobatan di wilayah kerja Kabupaten Kepulauan Selayar, pada tanggal 10–27 Maret 2025. Hasil analisis menggunakan uji *Fisher's Exact* menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kontrol glikemik dan status

konversi sputum ($p=0,029$; $OR=3,0$; $\rho=0,784$). Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kontrol glikemik yang buruk beresiko 3 kali memperlambat proses konversi sputum pada penderita TBC komorbid DM. Oleh karena itu, penderita TBC komorbid DM disarankan untuk menjaga kontrol glukosa darah, menjalani terapi DM dan TBC secara teratur, serta menerapkan pola hidup sehat guna meningkatkan peluang kesembuhan yang lebih cepat.

Kata kunci : Diabetes Mellitus, Kontrol Glikemik, Konversi Sputum, Tuberkulosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit infeksi menular purba yang disebabkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, hingga kini tetap menjadi ancaman utama kesehatan masyarakat di dunia. Menurut laporan dari *Global Tuberculosis Report 2024*, orang yang terkena TBC sebanyak 10,8 juta pada tahun 2023, sedikit meningkat dibanding pada tahun 2022 sebanyak 10,7 juta penderita, walaupun angka ini jauh lebih rendah dari tahun 2021 sebanyak 10,4 juta dan 10,1 juta di tahun 2020. Di tahun 2023, laki – laki dewasa menderita TBC sebanyak 6,0 juta (55%) dan wanita dewasa sebanyak 3,6 juta kasus (33%) serta 1,3 juta kasus (12%) adalah anak – anak dan remaja muda dengan jumlah kematian sebanyak 1,25 juta kasus (World Health Organization, 2024).

Program penanggulangan TBC di Indonesia diperhadapkan dengan berbagai tantangan, salah satunya peningkatan jumlah penderita Diabetes Mellitus (DM). Indonesia termasuk negara dengan kasus Diabetes Mellitus terbesar ke-5 di dunia, dengan 19,5 juta penderita, dan jumlah ini diperkirakan akan bertambah hingga 28,6 juta pada tahun 2045 (SITB Kemenkes RI, 2024)

Diabetes Mellitus (DM) adalah kelainan metabolik yang dicirikan oleh hiperglikemia akibat gangguan produksi atau aktivitas insulin. Hiperglikemia yang berkepanjangan pada penderita DM dapat melemahkan respons imun tubuh, sehingga meningkatkan risiko infeksi oleh mikroorganisme patogen, termasuk *Mycobacterium tuberculosis* (Kemenkes RI, 2015). Menurut Nuryani (2022), bahwa kondisi hiperglikemia dapat menyebabkan disfungsi pada sistem imun bawaan (*innate immunity*) dan adaptif. Kelainan ini mencakup gangguan proliferasi sel T dan makrofag, serta melemahnya fungsi sel Natural Killer (NK) dan sel B, yang mencerminkan disrupsi pada sistem imun bawaan dan adaptif.

Komorbiditas DM dan TBC ditandai oleh penurunan respons sitokin aktivator makrofag yaitu interferon tipe-II ($IFN-\gamma$) dan peningkatan respons sitokin Th17. Kombinasi ini menyebabkan gangguan pada sistem imun, yang menurunkan kemampuan tubuh untuk melawan infeksi TBC. Penurunan $IFN-\gamma$ melemahkan peran sel T dalam memerangi *Mycobacterium tuberculosis*, sementara peningkatan Th17 dapat meningkatkan inflamasi, yang pada gilirannya memperlambat proses penyembuhan (Shweta *et al.*, 2024).

Sebuah studi terbaru melaporkan bahwa individu dengan Infeksi Laten Tuberkulosis (ILTB) yang juga memiliki DM menunjukkan penurunan frekuensi sel T $\gamma\delta$ spesifik antigen TBC yang mengekspresikan sitokin Tipe 1 ($IFN-\gamma$, $TNF-\alpha$) dan Tipe 17 (IL-17F, IL-22). Beberapa penelitian lain yang dipublikasikan telah mengklasifikasikan profil subset sel T dan B, bahwa pasien infeksi laten tuberkulosis dengan DM menunjukkan frekuensi sel T memori efektor CD4+ yang berkurang secara signifikan dibandingkan dengan pasien ILTB tanpa Diabetes Mellitus. Selain itu, pasien ILTB dengan DM menunjukkan frekuensi sel B memori aktif yang meningkat secara signifikan dan frekuensi sel B naif (belum teraktivasi/IgM & IgD) yang lebih rendah dibandingkan dengan ILTB, yang menunjukkan bahwa TBC komorbid DM sangat memodulasi sel-sel sistem imun adaptif.

Dengan demikian, DM pada ILTB tampaknya terkait dengan gangguan besar pada aktivasi dan fungsi sel T (Kumar *et al.*, 2023).

Selain itu, penderita TBC juga mengalami penurunan ekspresi penanda sitotoksik (perforin, granzyme B, granulysin) serta penanda aktivasi imun (CD69 dan PDL-1) dibandingkan dengan kelompok ILTB tanpa DM. Temuan ini menunjukkan bahwa kompartemen sel imun bawaan, termasuk sel T $\gamma\delta$, sel NK, dan sel iNKT, mengalami gangguan dalam merespons antigen *Mycobacterium tuberculosis* pada individu dengan DM (Kumar *et al.*, 2023). Di samping itu, dalam aktivitas fagositosis, makrofag menjalankan reaksi oksidatif yang memanfaatkan glukosa untuk membentuk *Reactive Oxygen Intermediates* (ROI). Ketika produksi ROI berlebih, dapat terjadi *oxidative burst*, yang dapat mengganggu proses fagositosis dan menyebabkan kerusakan sel maupun jaringan sekitar (Dewi, 2019).

Pendekatan dalam pengobatan tuberkulosis (TBC) paru dengan komorbid Diabetes Mellitus (DM) berlandaskan prinsip yang mempertimbangkan interaksi antara kedua penyakit tersebut, sepanjang kadar glukosa darah tetap stabil. Pengobatan menggunakan obat antituberkulosis (OAT) terdiri dari dua tahap, yaitu tahap *intensif*, diikuti oleh tahap *lanjutan*. Dalam pengobatan TBC paru komorbid DM, penting untuk memperhatikan pengendalian kadar gula darah serta kemungkinan efek samping dari OAT (Kemenkes RI, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengetahui keterkaitan antara kontrol glikemik terhadap status konversi sputum pada penderita TBC komorbid DM

METODE

Desain, tempat dan waktu

Jenis penelitian ini adalah deskriptif analitik dengan pendekatan potong lintang. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan kontrol glikemik dengan status konversi sputum BTA pada penderita TBC komorbid DM. Pemeriksaan specimen darah dan sputum dilakukan di Laboratorium Puskesmas Kabupaten Kepulauan Selayar ologi Laboratorium Medis. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 s/d 27 Maret 2025

Jumlah dan cara pengambilan sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh penderita TBC dengan komorbid DM yang menjalani pengobatan anti-tuberkulosis di Kabupaten Kepulauan Selayar. Spesimen penelitian ini adalah spesimen darah dan sputum penderita TBC komorbid DM sebanyak 15 spesimen. Teknik pengambilan spesimen yang digunakan yaitu teknik *Total Sampling*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah mikroskop, glucometer, lanset steril, kaca sediaan frosted, pipet tetes, pengatur waktu, lampu spiritus/bunsen, rak pewarnaan, pensil 2B dan pinset atau penjepit kayu. Bahan yang digunakan adalah spesimen darah dan dahak, oil imersi, lysol 5%, alkohol 70%, hipoklorit 0,5%), dan reagen *Ziehl-Neelsen* (Carbol Fuchsin 1%, Asam Alkohol 3%, Dan Methylene Blue 0,1%),

Prosedur Kerja

1. Pengumpulan Spesimen Dahak

Mulailah dengan berkumur menggunakan air bersih. Setelah itu, ambil napas dalam-dalam, tahan selama lima detik, lalu keluarkan secara perlahan. Ulangi langkah ini sebanyak dua hingga tiga kali, kemudian buang napas dengan kuat. Buka wadah penampung dahak, keluarkan dahak dengan kuat, lalu masukkan ke dalam wadah tersebut. Setelah selesai, tutup wadah dahak dengan rapat dan cuci tangan menggunakan air dan sabun. Jika perlu, ulangi proses hingga mendapatkan dahak yang ideal. Bila mengalami

kesulitan, disarankan melakukan olahraga ringan dan menarik napas dalam, menahan napas sejenak, lalu batuk. Alternatif lainnya adalah dengan memperbanyak minum air atau mengonsumsi satu tablet gliseril guaiakolat 200 mg sebelum tidur. Setelah semua tahapan selesai, serahkan pot berisi dahak kepada petugas laboratorium di tempat yang telah disediakan

2. Cara Pembuatan Sediaan

Langkah pertama adalah memipihkan ujung lidi menggunakan tang hingga membentuk serabut. Selanjutnya, letakkan sampel di atas kaca objek dengan bentuk oval berukuran 2×3 cm, lalu ratakan menggunakan tusuk gigi membentuk spiral kecil hingga mengering. Setelah digunakan, lidi dan tusuk gigi bekas harus segera dimasukkan ke dalam wadah plastik yang telah berisi cairan disinfektan. Sampel kemudian disebar kembali di atas kaca sediaan berukuran sama, diratakan membentuk spiral kecil hingga kering dan siap untuk proses fiksasi. Pastikan apusan berada dalam posisi menghadap ke atas, kemudian pegang kaca objek dengan pinset dan lakukan fiksasi sebanyak dua hingga tiga kali menggunakan api dari Bunsen

3. Prosedur Pewarnaan BTA dengan Metode Ziehl Neelsen

Langkah pewarnaan dimulai dengan menempatkan sediaan pada rak dengan jarak antar sediaan sekitar 2–3 cm. Selanjutnya, teteskan larutan Carbol Fuchsin 1% hingga seluruh permukaan apusan tertutupi. Panaskan sediaan menggunakan api hingga muncul uap, namun jangan sampai mendidih, lalu biarkan selama minimal 10 menit dan padamkan api dengan kain basah. Setelah itu, bilas sediaan secara hati-hati dengan air mengalir, hindari menyemprotkan air langsung ke apusan. Langkah berikutnya adalah menuangkan larutan asam alkohol 3% selama tiga menit, kemudian bilas hingga bersih. Jika warna merah masih tampak, ulangi proses dekolonisasi. Setelah itu, teteskan larutan Methylene Blue 0,1% hingga seluruh permukaan sediaan terlapisi, biarkan selama satu menit, lalu bilas kembali dengan air mengalir. Terakhir, letakkan sediaan pada rak pengering hingga kering. Sediaan yang telah kering siap untuk diperiksa.

4. Pemeriksaan Mikroskopis sediaan BTA

Fokus dengan lensa objektif 10X, kemudian teteskan minyak imersi dan periksa dengan lensa objektif 100X, periksa minimal 100 lapang pandang. Pembacaan Sediaan BTA dan Interpretasi Hasil berdasarkan pedoman *International Union Against Tuberculosis and Lung Diseases* (IUATLD)

5. Pemeriksaan Glukosa Darah Puasa

Pemilihan tempat penusukan dilakukan pada tepi ujung jari tangan, terutama pada jari ke-3, ke-4, dan ke-5 bagian lateral, karena area tersebut cenderung menimbulkan rasa nyeri yang lebih sedikit. Sebelum melakukan penusukan, tangan dicuci terlebih dahulu dengan air dan sabun, kemudian dikeringkan dan dilanjutkan dengan penggunaan sarung tangan. Area yang akan ditusuk dibersihkan menggunakan alkohol swab, lalu dilakukan pemijatan ringan pada ujung jari untuk merangsang aliran darah. Penusukan dilakukan dengan menggunakan lancet steril. Setelah darah keluar, teteskan darah tersebut pada ujung strip glukosa yang telah terhubung dengan glukometer. Glukometer akan membaca kadar glukosa darah puasa melalui reaksi kimia yang terjadi pada strip tes, dan hasil kadar glukosa darah akan muncul pada layar glukometer setelah menunggu beberapa detik. Pelaporan hasil pemeriksaan glukosa darah puasa (GDP) dikategorikan berdasarkan nilai yang diperoleh, di mana kadar GDP sebesar 80–130 mg/dL menunjukkan glikemik yang terkontrol dengan baik, sedangkan kadar GDP ≥ 130 mg/dL menunjukkan bahwa glikemik tidak terkontrol atau dalam kondisi buruk (PERKENI, 2021).

Pengolahan dan analisis data

Data yang diperoleh dianalisis terlebih dahulu secara deskriptif dalam bentuk narasi dilengkapi pemaparan tabel hasil pemeriksaan. Kemudian analisis data di lanjutkan dengan menggunakan program SPSS (*Statistical Program For Social Science*) untuk mengetahui hubungan kontrol glikemik dan status konversi sputum melalui uji *Fisher's Exact*

HASIL

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tanggal 10 – 27 Maret 2025 di Puskesmas Kabupaten Kepulauan Selayar pada penderita TBC komorbid DM, didapatkan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Distribusi Penderita TBC komorbid DM Berdasarkan Jenis Kelamin dan Umur

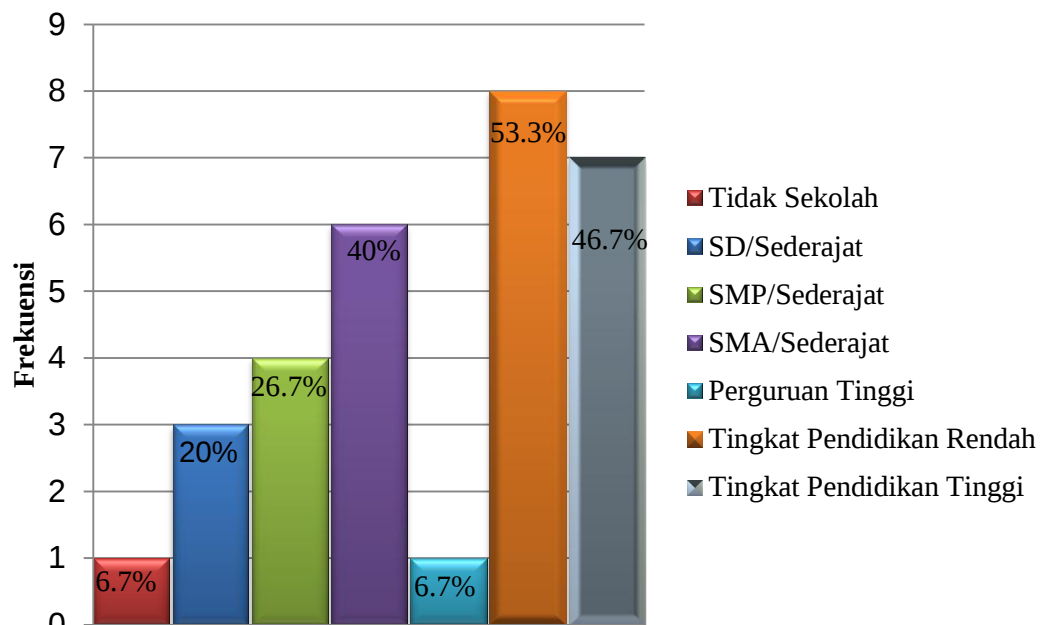
Tabel 4.1. Distibusi Jenis Kelamin dan Umur Responden

Umur (Tahun)	Jenis Kelamin		Total
	L	P	
20 - 39	0 (0.0%)	1 (6.7%)	1 (6.7%)
40 - 59	2 (13.3%)	6 (40%)	8 (53.3%)
> 60	3 (20%)	3 (20%)	6 (40%)
Total (n)	5 (33.3%)	10 (66.7%)	15 (100%)

Sumber : Data Primer, Maret 2025

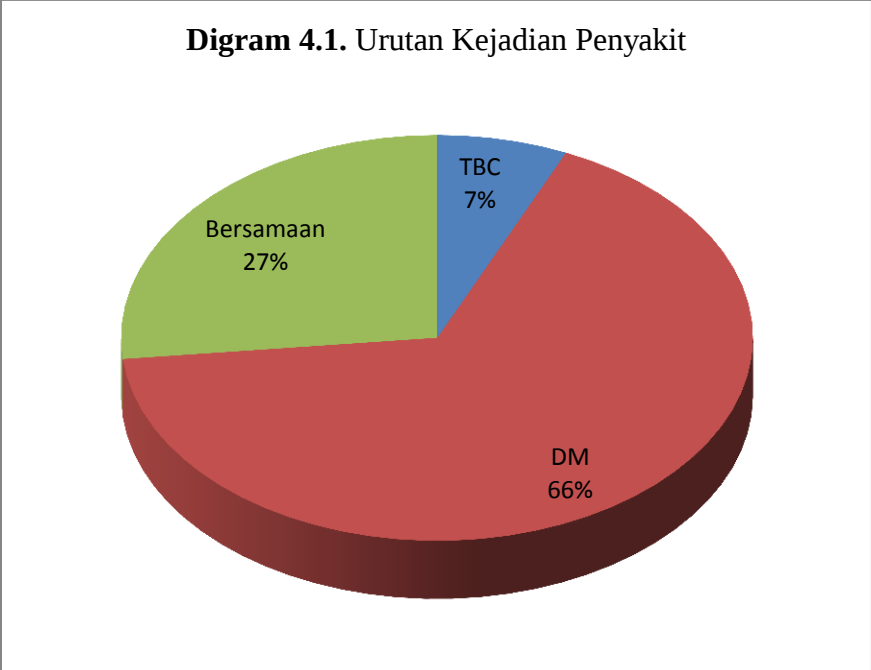
2. Distribusi Tingkat Pendidikan

Grafik 4.1. Distribusi Pendidikan



Sumber : Data Primer, 2025

3. Urutan Kejadian Penyakit



4. Hasil Pemeriksaan Kontrol Glikemik

Tabel 4.2. Rata - Rata Kadar GDP Pada Kontrol Glikemik

Kontrol Glikemik	Mean	N	%	Std. Deviation	Min.	Mak.
Baik	124.25	12	80	5.190	111	130
Buruk	296.00	3	20	90.835	201	382
Total	158.60	15	100	79.099	111	382

Sumber : Data Primer, Maret 2025

5. Hasil Kategori Kontrol Glikemik dengan Status Konversi Sputum

Tabel 4.3. Distribusi Kategori Kontrol Glikemik dengan Status Konversi Sputum

Karakteristik Penelitian		Kontrol Glikemik		Total
		Baik	Buruk	
Status Konversi Sputum	Negatif	12 (80%)	1 (6.7%)	13 (86.7)
	Positif	-	2 (13.3%)	2 (13.3%)
	Total	12 (80%)	3 (20%)	15 (100%)

Sumber : Data Primer, Maret 2025

6. Hasil Pemeriksaan Rerata Waktu Konversi Sputum pada Kontrol Glikemik

Tabel 4.4. Rerata Waktu Konversi Sputum pada Kontrol Glikemik Baik dan Kontrol Glikemik Buruk

Kontrol Glikemik	Mean	N (%)	Std. Deviation	Min.	Mak.
Baik	54.17	12 (80%)	1.946	52	56
Buruk	71.00	3 (20%)	14.177	55	82
Total	57.53	15 (100)	8.959	52	82

Sumber : Data Primer, Maret 2025

7. Hubungan kontrol glikemik dengan status konversi sputum

Tabel 4.5. Hubungan Kontrol Glikemik dengan Status Konversi Sputum

Status Konversi	Kontrol Glikemik		Total (n)	Fisher's Exact Test (p<0.05)	Odds Ratio (OR)	Spearman Correlation (rho)
	Baik	Buruk				
Negatif	12	1	15	0.029	3.0	0.784
Positif	0	2				

Sumber : Data Primer, Maret 2025

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur distribusi frekuensi status kontrol glikemik baik dan buruk pada penderita tuberkulosis (TBC) dengan komorbid Diabetes Mellitus (DM), serta untuk menganalisis rerata waktu konversi sputum pada kedua kelompok tersebut dan hubungannya. Sampel yang digunakan diperoleh dari penderita yang telah memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*), mengisi kuesioner, serta menjalani pemeriksaan glukosa darah puasa dan pemeriksaan mikroskopis sputum untuk deteksi TBC.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 15 penderita TBC dengan komorbid DM, ditemukan bahwa prevalensi responden perempuan lebih dominan, dengan persentase 66,7%, yang berisiko terinfeksi TBC komorbid DM, dibandingkan dengan laki-laki yang hanya sebesar 33,3%. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ardi *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa prevalensi perempuan sebesar 61,6% memiliki risiko lebih tinggi untuk mengembangkan TBC komorbid DM, sedangkan laki-laki hanya sebesar 38,2%.

Namun, temuan ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso di RSUD Al Ihsan Bandung pada tahun 2023, yang menggunakan metode *total sampling* dan menemukan bahwa laki-laki sebesar 83% lebih dominan menderita TBC dengan komorbid DM dibandingkan perempuan yang hanya sebesar 17%. Perbedaan ini mungkin dipengaruhi oleh faktor lingkungan, di mana perempuan yang aktif merawat orang sakit sekaligus menjalankan peran sebagai ibu rumah tangga dapat meningkatkan kerentanannya terhadap kejadian TBC-DM (Wokneh *et al.*, dalam Muhammad Nur, 2022).

Meskipun demikian, jenis kelamin perempuan bukan merupakan faktor utama, melainkan hanya sebagai faktor risiko tambahan terhadap kejadian TBC dengan komorbid DM. Perbedaan hasil temuan ini dengan penelitian sebelumnya dapat dipengaruhi oleh metodologi, populasi yang diteliti, atau faktor-faktor lainnya. Faktor *host*, seperti malnutrisi, infeksi HIV, penggunaan alkohol, merokok, status sosio-ekonomi, akses terhadap layanan kesehatan, dan respons imun, juga berperan dalam perbedaan risiko TBC-DM berdasarkan jenis kelamin (Boudu *et al.*, 2024).

Pengelompokan usia dalam subjek penelitian menjadi aspek yang krusial karena seiring

bertambahnya usia, tubuh mengalami berbagai perubahan, termasuk penurunan fungsi organ dan metabolisme, serta berkurangnya aktivitas fisik. Kondisi ini dapat meningkatkan risiko munculnya berbagai penyakit dan memperburuk kondisi kesehatan, terutama pada individu dengan komorbiditas, yang semakin rentan terhadap dampak negatif dari penuaan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas penderita TBC dengan komorbid DM berasal dari kelompok usia paruh baya dan lansia, yaitu usia 40 tahun ke atas. Dari total 15 responden, sebanyak 8 orang (53,3%) berada dalam rentang usia 40–59 tahun, sementara 6 orang (40%) berusia ≥ 60 tahun. Secara kumulatif, rata-rata usia pasien adalah 53,73 tahun, dengan kelompok usia 40 tahun ke atas mencakup 93,3% dari total responden. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nadapdap (2024), yang menunjukkan bahwa kasus TBC dengan komorbid DM tertinggi ditemukan pada usia paruh baya dengan risiko sebesar 41,7%, diikuti oleh lansia sebesar 21,7%, dan hanya 1% pada usia 19–39 tahun. Hasil uji statistik juga menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara tuberkulosis komorbid Diabetes Mellitus dengan usia.

Peningkatan usia merupakan salah satu faktor risiko penting dalam kejadian tuberkulosis (TBC) yang disertai dengan diabetes melitus (DM). Seiring bertambahnya usia, sistem imun seseorang mengalami penurunan fungsi, yang dikenal dengan istilah *immunosenescence*. Penurunan fungsi imun ini terutama terjadi pada sel-sel imun seperti limfosit T dan makrofag, yang memiliki peran penting dalam mengendalikan infeksi *Mycobacterium tuberculosis* (Kumar *et al.*, 2023). Di sisi lain, proses penuaan juga menyebabkan penurunan fungsi sel beta pankreas, yang bertanggung jawab dalam produksi insulin, sehingga memicu terjadinya hiperglikemia (American Diabetes Association, 2023).

Berdasarkan diagram 4.1, menunjukkan bahwa 66,7% responden menderita DM sebelum terdiagnosis TBC. Temuan ini selaras dengan penelitian Rau *et al.* (2021), yang menemukan bahwa seseorang dengan riwayat Diabetes Melitus berisiko 16.467 kali lebih besar mengalami kejadian komorbiditas TBC-DM dibandingkan dengan orang yang tidak memiliki riwayat Diabetes Melitus. Selain itu, riset yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan pada tahun 2024 terhadap 114.630 penyandang DM yang melakukan skrining TBC, ditemukan bahwa 2,5% di antaranya positif TBC. Hal ini senada dengan studi metaanalisis yang dilakukan oleh Franco *et al.*, (2024), yang menunjukkan bahwa individu dengan Diabetes Mellitus memiliki risiko signifikan untuk mengembangkan TBC aktif dibandingkan dengan mereka yang tidak menderita DM.

Diabetes Mellitus (DM) adalah kelainan metabolik kompleks yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat resistensi insulin, produksi insulin yang tidak memadai, atau keduanya. Sebagai kondisi kronis, DM melemahkan sistem imun, mengurangi kemampuan tubuh untuk melawan infeksi, dan menyebabkan gangguan dalam produksi sitokin, menghambat perekrutan leukosit, serta menurunkan fungsi sel imun seperti neutrofil, makrofag, dan sel pembunuh alami. Selain itu, DM juga dapat mempengaruhi sistem efektor komplemen dan produksi antibodi (Bisht *et al.*, 2023). Menurut Gotera (2021), DM meningkatkan risiko terjadinya TBC hingga dua hingga tiga kali lipat, memperbesar peluang kegagalan pengobatan TBC, kekambuhan, dan kematian, serta memperburuk tingkat keparahan penyakit. DM juga dapat memicu reaktivasi fokus TBC laten dan mengurangi efektivitas pengobatan TBC.

Urutan kejadian antara Diabetes Mellitus (DM) dan Tuberkulosis (TBC) pada penderita dengan komorbiditas TBC-DM dapat bervariasi, bergantung pada faktor risiko individu dan kondisi kesehatan sebelumnya. Beberapa penderita mengalami DM terlebih dahulu, yang kemudian meningkatkan risiko untuk mengembangkan TBC, sementara pada kasus lain, pasien terlebih dahulu mengidap TBC yang kemudian berkontribusi terhadap perkembangan DM. Selain itu, terdapat pula kasus di mana TBC dan DM ditemukan terjadi secara bersamaan dalam waktu yang hampir bersamaan.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa 26,7% penegakan diagnosis TBC dan DM terjadi pada tahun yang sama, yang mengindikasikan adanya intensifikasi skrining dua arah antara TBC dan DM. Pada penderita TBC yang baru memulai pengobatan, dilakukan skrining terhadap tanda dan gejala DM, dan apabila hasilnya mengarah ke prediabetes atau diabetes mellitus, maka dilanjutkan dengan pemeriksaan glukosa darah puasa atau HbA1c untuk menegaskan diagnosis. Sebaliknya, pada penderita DM dilakukan pemeriksaan paralel berupa skrining tanda dan gejala tuberkulosis, yang kemudian dikonfirmasi melalui pemeriksaan bakteriologis seperti TCM, mikroskopis, atau biakan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Prakas, yang menunjukkan bahwa dari 478 pasien TBC yang diskriminasi DM, ditemukan 2,9% kasus DM yang baru terdiagnosis. Penelitian lain oleh Ekeke (2017) juga menunjukkan hasil serupa, di mana dari 2.094 pasien TBC yang menjalani skrining DM, ditemukan 9,4% positif DM.

Glukosa Darah Puasa (GDP) merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kontrol glikemik penderita, terutama pada individu dengan komorbiditas TBC-DM. Berdasarkan tabel 4.2, Pemeriksaan glukosa darah menunjukkan bahwa rata-rata kadar glukosa darah puasa responden sebesar $158,60 \pm 79$ mg/dL. Jika dibandingkan dengan sasaran pengelolaan DM yang mensyaratkan kadar GDP dalam rentang 80–130 mg/dL, maka rata-rata kadar GDP responden tergolong cukup tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahiduddin (2019), yang menyatakan bahwa rata-rata kadar GDP pada 45 penderita TBC dengan komorbid DM belum mencapai arah pengendalian DM yang optimal, dengan nilai rata-rata dan standar deviasi sebesar $202,11 \pm 78,68$ mg/dL. Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Rissadah *et al.*, (2025) juga menunjukkan bahwa penderita DM dengan komorbiditas TBC lebih cenderung memiliki kadar glukosa darah yang tinggi dibandingkan dengan pasien TBC tanpa DM.

Peningkatan kadar glukosa darah pada penderita dengan komorbiditas TBC-DM diduga disebabkan oleh berbagai faktor, baik intrinsik maupun ekstrinsik. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam aspek variabel yang diteliti, di antaranya tidak mengukur faktor-faktor yang dapat meningkatkan risiko kenaikan kadar glukosa darah pada penderita TBC dengan komorbid DM. Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa komorbiditas TBC-DM menciptakan sinergi dan epidemi (*sindemi*) yang kompleks, di mana TBC dapat meningkatkan intoleransi glukosa sehingga berisiko menyebabkan DM, sementara DM sendiri meningkatkan kerentanan terhadap infeksi tuberkulosis (Boudu *et al.*, 2024).

Sementara itu, berdasarkan tabel 4.4, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 20% penderita TBC dengan komorbid DM mengalami kontrol glikemik yang buruk, dengan rata-rata waktu konversi sputum selama 71 hari. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahami NA (2024), yang menunjukkan bahwa komorbiditas Diabetes Mellitus berpengaruh signifikan terhadap waktu konversi sputum pada pasien Tuberkulosis (TBC).

Konversi sputum merupakan perubahan status BTA positif pada saat awal diagnosis menjadi negatif setelah menjalani fase intensif pengobatan selama 7–8 minggu. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa 13,3% penderita tidak mengalami konversi sputum BTA. Hasil penelitian ini selaras dengan *studi observasional* analitik dengan desain *cross-sectional* di RSD dr. Soebandi, Jember, menemukan bahwa waktu konversi sputum pada penderita dengan DM lebih lama dibandingkan dengan penderita tanpa DM ($p = 0,015$; OR = 2,604; 95% CI). Keterlambatan waktu konversi sputum mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap faktor-faktor yang dapat memengaruhi efektivitas pengobatan, seperti tingkat keparahan penyakit, kontrol glikemik yang buruk, atau faktor lain yang dapat memengaruhi respons tubuh terhadap terapi anti-TBC.

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4.5, diperoleh bahwa kontrol glikemik memiliki hubungan yang bermakna dengan status konversi sputum pada penderita tuberkulosis (TBC)

dengan komorbid diabetes mellitus (DM), dengan nilai $p = 0,029$ berdasarkan uji *Fisher's Exact* ($p < 0,05$). Korelasi *Spearman* menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat dengan nilai rho sebesar 0,784. Selain itu, nilai *Odds Ratio* (OR) sebesar 3,0 menunjukkan bahwa penderita dengan kontrol glikemik buruk memiliki risiko tiga kali lebih besar untuk tetap sputum positif dibandingkan penderita dengan kontrol glikemik baik.

Hasil penelitian ini konsisten dengan teori yang menyatakan bahwa kontrol glikemik yang buruk dapat memperburuk respons imun terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Hiperglikemia kronik pada penderita diabetes mellitus (DM) menyebabkan gangguan fungsi sel imun, termasuk makrofag dan limfosit T, yang berperan penting dalam pengendalian infeksi TBC. Selain itu, kadar glukosa darah yang tinggi menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri, sehingga memperlambat eliminasi basil TBC dari jaringan paru-paru.

Dalam kondisi stres infeksi kronik seperti TBC, kadar hormon stres (seperti *kortisol* dan *adrenalin*) meningkat, yang selanjutnya memperburuk hiperglikemia pada penderita DM. Lebih lanjut, beberapa obat anti-tuberkulosis, seperti rifampisin, dapat mengganggu efektivitas obat hipoglikemik, sehingga semakin sulit untuk mengendalikan kadar glukosa darah.

Penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya oleh Sari *et al.*, (2023), yang menemukan hubungan signifikan antara kontrol glikemik dengan keberhasilan pengobatan TBC pada penderita TBC dengan komorbid DM. Hasil uji statistik menunjukkan nilai $p = 0,012$ dengan rasio prevalensi 3,958, yang mengindikasikan bahwa penderita dengan kontrol glikemik buruk memiliki risiko ketidakberhasilan pengobatan anti-TBC tiga kali lebih besar dibandingkan dengan penderita yang memiliki kontrol glikemik baik. Penelitian lainnya oleh Dela Septa (2023) di RS Umum Bhayangkara R. Said Sukanto, Jakarta, juga menunjukkan hubungan signifikan antara kontrol glikemik dengan konversi sputum BTA, dengan nilai p sebesar 0,00 ($p < 0,05$).

Menurut Yulson *et al.*, (2024), kadar glukosa darah yang tidak terkontrol dapat mengganggu respons imun tubuh terhadap infeksi TBC, memperlambat eliminasi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, dan meningkatkan kegagalan terapi. Secara fisiologis, hiperglikemia kronis yang terjadi pada pasien DM dapat menyebabkan disfungsi makrofag dan neutrofil dalam membunuh bakteri TBC, serta menghambat proses fagositosis dan apoptosis sel yang terinfeksi. Akibatnya, penderita dengan kontrol glikemik buruk lebih rentan mengalami keterlambatan dalam konversi sputum dibandingkan dengan penderita yang memiliki kontrol glikemik baik. Selain itu, kadar glukosa darah yang tinggi juga dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri serta meningkatkan peradangan kronis, yang berkontribusi pada progresivitas penyakit TBC.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang dilakukan, maka dapat dikemukakan kesimpulan sebagai berikut: sebagian besar penderita tuberkulosis dengan komorbid diabetes mellitus memiliki kontrol glikemik yang baik, yaitu sebanyak 12 orang (80%), sementara 3 orang (20%) memiliki kontrol glikemik yang buruk. Berdasarkan status sputum, mayoritas penderita mengalami konversi sputum menjadi negatif sebanyak 13 orang (86,7%), sedangkan 2 orang (13,3%) masih menunjukkan sputum yang belum terkonversi. Rata-rata waktu konversi sputum pada penderita dengan kontrol glikemik baik adalah 54,17 hari, lebih cepat dibandingkan dengan penderita yang memiliki kontrol glikemik buruk, yaitu 71 hari. Hasil uji *Fisher's exact* menunjukkan nilai $p = 0,029$ ($p < 0,05$), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat hubungan yang signifikan antara kontrol glikemik dan keberhasilan konversi sputum pada penderita tuberkulosis dengan komorbid diabetes mellitus..

SARAN

Dengan tercapainya hasil penelitian ini, maka disarankan kepada penderita TBC komorbid DM agar lebih disiplin dalam mengontrol kadar glukosa darah, menjalani terapi DM dan TBC dengan baik, serta menerapkan pola hidup sehat guna meningkatkan peluang kesembuhan yang lebih cepat. Kepada peneliti selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih besar dengan durasi waktu yang cukup dan mempertimbangkan faktor lain yang dapat mempengaruhi konversi sputum, seperti kepatuhan terhadap pengobatan, status gizi dan faktor sosial ekonomi

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang Telah memberikan kesehatan dan kekuatan untuk mengerjakan semuanya dengan baik dan kepada orangtua beserta keluarga tercinta yang selalu memberi semangat. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada : Bapak Rusli, Sp, FRS, Apt selaku Direktur Poltekkes Kemenkes Makassar, Bapak Rahman, S.Si, M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Ibu Hj. Syahida Djasang, SKM, M.MKes, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis dan Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I, Ibu Maulia Hardian Hayati, S.Tr.Kes., M.Imun selaku pembimbing II dan Ibu Hasnawati, S.Si., M.Kes selaku Penguji.

DAFTAR PUSTAKA

- Restrepo, B. I. 2024. Diabetes and Tuberculosis. *Microbiology Spectrum*, 4(6). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.TNMI7-0023-2016>
- Sari *et al.*, 2023. *Kadar Glukosa Darah Sebagai Determinan Tatalaksana Penderita Tuberkulosis Dengan Komorbid Diabetes Mellitus Tipe-2*. *Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan* Vol. 14 No. 1 (2023) 332-337.
- Santoso, R., Husin, U. A., & Hartati, J. 2025. *Pola resistensi obat tuberkulosis pada penderita TB paru dengan komorbid DM di Bandung pada tahun 2022–2024*. *Bandung Conference Series: Medical Science*, 5(1). <https://doi.org/10.29313/bcsms.v5i1.17828>
- Syahza, A., 2021. *Metodologi Penelitian*. Edisi Revisi. Pekanbaru: UR Press.
- Tarigan, T., *et al.*, 2020. *Endokrinologi dalam Praktik Sehari-hari*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Wahiduddin *et al.*, 2019. *Kendali Glikemik pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 dengan dan tanpa Tuberkulosis Paru*. *Jurnal MKMI*, Vol.15 No. 1, Maret 2019. <http://dx.doi.org/10.30597/mkmi.v15i1.5292>
- World Health Organization. 2021. Social determinants of health. Diakses dari <https://www.who.int/health-topics/social-determinants-of-health>
- World Health Organization. 2021. Collaborative framework for care and control of tuberculosis and diabetes. Geneva: WHO. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241502252>
- World Health Organization, 2024. *Global Tuberculosis Report 2024*. Geneva: World Health Organization. ISBN 978-92-4-010153-1.
- Yahya, N., 2021. *Hidup Sehat dengan Diabetes*. Solo: Tiga Serangkai Pustaka.
- Yulson, *et al.*, 2024. *Hubungan Kadar HBA1C dengan Konversi BTA Sputum pada Penderita Tuberkulosis Paru dengan Komorbid Diabetes Mellitus Tipe II*. *Scientific Journal Science*, 3(4). <https://doi.org/10.56260/sciena.v3i4>



KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN

POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MAKASSAR

Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46, Rappocini, Makassar

E-mail: kepkipolkesmas@poltekkes-mks.ac.id



KETERANGAN LAYAK ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION
"ETHICAL EXEMPTION"
No.: 0254/M/KEPK-PTKMS/II/2025

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti Utama : Hasan
Principal in Investigator

Nama Institusi : Aliah Jenjang Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar
Name of the Institution

Dengan Judul:
Title

"Studi Kontrol Glikemik dengan Status Konversi Sputum pada Penderita Tuberkulosis dengan Komorbid Diabetes Mellitus"

"Glycemic Control Study with Sputum Conversion Status in Tuberculosis Patients with Comorbid Diabetes Mellitus"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Layak Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 28 Februari 2025 sampai dengan tanggal 28 Februari 2026.

Declaration of ethics applies during the period February 28, 2025 until February 28, 2026.



February 28, 2025
Professor and Chairperson,

HI. Santi Sinala, S.Si, M.Si, Apt
Ketua KEPK Poltekkes Makassar

**FORMULIR PERSETUJUAN SETELAH PENJELASAN
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini :

Nama : Tadjudin
Umur : 48 Tahun
Jenis Kelamin : Laki - laki
Alamat : Lungkasan Batang Mela Sapa
Nomor Tlp.Wa : -

Dengan ini menyatakan bersedia untuk berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian yang akan dilaksanakan oleh:

Nama : Hasan
NIM : PO714203232015
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Kementerian Kesehatan Medik Poltekkes Makassar
Judul Penelitian : Studi Kontrol Glikemik Dengan Status Konversi Sputum Pada Penderita Tuberkulosis Dengan Komorbid Diabetes Mellitus

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah mendapatkan penjelasan secara rinci dan jelas mengenai tujuan, prosedur, manfaat, resiko serta hak – hak saya sebagai partisipan dalam penelitian ini.

Penjelasan yang telah saya terima meliputi hal – hal sebagai berikut:

1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kontrol glikemik dengan waktu konversi sputum pada penderita Tuberkulosis (TBC) yang memiliki komorbid Diabetes Mellitus (DM). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi lebih lanjut mengenai pengaruh kadar glukosa darah terhadap proses penyembuhan TBC

2. Prosedur Penelitian

Sebagai peserta penelitian, saya memahami bahwa saya akan menjalani beberapa prosedur sebagai berikut :

- a. Pengambilan data riwayat kesehatan, termasuk riwayat TBC dan DM
- b. Pengukuran kadar glukosa darah puasa
- c. Pemeriksaan sputum (dahak) untuk melihat konversi sputum diakhir fase intensif pengobatan TBC
- d. Semua prosedur yang dilakukan merupakan bagian dari standar pelayanan kesehatan yang biasa dilakukan

3. Manfaat Penelitian

- a. Membantu saya dalam memantau kadar glukosa darah dan perkembangan pengobatan TBC

- b. Memberikan kontribusi bagi peningkatan kualitas pelayanan kesehatan khususnya pada penderita TBC dengan komorbid DM

4. Risiko dan ketidaknyaman

- a. Pengambilan darah dapat menimbulkan rasa nyeri ringan atau lebam diarea bekas suntikan
- b. Pengambilan sputum mungkin menimbulkan ketidaknyamanan

5. Kerahasiaan Data

Saya memahami bahwa semua informasi yang diperoleh dari saya akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian ini. Identitas saya tidak akan dicantumkan dalam laporan hasil penelitian

6. Hak Partisipan

- a. Saya berhak untuk menolak atau mengundurkan diri kapan saja dari penelitian ini tanpa konsekuensi apapun atau mempengaruhi pelayanan kesehatan yang saya terima
- b. Saya berhak bertanya dan memperoleh penjelasan lebih lanjut sebelum memberikan persetujuan

7. Pernyataan Persetujuan

Setelah saya membaca dan memahami penjelasan diatas, saya dengan sukarela memberikan persetujuan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.

Makassar, 11 maret, 2025

Saksi - Saksi

Peneliti

Yang membuat pernyataan

Tanda tangan

Tanda tangan

Tanda tangan

(.....)
Nama jelas

(.....)
Nama jelas

(.....)
Nama jelas

(.....)
Nama jelas