

Analisa Efektifitas Biaya (AEB) Hiperbatik Oksigen Terapi (HBOT) Sebagai Terapi Penunjang pada Pasien *Diabetic Foot Ulcer* (DFU) di RS Paru Jember

Cost-Effectiveness Analysis (CEA) of Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy to Standard Wound Care Alone in Diabetic Foot Ulcer (DFU)

Herdian Pradana¹, Afifah Machlaurin^{2*}, Ayik Rosita Puspaningtyas³, Fifteen Aprila Fajrin⁴, Ainur Rokhmah⁵

^{1,2,3,4}Universitas Jember, Kalimantan street 1 No.2, Jember 68121, Indonesia. humas@unej.ac.id

⁵Jember Chest Hospital, Nusa Indah street No.28, Jember 68118, Indonesia. rspjember@jatimprov.go.id
(afifa.machlaurin.farmasi@unej.ac.id)

Abstrak

Latar belakang: *Diabetic foot ulcer* (DFU) merupakan komplikasi kronik diabetes melitus yang membutuhkan biaya perawatan tinggi dan berisiko menimbulkan amputasi. Hiperbarik oksigen terapi (HBOT) digunakan sebagai terapi adjuvan untuk meningkatkan penyembuhan luka DFU, namun bukti mengenai efektifitas biaya penggunaannya di Indonesia masih terbatas. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan menganalisis efektifitas biaya HBOT dibandingkan terapi standar pada pasien DFU di RS Paru Jember. **Metode:** Penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan desain retrospektif yang melibatkan 80 pasien DFU pada periode Januari 2024 hingga September 2025, yang terdiri atas 37 pasien yang menerima terapi standar dengan HBOT dan 43 pasien yang menerima terapi standar tanpa HBOT. **Hasil:** *Outcome* klinis yang dianalisis meliputi kondisi luka, status nyeri, durasi kesembuhan, dan kejadian amputasi. Analisis biaya dilakukan dari perspektif rumah sakit menggunakan biaya langsung medis, sedangkan analisis efektifitas biaya dilakukan dengan pendekatan *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok HBOT memiliki proporsi luka sembuh yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-HBOT (21,62% vs 4,63%) serta proporsi luka memburuk yang lebih rendah (2,7% vs 20,93%) dengan perbedaan yang bermakna secara statistik ($p=0,001$). Rerata total biaya perawatan pada kelompok HBOT lebih rendah dibandingkan kelompok non-HBOT (Rp11.737.388 vs Rp14.177.692), meskipun perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p=0,118$). Analisis ICER menunjukkan nilai negatif pada seluruh *outcome* yang dievaluasi, termasuk luka sembuh, perbaikan nyeri, kesembuhan dalam waktu ≤ 6 bulan, dan pencegahan amputasi, yang menunjukkan adanya penghematan biaya. **Kesimpulan:** HBOT sebagai terapi adjuvan pada pasien DFU memberikan efektifitas klinis yang lebih baik dengan biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan terapi standar saja, sehingga bersifat *cost-effective* dan berpotensi menjadi intervensi yang efektif serta efisien dalam penatalaksanaan DFU.

Kata kunci: *Diabetic Foot Ulcer*; Hiperbarik Oksigen Terapi; Analisis Efektifitas Biaya; ICER.

Abstract

Background: *Diabetic foot ulcer* (DFU) is a chronic complication of diabetes mellitus that is associated with high treatment costs and an increased risk of amputation. Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) has been used as an adjunctive therapy to improve wound healing, yet evidence regarding its cost-effectiveness in Indonesia remains limited. **Aim:** This study aimed to evaluate the cost-effectiveness of HBOT compared with standard care in patients with DFU. **Method:** A retrospective observational analytic study was conducted involving 80 DFU patients treated at RS Paru Jember between January 2024 and September 2025, consisting of 37 patients receiving standard care with HBOT and 43 patients receiving standard care without HBOT. **Result:** Clinical outcomes assessed included wound status, pain status, duration of healing, and incidence of amputation. Cost analysis was performed from the hospital perspective using direct medical costs, and cost-effectiveness was evaluated using the *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER). The results showed that the HBOT group had a significantly higher proportion of wound healing compared with the non-HBOT group (21.62% vs 4.63%) and a lower rate of wound deterioration (2.7% vs 20.93%) ($p=0.001$). Although the mean total treatment cost was lower in the HBOT group than in the non-HBOT group (IDR 11,737,388 vs IDR 14,177,692), the difference was not statistically significant ($p=0.118$). ICER analysis demonstrated negative values for all evaluated outcomes, including wound healing, pain improvement, healing within six months, and prevention of amputation, indicating cost savings. **Conclusion:** HBOT as an adjunctive therapy for DFU provides better clinical outcomes with lower overall treatment costs and may be considered a cost-effective and economically favorable intervention.

Keywords: *Diabetic Foot Ulcer*; Hyperbaric Oxygen Therapy; Cost-Effectiveness Analysis; ICER.

*Corresponding author: Afifah Machlaurin, Universitas Jember, Jember, Indonesia

E-mail : afifa.machlaurin.farmasi@unej.ac.id

Doi : 10.35451/8z370a41

Received : January 7, 2026, Accepted: April 26, 2026, Published: April 30, 2026

Copyright: © 2026 Afifah Machlaurin (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Diabetic Foot Ulcer (DFU) merupakan salah satu dari sekian banyak komplikasi yang diakibatkan diabetes melitus (DM) yang menjadi penyebab utama kecacatan dengan jumlahnya yang diperkirakan sebesar 6,4% dari populasi DM secara global yang dimana Asia menyumbang angka prevalensi sebesar 5,5% [1,2]. Penderita DFU pada DM yang tidak terkontrol dapat meningkatkan resiko terjadinya amputasi, baik mayor maupun minor sebanyak 50-70% [3,4]. Kejadian amputasi dapat dicegah dengan cara memberikan penanganan luka yang baik dengan terapi standar yang meliputi pencegahan atau pengendalian kejadian infeksi, revaskularisasi dan terapi debridemen [5,6,7]. Namun penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan terapi standar saja kejadian amputasi masih tergolong tinggi, yaitu sebesar 20%-70% pada pasien DFU [8].

Secara global, perawatan DFU dan amputasi diperkirakan menelan biaya hingga 10,9 miliar USD per tahun, menjadikannya salah satu penyebab terbesar pengeluaran dalam manajemen diabetes. Beban ekonomi ini terutama disebabkan oleh tingginya kebutuhan rawat inap, penggunaan terapi luka berulang, prosedur pembedahan, manajemen infeksi, serta tingginya angka amputasi [9,10]. Di rumah sakit rujukan nasional di Jakarta, biaya total perawatan DFU dengan infeksi berat dapat mencapai 60–70 juta rupiah per pasien, dengan kasus amputasi menimbulkan pengeluaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan pasien tanpa amputasi [11,12]. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa DFU bukan hanya ancaman klinis, tetapi juga masalah ekonomi serius sehingga diperlukan intervensi yang efektif dan efisien. *Hyperbaric Oxygen Therapy* (HBOT) merupakan salah satu terapi tambahan yang bisa diberikan pada penderita DFU untuk membantu penyembuhan luka dan mencegah amputasi. Pemberian HBOT pada pasien DFU terbukti mampu mempercepat penyembuhan luka dan mencegah terjadinya amputasi minor maupun mayor secara signifikan [3,13,14,15]. Penelitian sebelumnya menunjukkan pemberian HBOT memberi hasil *cost-effective* dan dapat menurunkan total biaya pada pasien DFU untuk pengobatan jangka panjang [16,17]. Penelitian di Kanada dan USA menunjukkan bahwa pemberian HBOT pada pasien DFU dapat menurunkan biaya sebanyak CND\$9.091 dan peningkatan kualitas hidup sebesar 0,63 selama 12 tahun [18]. Berlawanan dengan hasil diatas, di India pemberian HBOT pada pasien DFU tidak direkomendasikan dikarenakan biaya pelayanan HBOT yang terlalu mahal [19].

Berdasarkan latar belakang di atas penting untuk mengevaluasi aspek farmakoekonomi dari pemberian HBOT pada pasien DFU. RS Paru Jember yang merupakan satu-satunya rumah sakit yang memiliki fasilitas HBOT dan menjadi pelayanan unggulan untuk masyarakat Kabupaten Jember, Bondowoso, Banyuwangi dan Situbondo. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *Cost-Effectiveness Analysis* (CEA) *Hyperbaric Oxygen Therapy* (HBOT) pada pasien *diabetic foot ulcer* di RS Paru Jember

2. METODE

Populasi dan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah semua pasien rawat jalan dan rawat inap yang terdiagnosa DFU di RS Paru Jember pada Januari 2024 – September 2025. Kriteria inklusi meliputi data pasien tersedia di e-rekam medik, pasien dengan diagnosa utama DFU (E11.5) dan pasien yang menerima terapi standar dengan atau tanpa HBOT. Kriteria eksklusi meliputi pasien HBOT yang memiliki nilai hemoglobin < 7 g/dL, kunjungan total < 4 kali di semua unit dan pasien yang hanya menerima terapi HBOT. Penelitian ini menyertakan surat persetujuan kode etik dengan nomor 2976/UN25.8/KEPK/DL/2025 dari Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Prosedur

Penelitian ini adalah studi farmakoekonomi yang didesain secara *cross-sectional* dengan pengambilan data secara retrospektif melalui penelusuran data sekunder yaitu data rekam medik dan catatan pembayaran. Analisis penelitian ini menggunakan sudut pandang rumah sakit. Pencatatan data meliputi nama pasien, nomer rekam medik, umur, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, pekerjaan, pendidikan, status pembiayaan, lama DFU, riwayat penyakit, penyakit komorbid, hasil laboratorium, anamnesis, CPPT, terapi, skala nyeri dan biaya

perawatan. *Outcome* yang dilihat digolongkan lagi menjadi kategori kondisi luka, kejadian nyeri, durasi kesembuhan dan tindakan amputasi.

Analisa Data

Analisis deskriptif dilakukan dengan menggunakan *spreadsheet Microsoft Excel 2016* dan yang akan ditampilkan dalam bentuk tabel frekuensi dan persentase digunakan untuk menggambarkan profil data yang sudah dikumpulkan. Data pasien yang menerima terapi HBOT dan terapi standar kemudian dianalisa menggunakan SPSS dengan uji *Independent t test*, *Chi-square* dan *Mann-whitney* untuk mengetahui hubungan HBOT dan Non-HBOT dengan tiap variabel. Data tersebut kemudian dianalisa dan dibandingkan secara *cost-effectiveness* dengan melihat nilai *Incremental Cost-Effective Ratio (ICER)* dan analisa kuadran sehingga dapat diketahui manakah terapi yang paling optimal. ICER adalah rasio perbedaan antara biaya dua alternatif dengan perbedaan efektifitas yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [20]:

$$ICER = \frac{Cost A - Cost B}{Effect A - Effect B} \quad (1)$$

Rumus. (1). Perhitungan ICER

3. HASIL

Penelitian ini melibatkan 80 pasien *diabetic foot ulcer (DFU)* yang memenuhi kriteria inklusi selama periode Januari 2024 hingga September 2025 di RS Paru Jember. Subjek penelitian terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok yang menerima terapi standar disertai hiperbarik oksigen terapi (HBOT) sebanyak 37 pasien dan kelompok yang hanya menerima terapi standar sebanyak 43 pasien (Gambar 1). Rata-rata usia subjek adalah 62±10,82 tahun, dengan proporsi perempuan lebih dominan (61,25%). Tidak terdapat perbedaan bermakna antara kelompok HBOT dan non-HBOT pada variabel usia, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, pekerjaan, maupun tingkat pendidikan (seluruh p>0,05), sehingga kedua kelompok dinilai homogen secara sosiodemografi (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter Sosiodemografi Pasien DFU di RS Paru Jember.

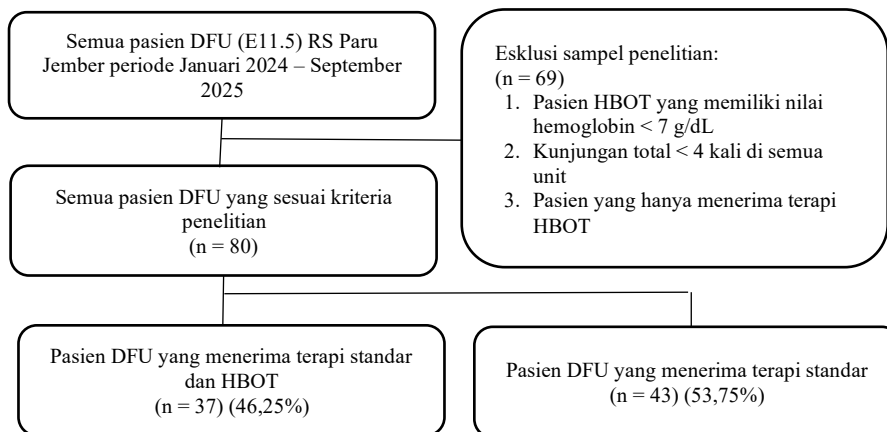
| Karakteristik Individu | Data Total (n=80) | HBOT (n=37) | Non-HBOT (n=43) | p-value |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Usia (thn) (mean±SD) | 62±10,82 | 61±11,38 | 64±10,12 | 0,380 ^(a) |
| Berat Badan (kg) (mean±SD)* | 54,82±12,93 (n=64) | 55,21±12,79 (n=26) | 54,59±12,82 (n=38) | 0,231 ^(b) |
| Tinggi Badan (cm) (mean±SD) * | 156,82±6,92 (n=63) | 158,20±7,23 (n=25) | 155,97±6,56 (n=38) | 0,202 ^(a) |
| Jenis Kelamin (n,%) | | | | |
| Laki-Laki | 31(38,75%) | 16(43,24%) | 15(34,88%) | 0,444 ^(c) |
| Perempuan | 49(61,25) | 21(56,76%) | 28(65,12%) | |
| Pekerjaan (n,%) | | | | |
| Tidak Bekerja | 29(36,25%) | 13(35,14%) | 16(37,21%) | 0,143 ^(c) |
| Karyawan | 20(25%) | 6(16,22%) | 14(32,56%) | |
| Wirausaha | 31(38,75%) | 18(48,65%) | 13(30,23%) | |
| Pendidikan (n,%) | | | | |
| Tidak Sekolah | 5(6,25%) | 0(0%) | 5(11,63%) | 0,127 ^(b) |
| Dasar | 28(35%) | 13(35,14%) | 15(34,88%) | |
| Menengah Pertama | 7(8,75%) | 2(5,41%) | 5(11,63%) | |
| Menengah Atas | 30(37,5%) | 17(45,95%) | 13(30,23%) | |
| Strata I | 10(12,5%) | 5(13,51%) | 5(11,63%) | |

*: nilai jumlah sampel berbeda HBOT: *Hyperbaric Oxygen Therapy*

^(a): hasil analisa *independent t-test* SD : Standar Deviasi

^(b): hasil analisa *Mann-whitney*

^(c): hasil analisa *Chi-square*



Gambar. 1. Study Flow.

Sebagian besar pasien memiliki durasi DFU ≤ 6 bulan (63,75%), dan tidak terdapat perbedaan bermakna antara kedua kelompok ($p=0,462$). Nilai parameter laboratorium, meliputi kadar hemoglobin, gula darah sewaktu, jumlah leukosit, dan laju endap darah, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok HBOT dan non-HBOT ($p>0,05$). Riwayat debridemen, amputasi, serta penyakit penyerta seperti hipertensi, hiperlipidemia, dan gangguan kardiovaskular juga tidak berbeda secara bermakna antar kelompok. Namun, proporsi pasien yang menjalani perawatan rawat inap lebih tinggi pada kelompok non-HBOT dibandingkan kelompok HBOT (83,72% vs 62,16%), dan perbedaan ini bermakna secara statistik ($p=0,029$) (Tabel 2).

Tabel 2. Parameter Klinis Pasien DFU di RS Paru Jember.

| Karakteristik Individu | Data Total (n=80) | HBOT (n=37) | Non-HBOT (n=43) | p-value |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Durasi DFU (n,%) | | | | |
| ≤ 6 Bulan | 51(63,75%) | 22(59,46%) | 29(67,44%) | 0,462 ^(b) |
| > 6 bulan | 29(36,25%) | 15(40,54%) | 14(32,56%) | |
| Laboratorium (mean±SD) | | | | |
| Hemoglobin (g/dL)* | 10,39±2,77 (n=69) | 9,81±2,47 (n=28) | 10,79±2,88 (n=41) | 0,153 ^(b) |
| Gula Darah Sewaktu (mg/dL)* | 220,43±95,3 (n=61) | 212,46±63,5 (n=24) | 225,59±110,9 (n=37) | 0,734 ^(b) |
| Leukosit (10 ³ /μL)* | 14,01±7,85 (n=69) | 14±7,57 (n=28) | 14,03±8,04 (n=41) | 0,146 ^(b) |
| Laju Endap Darah (mm/jam)* | 79,48±41,71 (n=62) | 88,11±41,71 (n=27) | 72,83±39,71 (n=35) | 0,175 ^(b) |
| Riwayat Debridemen (n,%) | | | | |
| Tidak | 56(70%) | 25(67,57%) | 31(72,09%) | 0,660 ^(c) |
| Ya | 24(30%) | 12(32,43%) | 12(27,91%) | |
| Riwayat Amputasi (n,%) | | | | |
| Tidak | 65(81,25%) | 28(75,68%) | 37(86,05%) | 0,290 ^(c) |
| Minor | 12(15%) | 8(21,62%) | 4(9,3%) | |
| Mayor | 3(3,75%) | 1(2,7%) | 2(4,65%) | |
| Riwayat Penyakit (n,%) | | | | |
| Hipertensi | 29(49,15%) | 10(47,62%) | 19(50%) | 0,111 ^(c) |
| Hiperlipidemia | 13(22,03%) | 4(19,05%) | 9(23,68%) | 0,221 ^(c) |
| Kardiovaskular | 6(10,17%) | 1(4,76%) | 5(13,16%) | 0,139 ^(c) |
| Infeksi berat | 5(8,47%) | 3(14,29%) | 2(5,26%) | 0,585 ^(c) |
| Lain-lain | 6(10,17%) | 3(14,29%) | 3(7,89%) | 0,428 ^(c) |
| Intensitas Rawat Luka (mean±SD) | | | | |
| Luka Kecil | 3,43±4,08 | 2,89±2,93 | 3,88±4,81 | 0,817 ^(b) |

| | | | | |
|--|------------|---|------------|----------------------------|
| Luka Sedang | 1,34±2,28 | 0,95±1,56 | 1,67±2,71 | 0,287 ^(b) |
| Luka Besar | 0,35±1,37 | 0,41±1,17 | 0,3±1,52 | 0,220 ^(b) |
| Skala Nyeri (0-10) (mean±SD) | | | | |
| Awal | 4,45±1,9 | 4,86±1,87 | 4,09±1,91 | 0,076 ^(b) |
| Akhir | 2,5±2,2 | 2,32±2,05 | 2,65±2,31 | 0,644 ^(b) |
| Penanganan Rawat Inap (n,%) | | | | |
| Tidak | 21(26,25%) | 14(37,84%) | 7(16,28%) | 0,029^(c) |
| Ya | 59(73,75%) | 23(62,16%) | 36(8,72%) | |
| Penyakit Penyerta (n,%) | | | | |
| Gangguan pembuluh darah | 34(28,57%) | 17(27,87%) | 17(29,31%) | 0,563 ^(c) |
| Infeksi | 11(9,24%) | 3(4,92%) | 8(13,79%) | 0,174 ^(c) |
| Kardiovaskuler | 18(15,13%) | 5(8,2%) | 13(22,41%) | 0,074 ^(c) |
| Gagal organ | 6(5,04%) | 3(4,92%) | 3(5,17%) | 0,588 ^(c) |
| Lain-lain | 32(26,89%) | 15(24,59%) | 17(29,31%) | 0,927 ^(c) |
| *: nilai jumlah sampel berbeda | | HBOT : <i>Hyperbaric Oxygen Therapy</i> | | |
| ^(b) : hasil analisa <i>Mann-whitney</i> | | SD : Standar Deviasi | | |
| ^(c) : hasil analisa <i>Chi-square</i> | | | | |

Analisis *outcome* menunjukkan perbedaan bermakna pada kondisi luka antara kedua kelompok ($p=0,001$). Kelompok HBOT memiliki proporsi luka sembuh yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-HBOT (21,62% vs 4,63%), serta proporsi luka memburuk yang lebih rendah (2,70% vs 20,93%). Status nyeri menunjukkan perbaikan yang lebih banyak pada kelompok HBOT dibandingkan non-HBOT (75,68% vs 55,81%), meskipun perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik ($p=0,055$). Tidak terdapat perbedaan bermakna pada kejadian amputasi maupun durasi kesembuhan luka antara kedua kelompok ($p>0,05$) (Tabel 3).

Tabel 3. Analisa Komparasi *Outcome* dan Terapi Pasien DFU di RS Paru Jember.

| Karakteristik Individu | Jumlah (n=80) | HBOT (N=37) | Non-HBOT (N=43) | p-value |
|--------------------------|---------------|-------------|-----------------|----------------------------|
| Kondisi Luka | | | | |
| Luka Memburuk | 10(12,5%) | 1(2,7%) | 9(20,93%) | 0,001^(b) |
| Tidak ada perubahan | 17(21,25%) | 6(16,22%) | 11(25,58%) | |
| Luka Membaik | 43(53,75%) | 22(59,46%) | 21(48,84%) | |
| Luka Sembuh | 10(12,5%) | 8(21,62%) | 2(4,63%) | |
| Status Nyeri | | | | |
| Memburuk | 5(6,25%) | 1(2,7%) | 4(9,3%) | 0,055 ^(b) |
| Tidak Ada Perubahan | 23(28,75%) | 8(21,62%) | 15(34,88%) | |
| Membaik | 52(65%) | 28(75,68%) | 24(55,81%) | |
| Tindakan Amputasi | | | | |
| Tidak terjadi amputasi | 62(77,5%) | 29(78,38%) | 33(76,74%) | 0,822 ^(b) |
| Minor | 8(10%) | 4(10,81%) | 4(9,3%) | |
| Mayor | 10(12,5%) | 4(10,81%) | 6(13,95%) | |
| Durasi Kesembuhan | | | | |
| Tidak Sembuh | 69(86,25%) | 29(78,38%) | 40(93,02%) | 0,075 ^(b) |
| Sembuh ≤ 6 Bulan | 7(8,75%) | 4(10,81%) | 3(6,98%) | |
| Sembuh > 6 Bulan | 4(5%) | 4(10,81%) | 0(0%) | |

^(b): hasil analisa *Mann-whitney*

Rata-rata total biaya perawatan pasien DFU adalah Rp13.049.051±11.718.887. Kelompok HBOT memiliki rerata total biaya yang lebih rendah dibandingkan kelompok non-HBOT (Rp11.737.388±10.351.152 vs

Rp14.177.692±12.670.913), namun perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik (p=0,118). Pada analisis komponen biaya, biaya farmasi pada kelompok HBOT secara signifikan lebih rendah dibandingkan kelompok non-HBOT (p=0,030), sedangkan komponen biaya lainnya seperti laboratorium, radiologi, tindakan operatif, rawat jalan, rawat inap, dan IGD tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna (Tabel 4).

Tabel 4. Annalisa Komparasi Biaya Perawatan dan Terapi Pasien DFU di RS Paru Jember.

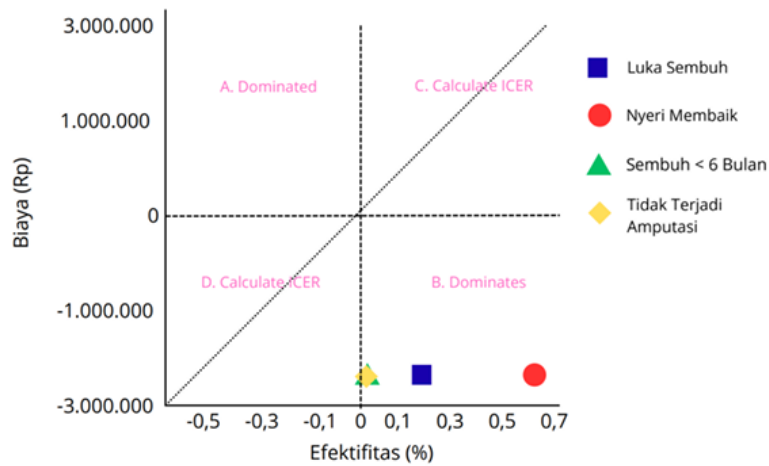
| Rincian Biaya (Rp) (mean±SD) | Total Sampel (n=80) | HBOT (n=37) | Non-HBOT (n=43) | p-value ^(c) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| HBOT | 1.212.973±681.687 | 1.212.973±681.687 | - | |
| Farmasi | 3.873.972±4.763.788 | 3.289.047±3.807.504 | 4.350.073±5.388.579 | 0,030 |
| Laboratorium | 1.424.890±1.767931 | 1.519.629±1.832.254 | 1.357.879±1.734.284 | 0,149 |
| Radiologi | 948.750±1.123.118 | 1.268.333±1.392.750 | 709.063±890.191 | 0,672 |
| OK | 4.674.008±2.994.709 | 4.610.238±2.768.385 | 4.712.270±3.069.727 | 0,188 |
| Rawat Jalan | 1.063.772±1.022.440 | 864.167±770.826 | 1.230.884±1.167.588 | 0,082 |
| Rawat Inap | 3.093.358±2.930.552 | 2.832.979±2.560.171 | 3.266.944±3.178.727 | 0,060 |
| IGD | 450.646±252.243 | 429.000±250.938 | 460.900±267.600 | 0,056 |
| TOTAL | 13.049.051±11.718.887 | 11.737.388±10.351.152 | 14.177.692±12.670.913 | 0,118 |

^(c): hasil analisa *Chi-square*

Hasil analisis *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER) menunjukkan bahwa terapi HBOT menghasilkan biaya yang lebih rendah dengan efektivitas klinis yang lebih tinggi dibandingkan terapi standar tanpa HBOT. Nilai ICER negatif diperoleh pada seluruh parameter biaya dan positif pada seluruh parameter efektifitas, yaitu luka sembuh (-Rp14.380.104; 0,1697), nyeri membaik (-Rp3.761.836; 0,6487), kesembuhan ≤6 bulan (-Rp89.062.177; 0,027), dan tidak terjadinya amputasi (-Rp150.636.028; 0,0162) (Tabel 5). Analisa quadran (Gambar 2) menunjukkan semua variabel berada pada posisi dominan karena nilai biaya < 0 dan nilai efektifitas > 0. (Gambar 2).

Tabel 5. *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER) Interensi HBOT vs Non-HBOT Pasien DFU di RS Paru Jember.

| Outcome | Terapi DFU | Rata-rata Direct Median Cost (Rp) | Efektifitas (%) | Rp | % | ICER |
|------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------|------------|--------|--------------|
| Luka Sembuh | HBOT | 11.737.389 | 0,2162 | -2.440.303 | 0,1697 | -14.380.104 |
| | Non-HBOT | 14.177.692 | 0,0465 | | | |
| Nyeri Membaik | HBOT | 11.737.389 | 0,7568 | -2.440.303 | 0,6487 | -3.761.836 |
| | Non-HBOT | 14.177.692 | 0,5581 | | | |
| Sembuh ≤ 6 Bulan | HBOT | 11.737.389 | 0,0972 | -2.440.303 | 0,0274 | -89.062.177 |
| | Non-HBOT | 14.177.692 | 0,0698 | | | |
| Tidak Terjadi Amputasi | HBOT | 11.737.389 | 0,7836 | -2.440.303 | 0,0162 | -150.636.028 |
| | Non-HBOT | 14.177.692 | 0,7674 | | | |



Gambar 2. Analisa Kuadran Interensi HBOT vs Non-HBOT Pasien DFU di RS Paru Jember

4. PEMBAHASAN

Analisa farmakoekonomi yang digunakan pada penelitian ini adalah CEA, dimana analisa ini banyak digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan untuk memilih terapi yang ada. Hal tersebut bertujuan agar terapi yang diberikan pada pasien merupakan pilihan yang paling efisien sehingga tercipta peningkatan dan penjaminan kesehatan pasien yang optimal [21].

Hasil pengamatan sosiodemografi menunjukkan bahwa kelompok HBOT dan non-HBOT homogen di semua aspek dengan usia rata-rata 62 tahun. Hal tersebut menunjukkan bahwa DFU merupakan manifestasi dari komplikasi diabetes mellitus yang merupakan penyakit degeneratif. Penelitian ini mengelompokkan Ibu Rumah Tangga (IRT) dan pensiunan sebagai kategori “tidak bekerja”, sehingga berkurangnya mobilitas harian menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya DFU [22,23]. Indonesia telah menerapkan penjaminan kesehatan untuk seluruh masyarakat di semua kalangan, namun sampai saat ini HBOT tidak termasuk dalam klaim sehingga pasien harus mengeluarkan biaya secara pribadi untuk bisa menerima terapi HBOT yang berpengaruh pada profil pekerjaan kelompok HBOT yang didominasi oleh wirausaha [24].

Pemeriksaan pendukung yang dapat digunakan pada penderita DFU dan termasuk dalam penelitian ini adalah hemoglobin, gula darah sewaktu (GDS), leukosit dan laju endap darah (LED). Nilai rata-rata GDS menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki nilai diatas batas normal (Tabel 2), sedangkan diabetes pada pasien tidak terkontrol dan dapat mempengaruhi kesembuhan DFU [25]. Pemeriksaan hemoglobin juga menunjukkan bahwa nilai rata-rata kedua kelompok dibawah batas normal, hal tersebut dapat diartikan bahwa penderita DFU pada kedua kelompok memiliki tingkat keparahan yang lebih tinggi [26]. Terakhir, leukosit dan LED kedua kelompok menunjukkan nilai rata-rata diatas batas normal, hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi luka pada kedua kelompok mengalami infeksi dan kondisi inflamasi yang tinggi [27].

Outcome kesembuhan luka yang bermakna signifikan pada penelitian ini menunjukkan bahwa HBOT memberikan efek dalam membantu kesembuhan luka pada pasien DFU yang didukung oleh penelitian terdahulu yang mengatakan hal serupa [15,28,29]. HBOT juga secara tidak langsung dapat membantu mencegah atau memperbaiki beberapa komplikasi lain yang dapat memperparah kondisi DFU seperti iskemia dan infeksi dengan cara meningkatkan *angiogenesis*, mengoptimalkan kerja leukosit dan menghambat pertumbuhan bakteri anaerob [30,31]. Sedangkan pada variabel Status nyeri, kejadian amputasi dan durasi kesembuhan tidak bermakna signifikan. Meskipun demikian perlu diperhatikan juga kondisi nyeri memburuk kelompok HBOT lebih sedikit, nyeri membaik kelompok HBOT yang lebih banyak dan luka tidak sembuh kelompok HBOT yang lebih sedikit menunjukkan bahwa HBOT memberikan dampak positif. Ketiga aspek tersebut masih memungkinkan untuk ditingkatkan mengingat rata-rata jumlah kunjungan HBOT terbanyak antara 4-7 kali sesi. Penelitian lain menunjukkan bahwa rekomendasi pemberian HBOT setidaknya 20 kali sesi pada DFU dapat memberikan kesembuhan luka, kejadian amputasi dan menurunkan derajat nyeri yang bermakna [32,33].

Menurut analisa biaya perawatan pasien pada penelitian ini, biaya yang menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) adalah biaya farmasi, namun secara keseluruhan kelompok HBOT dapat menghemat biaya 17,21% jika dibandingkan dengan non-HBOT. Penelitian lain menyebutkan bahwa penggunaan HBOT dapat menghemat biaya terapi keseluruhan selama 12 tahun [18]. Hasil analisa ICER menunjukkan bahwa kelompok HBOT berada pada posisi dominan sehingga HBOT direkomendasikan diberikan untuk pasien DFU. Kelompok HBOT menunjukkan total biaya yang lebih rendah dan efek yang lebih bagus jika dibandingkan dengan Non-HBOT. Hal tersebut dapat ditegaskan dengan kelompok HBOT memiliki kesembuhan yang lebih tinggi dan kasus rawat inap lebih rendah sehingga menyebabkan menurunnya biaya farmasi yang berdampak langsung terhadap analisa CEA pada penelitian ini.

Keterbatasan pertama yang terdapat pada penelitian ini adalah jumlah sampel pada variabel berat badan, tinggi badan dan pemeriksaan laboratorium memiliki jumlah sampel yang berbeda (Tabel 1; 2), hal tersebut disebabkan karena beberapa pasien tidak dilakukan pemeriksaan pada variabel tersebut dan peneliti memutuskan untuk tetap memasukkan dalam kategori penelitian dengan alasan tidak menimbulkan bias pada hasil penelitian. Kedua, penelitian ini tidak melihat HBOT diberikan sebelum atau sesudah tindakan tertentu, misalnya debridemen dan amputasi sehingga tidak memungkinkan untuk dijadikan pertimbangan lain untuk menilai *outcome*. Ketiga, penelitian ini hanya menilai *direct medical cost* dan tidak menghitung biaya lain yang dikeluarkan pasien diluar RS karena model penelitian ini dilakukan secara *retrospective* berdasarkan data rekam medic [34,35].

Analisa farmakoekonomi lain yang lebih kompleks seperti *cost-utility analysis* (CUA) disarankan untuk dilakukan karena dapat memberikan hasil yang sangat dibutuhkan bagi pasien, rumah sakit atau *healthcare provider* untuk pengambilan keputusan pemberian HBOT. Selain itu penelitian durasi yang lebih panjang disarankan untuk dilakukan karena peneliti menduga bahwa semakin lama HBOT diberikan pada pasien DFU, semakin besar juga dampak yang akan diberikan pada aspek *outcome* dan biaya

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Analisa Efektifitas Biaya (AEB) Hiperbarik Oksigen Terapi (HBOT) sebagai terapi penunjang pada pasien *Diabetic Foot Ulcer* (DFU) di RS Paru Jember menunjukkan bahwa HBOT bersifat *cost-effective*, yaitu memberikan efektivitas klinis yang lebih baik dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan terapi standar tanpa HBOT. Dengan demikian, HBOT dapat dianggap sebagai intervensi yang tidak hanya efektif secara klinis tetapi juga efisien secara ekonomi dalam penatalaksanaan pasien DFU.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT yang memberikan semua karunianya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan sebaik mungkin. Peneliti juga mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh dosen pembimbing, penguji dan seluruh staf Universitas Jember yang sudah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Terakhir, ucapan terimakasih peneliti ditujukan kepada pihak RS Paru Jember yang sudah memberikan ijin agar penelitian ini bisa dilaksanakan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tao L, Yuan X. Efficacy and safety of hyperbaric oxygen therapy in the management of diabetic foot ulcers: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J* 2024;21:1–10. <https://doi.org/10.1111/iwj.14507>.
- [2] McDermott K, Fang M, Boulton AJM, Selvin E, Hicks CW. Etiology, Epidemiology, and Disparities in the Burden of Diabetic Foot Ulcers. *Diabetes Care* 2023;46:209–11. <https://doi.org/10.2337/dci22-0043>.
- [3] Laliou RC, Mulder W, Raap RDB, Stolk S, Smit C, Dubois EFL, et al. Hyperbaric oxygen treatment for University of Texas grade 3 diabetic foot ulcers: A retrospective cohort study. *J Wound Care* 2021;30:722–8. <https://doi.org/10.12968/jowc.2021.30.9.722>.
- [4] Narres M, Kvitkina T, Claessen H, Droste S, Schuster B, Morbach S, et al. Incidence of lower extremity amputations in the diabetic compared with the non-diabetic population: A systematic review. *PLoS One* 2017;12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182081>.

- [5] Schaper NC, Netten JJ van, Apelqvist J, Bus SA, Fitridge R, Game F, et al. IWGDF Guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease. *Int Work Gr Diabet Foot* 2023;1–349.
- [6] Hutagalung MBZ, Eljatin DS, Awalita, Sarie VP, Gaby, Sianturi DA, et al. Diabetic Foot Infection (Infeksi Kaki Diabetik). *J CDK* 2019;46:414–8.
- [7] Senneville É, Albalawi Z, van Asten SA, Abbas ZG, Allison G, Aragón-Sánchez J, et al. IWGDF/IDSA Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Diabetes-related Foot Infections (IWGDF/IDSA 2023). *Clin Infect Dis* 2023;1–23. <https://doi.org/10.1093/cid/ciad527>.
- [8] Edmonds M, Manu C, Vas P. The current burden of diabetic foot disease. *J Clin Orthop Trauma* 2021;17:88–93. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2021.01.017>.
- [9] Ouyang H, Yang J, Wan H, Huang J, Yin Y. Effects of different treatment measures on the efficacy of diabetic foot ulcers : a network 2024:1–17. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1452192>.
- [10] Id TW, Id FT, Speck P, Kaambwa B. Economic evaluations considering costs and outcomes of diabetic foot ulcer infections : A systematic review 2020:1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232395>.
- [11] Sauriasari R, Yunir E, Banun A. Heliyon In-hospital costs of diabetic foot infection at a national referral hospital in Jakarta , Indonesia. *Heliyon* 2025;11:e41263. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41263>.
- [12] Untari EK, Andayani TM, Yasin NM, Asdie RH, Program DG, Pharmacy F, et al. Direct Medical Costs of Diabetes and the Foot Ulcer Outpatients in A General Hospital , Yogyakarta 2025;15:80–8. <https://doi.org/10.22146/jmpf.90615>.
- [13] Oley MH, Oley MC, Kepel BJ, Faruk M, Wagiu AMJ, Sukarno I, et al. Hyperbaric Oxygen Therapy for Diabetic Foot Ulcers Based on Wagner Grading: A Systematic Review and Meta-analysis. *Plast Reconstr Surg - Glob Open* 2024;12:E5692. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000005692>.
- [14] Zhang Z, Zhang W, Xu Y, Liu D. Efficacy of hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcers: An updated systematic review and meta-analysis. *Asian J Surg* 2022;45:68–78. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2021.07.047>.
- [15] Sharma R, Sharma SK, Mudgal SK, Jelly P, Thakur K. Efficacy of hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcer, a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Sci Rep* 2021;11:1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81886-1>.
- [16] Abidia A, Laden G, Kuhan G, Johnson BF, Wilkinson AR, Renwick PM, et al. The role of hyperbaric oxygen therapy in ischaemic diabetic lower extremity ulcers: A double-blind randomized-controlled trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;25:513–8. <https://doi.org/10.1053/ejvs.2002.1911>.
- [17] Santema TB, Stoekenbroek RM, Van Steekelenburg KC, van Hulst RA, Koelemay MJW, Ubbink DT. Economic outcomes in clinical studies assessing hyperbaric oxygen in the treatment of acute and chronic wounds. *Diving Hyperb Med* 2015;45:228–34.
- [18] Chuck AW, Hailey D, Jacobs P, Perry DC. Cost-effectiveness and budget impact of adjunctive hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcers. *Int J Technol Assess Health Care* 2008;24:178–83. <https://doi.org/10.1017/S0266462308080252>.
- [19] Meethale Thiruvoth F, Rajasulochana SR, S MK, E S, Sivanantham P, Kar SS. Hyperbaric oxygen therapy as an adjunct to the standard wound care for the treatment of diabetic foot ulcers in Indian patients: a cost utility analysis. *Expert Rev Pharmacoeconomics Outcomes Res* 2022;22:1087–94. <https://doi.org/10.1080/14737167.2022.2085562>.
- [20] Tonin FS, Aznar-Lou I, Pontinha VM, Pontarolo R, Fernandez-Llimos F. Principles of pharmacoeconomic analysis: The case of pharmacist-led interventions. *Pharm Pract (Granada)* 2021;19:1–10. <https://doi.org/10.18549/PharmPract.2021.1.2302>.
- [21] Wouterse B, van Baal P, Versteegh M, Brouwer W. The Value of Health in a Cost-Effectiveness Analysis: Theory Versus Practice. *Pharmacoeconomics* 2023;41:607–17. <https://doi.org/10.1007/s40273-023-01265-8>.
- [22] AlOmeir O, Almuqbil M, Alotaibi NF, Alotaibi FRN, Alnazer WR, Alenazi LK, et al. Prevalence and impact of sociodemographic factors, comorbidities, and lifestyle on diabetes complications among patients with type 2 diabetes in Riyadh. *Sci Rep* 2025;15:1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02559-x>.
- [23] IDF. *IDF Diabetes Atlas 2021*.
- [24] Wiasa IND. *Equitable National Health Insurance Towards Social Welfare. 2022*.

- [25] Bahati R, Kitua D, Selestine L, Mwanga A, Urrio M, Mchele G, et al. Factors influencing the severity of diabetic foot ulcers: a cross-sectional study. *BMC Endocr Disord* 2025;25. <https://doi.org/10.1186/s12902-024-01785-0>.
- [26] Kumar R, Singh SK, Agrawal NK, Kumar U, Kumar S, C S, et al. The Prevalence of Anemia in Hospitalized Patients With Diabetic Foot Ulcer (DFU) and the Relationship Between the Severity of Anemia and the Severity of DFU. *Cureus* 2023;15. <https://doi.org/10.7759/cureus.41922>.
- [27] Coye, Tyler. Suludere M et al. The infected diabetes-related foot: Comparison of erythrocytesedimentation rate/albumin and C-reactive protein/albuminratios with erythrocyte sedimentation rate and C-reactiveprotein to differentiate bone and soft tissue infections 2023.
- [28] Chen HR, Lu SJ, Wang Q, Li ML, Chen XC, Pan BY. Application of hyperbaric oxygen therapy in diabetic foot ulcers: A meta-analysis. *Int Wound J* 2024;21:1–11. <https://doi.org/10.1111/iwj.14621>.
- [29] Hisamuddin N, Ab N, Mohd W, Wan Z, Bajuri MY, Ortho MS, et al. Use of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in chronic diabetic wound - A randomised trial 2019;74:418–24.
- [30] Lin YC, Shih JY, Lin YW, Niu KC, Hong CS, Chen ZC, et al. Hyperbaric Oxygen Therapy Improved Neovascularisation Following Limb Ischaemia—The Role of ROS Mitigation. *J Cell Mol Med* 2024;28:1–11. <https://doi.org/10.1111/jcmm.70310>.
- [31] Oley MH, Oley MC, Wewengkang LAJW, Kepel BJ, Langi FLFG, Setiadi T, et al. Bactericidal effect of hyperbaric oxygen therapy in burn injuries. *Ann Med Surg* 2022;74:103314. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103314>.
- [32] Moreira Da Cruz DL, Oliveira-Pinto J, Mansilha A. the Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers: a Systematic Review With Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials on Limb Amputation and Ulcer Healing. *Int Angiol* 2022;41:63–73. <https://doi.org/10.23736/S0392-9590.21.04722-2>.
- [33] Pasek J, Szajkowski S, Oleś P, Cieślak G. Local Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710548>.
- [34] Turnip NU. Evaluation Of Drug Information Services In Patients With Diabetes Mellitus In Outpatient Installations General Hospital Pharmacy Coal Region. *JURNAL FARMASIMED (JFM)*. 2023 Apr 30;5(2):213-7.
- [35] Sebayang LB, Marbun RA, Kartika D. Efektivitas Kerasionalan Pemberian Antidiabetik Pengobatan Oral Pasien Diabetes Mellitus Pada Usia 30-50 Tahun Tipe 2 Di Rawat Inap Penyakit Dalam Rsud Deli Serdang Lubuk Pakam Tahun 2020. *Jurnal farmasimed (JFM)*. 2021 Apr 29;3(2):74-80.