

ISSN 2541-0644 (PRINT)
ISSN 2599-3275 (ONLINE)

JURNAL

KESEHATAN VOKASIONAL



Departemen Layanan dan Informasi Kesehatan
Sekolah Vokasi
Universitas Gadjah Mada

JKesV
JURNAL KESEHATAN VOKASIONAL

VOLUME
9

NOMOR
1

HALAMAN
1-85

YOGYAKARTA
FEBRUARI 2024

Analisis Tantangan Kesiapan Implementasi Rekam Medis Elektronik di Puskesmas Kota Padang

Analysis of Readiness Challenges for Implementing Electronic Medical Records In Padang City's Health Centers

Sri Siswati¹✉, Tuty Ernawati¹, Muthia Khairunnisa²

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas, Indonesia

²Magister Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Puskesmas merupakan salah satu fasilitas kesehatan yang wajib melaksanakan Rekam Medis Elektronik (RME) paling lambat 31 Desember 2023 melalui Permenkes Nomor 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis. Namun, faktor kesiapan sumber daya manusia menjadi tantangan dalam implementasi.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor dan hambatan yang mempengaruhi kesiapan tenaga kesehatan dalam menerapkan RME di Puskesmas.

Metode: Penelitian ini menggunakan *mixed-method* dengan model *sequential explanatory* dilakukan pada Mei sampai Oktober 2023 di 23 Puskesmas Kota Padang. Pengambilan data kuantitatif dengan *cross-sectional* dilakukan pada 69 sampel, yaitu dokter, perekam medis, dan perawat, sedangkan kualitatif dilakukan terhadap 46 informan, yaitu 23 kepala puskesmas dan 23 perekam medis dengan cara purposive sampling.

Hasil: Tenaga Kesehatan yang siap menerapkan RME hanya 33 orang (47,8%). Faktor Tingkat pendidikan, pengalaman kerja, pengetahuan, dan persepsi berpengaruh signifikan terhadap kesiapan tenaga kesehatan melaksanakan RME. Temuan wawancara mendalam diketahui penyebab belum siap tenaga kesehatan dalam melaksanakan RME adalah kurangnya pengetahuan tentang RME karena pelatihan RME tidak diberikan ke seluruh tenaga kesehatan selain itu keterampilan penggunaan komputer menjadi hambatan utama.

Kesimpulan: Tidak semua tenaga kesehatan siap menerapkan RME karena pelatihan hanya oleh perekam medis sehingga perlu pelatihan serta pendampingan dari dinas kesehatan guna memantau keberhasilan implementasi.

Kata Kunci: Kesiapan; Puskesmas; Rekam Medis Elektronik; Tenaga Kesehatan

ABSTRACT

Background: Public Health Center is one of the health facilities that is required to implement Electronic Medical Records (RME) no later than December 31, 2023 through Permenkes Number 24 of 2022 concerning Medical Records. However, the readiness factor of human resources is a challenge in implementation.

Objective: This study aims to determine the factors and barriers that affect the readiness of health workers in implementing RME at Public Health Center.

Methods: This study used mixed-method with sequential explanatory model conducted from May to October 2023 in 23 health centers in Padang City. Quantitative data collection with cross-sectional was conducted on 69 samples, namely doctors, medical recorders, and nurses, while qualitative was conducted on 46 informants, namely 23 heads of health centers and 23 medical recorders by purposive sampling.

Results: Only 33 health workers (47.8%) were ready to implement RME. Level of education, work experience, knowledge, and perception have a significant effect on the readiness of health workers to implement RME. The findings of in-depth interviews revealed that the cause of the unpreparedness of health workers in implementing RME was a lack of knowledge about RME because RME training was not given to all health workers, besides that computer use skills were the main obstacle.

Conclusion: Not all health workers are ready to implement RME because the training is only by medical recorders, so training and assistance from the health office are needed to monitor the success of implementation.

Keywords: Readiness; Public Health Center; Electronic Medical records; Health professionals

✉ Corresponding author: siswati@ph.unand.ac.id

Diajukan 02 Januari 2024 **Diperbaiki** 30 Januari 2024 **Diterima** 21 Februari 2024

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan sistem informasi saat ini berkembang pesat, salah satunya di bidang kesehatan. Seiring dengan kebutuhan akan informasi digital dalam layanan kesehatan atau *e-health*, Rekam Medis Elektronik (RME) berfungsi sebagai landasan mendasar teknologi informasi kesehatan dalam rangkaian layanan kesehatan (Ahmed *et al.*, 2020). Penerapan RME sebagai strategi pada satu dari enam pilar transformasi kesehatan digital Indonesia akan berfokus pada pengembangan data kesehatan, pengembangan aplikasi layanan kesehatan, dan peningkatan ekosistem teknologi kesehatan berbasis platform (Kemenkes RI, 2021).

Penerapan RME sebagai salah satu strategi juga disorot dalam Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Indonesia tahun 2020-2024 untuk meningkatkan ketepatan waktu dan keakuratan pertukaran data dalam Sistem Informasi Kesehatan (SIK) (Kemenkes RI, 2020). Oleh karena itu, untuk mendukung transformasi kesehatan, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 24 tahun 2022 tentang Rekam Medis menyatakan bahwa fasilitas pelayanan kesehatan, termasuk puskesmas, wajib menerapkan RME dengan prinsip keamanan dan kerahasiaan data dan informasi. Proses transisi dari sistem manual ke elektronik dilakukan paling lambat tanggal 31 Desember 2023 (Kemenkes RI, 2022).

Sebelum mengimplementasikan RME, penilaian kesiapan, sebagai bagian dari pra-implementasi, menjadi persyaratan penting untuk mendukung keberhasilan implementasi (Ghazisaeidi *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2020). Penilaian kesiapan memberikan gambaran akurat tentang tingkat kesiapan fasilitas pelayanan kesehatan dan tenaga kesehatan untuk penerapan sistem baru ini (Abdulai and Adam, 2020). Kesiapan RME dapat didefinisikan sebagai kesiapan fasilitas

kesehatan untuk beradaptasi terhadap perubahan akibat penggunaan layanan teknologi untuk berbagi informasi, peningkatan kualitas dan penyampaian layanan kesehatan, pendidikan kedokteran, penelitian dan *e-learning* (Kiberu, Scott and Mars, 2019).

Pada implementasi RME, tenaga kesehatan harus dipandang sebagai komponen kunci dalam pengembangan EMR karena mereka memainkan peran penting dalam implementasinya (Tubaishat, 2018; Salleh *et al.*, 2021). Ketidaksiapan penerapan RME di fasilitas kesehatan dapat menimbulkan banyak hambatan selama proses penerapan. Hal ini juga dapat menyebabkan rendahnya adopsi tenaga kesehatan dalam menggunakan sistem RME (Alsadi and Saleh, 2019). Oleh karena itu, penerapan RME harus disetujui oleh seluruh pengguna RME karena peran mereka yang sangat penting dalam sistem kesehatan (Masyfufah *et al.*, 2022).

Banyak penelitian yang mengidentifikasi bahwa faktor manusia sebagai tantangan yang signifikan dalam penerapan RME, khususnya terkait dengan tingkat pendidikan (Yehualashet, *et al.*, 2015; Oo *et al.*, 2021; Hailegebreal *et al.*, 2023) dan pengalaman kerja (Abdulai and Adam, 2020; Oo *et al.*, 2021). Selain itu, tingkat pengetahuan (Senafekesh *et al.*, 2014; Berihun *et al.*, 2020; Wubante *et al.*, 2023) dan persepsi (Habibi-Koolaei *et al.*, 2015; Abore *et al.*, 2022) juga mempengaruhi kesiapan tenaga kesehatan dalam mengimplementasikan RME. Jadi, keberhasilan atau kegagalan penerapan RME sangat bergantung pada kesiapan tenaga kesehatan untuk beralih dari pencatatan tradisional berbasis kertas ke sistem pencatatan digital dan elektronik.

Di Indonesia, banyak penelitian yang menunjukkan alasan dan tantangan penerapan RME, seperti tenaga kesehatan mempunyai sikap positif terhadap penerapan RME, namun pengetahuan

mereka tentang RME rendah karena mereka tidak menerima pelatihan mengenai hal tersebut. Kurangnya keterampilan komputer tenaga kesehatan, kurangnya pengetahuan mengenai komputer, dan kurangnya pengetahuan tentang manfaat RME untuk fasilitas kesehatan juga sangat berkontribusi atas masalah ini (Sudirahayu and Harjoko, 2017; Setiatin and Agustin, 2019; Yoga *et al.*, 2021; Lakhmudien *et al.*, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukannya kajian lebih lanjut terkait kesiapan tenaga kesehatan untuk mengimplementasikan RME.

Berdasarkan studi pendahuluan, di Kota Padang, sebagian besar puskesmas sudah menerapkan RME pada awal tahun 2023, namun permasalahan terjadi karena faktor sumber daya manusia. Ditemukan beberapa kendala dalam penerapan RME, seperti tenaga rekam medis yang tidak dilatih untuk menggunakan RME sehingga mereka pun tidak bisa melatih petugas lainnya. Hal ini berdampak pada proses penerapan RME di puskesmas dan dapat menimbulkan perasaan tidak siap dan terpaksa karena menjalankan hanya sebagai pemenuhan kewajiban dari pemerintah dan menghindari dari sanksi.

Begitu pula tenaga kesehatan yang berusia sedikit lebih tua yang tidak memahami cara menggunakan teknologi atau komputer juga menjadi tantangan dalam pengimplementasian RME. Selain itu, masih kurangnya penelitian di Indonesia yang mengkaji faktor-faktor kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME (M, S and Wulandari, 2021; Hastuti and Sugiarsi, 2023; Widayanti *et al.*, 2023).

Oleh karena itu, perlu dilakukannya kajian lebih lanjut terkait kesiapan tenaga kesehatan untuk mengimplementasikan RME. Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor-faktor yang menjadi tantangan yang mempengaruhi penerapan EMR pada tenaga kesehatan di Puskesmas Kota

Padang, Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan untuk kesiapan implementasi EMR di puskesmas.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *mixed-method* dengan model *sequential explanatory*, yaitu menggabungkan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif secara berurutan, yaitu tahap pertama menggunakan penelitian kuantitatif dan tahap kedua menggunakan penelitian kualitatif. Metode penelitian kuantitatif dengan desain *cross sectional* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME.

Metode penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus digunakan untuk menggali dan mengidentifikasi hambatan-hambatan yang berkaitan dengan sumber daya manusia yang memengaruhi kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME sehingga hal ini dapat mendukung dan memperkuat hasil dari penelitian kuantitatif.

Penelitian dilakukan di seluruh 23 puskesmas di Kota Padang tersebut diantaranya, Indonesia, yaitu puskesmas Bungus, Lubuk Kilangan, Lubuk Begalung, Pegambiran, Seberang Padang, Pemancungan, Rawang, Andalas, Padang Pasir, Ulak Krang, Air Tawar, Alai, Nanggalo, Lapai, Belimbing, Kuranji, Ambacang, Pauh, Air Dingin, Lubuk Buaya, Ikur Koto, Anak Air, dan Dadok Tunggul Hitam. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2023.

B. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian kuantitatif adalah tenaga kesehatan di puskesmas yang menggunakan RME saat pelayanan. Sampel yang digunakan sebanyak 69 sampel dengan 3 sampel di masing-masing

puskesmas yang diambil menggunakan *purposive sampling*, yaitu dokter, perekam medis, dan perawat.

Informan pada penelitian kualitatif ditentukan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu peneliti memilih informan berdasarkan pertimbangan bahwa dapat memberikan informasi secara mendalam berdasarkan pertanyaan yang telah dibuat peneliti. Informan yang dipilih berjumlah 46 informan, yang terdiri dari :

1. Seluruh kepala puskesmas di Kota Padang berjumlah 23 informan.
2. Satu staf rekam medis di masing-masing puskesmas di Kota Padang sehingga berjumlah 23 informan.

C. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian kuantitatif dilakukan dengan kuesioner yang item pertanyaannya dimodifikasi dari tantangan pengimplementasian RME dan item pertanyaan diuji validitas dan reliabilitasnya kepada 30 responden. Kuesioner penelitian terdiri dari 5 variabel, yaitu tingkat pendidikan tenaga, masa kerja tenaga, tingkat pengetahuan tenaga, persepsi tenaga dan kesiapan tenaga. Variabel yang diuji item pertanyaannya adalah variabel tingkat pengetahuan sebanyak 10 pertanyaan, variabel persepsi sebanyak 10 pertanyaan, dan variabel kesiapan sebanyak 10 pertanyaan.

Kuesioner dimodifikasi dari beberapa penelitian sebelumnya, Purwandi (2018), Suhartini, *et al.* (2021), dan Putri (2023) dan Permenkes Nomor 24 Tahun 2022 yang kemudian diuji validitas dan reliabilitasnya. Pernyataan pada variabel tingkat pengetahuan sebanyak 10 pernyataan mengenai ketentuan dalam mengimplementasikan RME, yaitu pernyataan 1a sampai 1j.

Pernyataan pada variabel persepsi yang menggunakan skala *likert*, yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Netral (N), Tidak Setuju (TS), Sangat Tidak Setuju (STS) sebanyak 10 pernyataan mengenai persepsi tenaga kesehatan dalam

menerapkan RME, yaitu pernyataan 2a sampai 2j (dapat dilihat pada hasil). Pernyataan pada variabel kesiapan sebanyak 10 pernyataan mengenai kesiapan organisasi, SDM, *software* dan *hardware* dalam mengimplementasikan RME, yaitu pernyataan 3a sampai 3j.

Seluruh item pertanyaan sebanyak 30 item sudah teruji validitasnya dengan menggunakan *pearson product moment* dan seluruh item pertanyaan sebanyak 30 item menunjukkan memiliki nilai r hitung $\geq r$ tabel (0,361). Seluruh item pertanyaan juga sudah teruji validitas dengan menggunakan rumus *cronbach's alpha* menunjukkan bahwa nilai untuk semua variabel $> 0,7$. Hal ini berarti seluruh item pertanyaan memiliki validitas reliabilitas yang baik untuk disajikan sebagai instrumen penelitian.

Hasil ukur yang digunakan pada variabel tingkat pengetahuan, sikap, dan kesiapan menggunakan *cut off* nilai median karena data tidak terdistribusi normal. Variabel tingkat pendidikan menggunakan hasil ukur, yaitu 1= Sarjana (S1, S2, S3) dan 2= Diploma (D1, D2, D3, D4). Variabel masa kerja menggunakan hasil ukur, yaitu 1= <10 tahun dan 2= >10 tahun. Variabel tingkat pengetahuan menggunakan hasil ukur, yaitu 0= rendah ($\text{skor} \leq 7$) dan 1 = tinggi ($\text{skor} \geq 7$). Variabel sikap menggunakan hasil ukur, yaitu 0= negatif ($\text{skor} \leq 41$) dan 1= positif ($\text{skor} \geq 41$). Variabel kesiapan menggunakan hasil ukur, yaitu ($\text{skor} \leq 8$) dan 1= siap ($\text{skor} \geq 8$).

Pengambilan data penelitian kualitatif dilakukan dengan metode wawancara terhadap informan. Wawancara tersebut menggunakan daftar pertanyaan pedoman wawancara sebagai instrumen penelitian.

D. Instrumen dan Teknik Analisis

Penelitian kuantitatif dianalisis secara univariat dan bivariat. Analisis univariat dilakukan untuk mendeskripsikan data karakteristik responden dan variabel independen

(tingkat pendidikan, masa kerja, tingkat pengetahuan, persepsi) dan variabel dependen (kesiapan tenaga kesehatan dalam penerapan RME). Analisis bivariat dilakukan untuk melihat hubungan antara variabel independen dan variabel dependen dengan menggunakan uji *Chi-Square*. Semua analisis menggunakan SPSS 15.0.

Teknik triangulasi sumber pada penelitian kualitatif ini bertujuan untuk mengatasi kelemahan data yang telah dikumpulkan agar tetap valid dan reliabel. Data primer didapatkan melalui wawancara dengan 46 informan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari bahan hukum primer, seperti Permenkes Nomor 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis.

E. Pertimbangan Etik

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas dengan nomor registrasi 49/UN16.12/KEP-FKM/2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian Kuantitatif

1. Analisis Univariat

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui karakteristik responden dan hasil analisis univariat pada penelitian ini bahwa responden penelitian memiliki pekerjaan dokter, perekam medis, dan perawat (33,3%), sebagian besar berusia 36-45 tahun (43,5%), memiliki tingkat pendidikan Sarjana (S1, S2, S3) (59,4%). Dilihat dari masa kerja, sebagian besar responden memiliki masa kerja lebih dari 10 tahun (52,2%). Dilihat dari tingkat pengetahuan dan persepsi, sebagian besar responden memiliki pengetahuan yang buruk (53,6%) dan memiliki persepsi yang positif (53,6%). Dilihat dari tingkat kesiapan, sebagian besar responden tidak siap untuk mengimplementasikan RME (52,3%).

Tabel 1. Karakteristik Responden dan Hasil Analisis Univariat (n=69)

No.	Karakteristik	f	%
1	Pekerjaan		
	a. Dokter	23	33,3
	b. Perekam Medis	23	33,3
	c. Perawat	23	33,3
2	Usia		
	a. 25-35 tahun	23	33,3
	b. 36-45 tahun	30	43,5
	c. 46-55 tahun	13	18,8
	d. 56-65 tahun	3	4,3
3	Tingkat Pendidikan		
	a. Diploma (D1, D2, D3, D4)	28	40,6
	b. Sarjana (S1, S2, S3)	41	59,4
4	Masa Kerja		
	a. <10 tahun	33	47,8
	b. >10 tahun	36	52,2
5	Tingkat Pengetahuan		
	a. Baik	32	46,4
	b. Buruk	37	53,6
6	Persepsi		
	a. Positif	37	53,6
	b. Negatif	32	46,4
7	Kesiapan		
	a. Siap	33	47,8
	b. Tidak Siap	36	52,3

Tabel 2 adalah distribusi frekuensi jawaban dari pertanyaan mengenai variabel tingkat pengetahuan, persepsi, dan kesiapan. Berdasarkan Tabel 2, seluruh responden menjawab benar pada pernyataan nomor 1g mengenai evaluasi secara berkala RME. Sementara itu, sebagian responden menjawab salah pada pernyataan nomor 1a dan 1i mengenai RME sebagai strategi e-kesehatan nasional satu-satunya dan penyebab fragmentasi Sistem Informasi Kesehatan (SIK), yaitu sebesar 48,6% (48 responden).

Berdasarkan Tabel 3, responden terbanyak yang menjawab sangat setuju dan setuju pada pernyataan 2a mengenai RME mendukung penguatan sistem kesehatan nasional sebanyak 100% (69 responden), sementara itu, responden terbanyak yang menjawab netral pada pernyataan 2c mengenai RME menghabiskan banyak anggaran sebanyak 24,6% (17 responden). Responden terbanyak

menjawab tidak setuju dan sangat tidak setuju pada pernyataan 2f mengenai RME menambah beban pekerjaan sebanyak 94,2% (65 responden).

Tabel 2. Hasil Analisis Univariat Tingkat Pengetahuan (n=69)

No.	Pertanyaan	Benar		Salah	
		f	%	f	%
1a*	RME merupakan strategi e-kesehatan nasional satu-satunya.	21	30,4	48	69,6
1b	RME sebagai upaya integrasi data pada SATUSEHAT	61	88,4	8	11,6
1c	Puskesmas mendapat sanksi apabila tidak implementasi RME sebelum 31 Desember 2023	60	87	9	13
1d	RME wajib diterapkan paling lambat 31 Desember 2023	57	82,6	12	17,4
1e*	Sistem yang digunakan RME hanya berasal dari Kemenkes	37	53,6	32	46,4
1f	RME sebagai penyelesaian masalah terkait data	64	92,8	5	7,2
1g	RME harus dilakukan monitoring dan evaluasi secara berkala	69	100	0	0
1h	Strategi kesehatan digital memperhatikan equity, sumber daya, dan privasi	64	92,8	5	7,2
1i*	Fragmentasi SIK terjadi karena adanya konektivitas data	21	30,4	48	69,6
1j	RME memperkuat sistem kesehatan dan berfokus pada pasien	66	95,7	3	4,3

*Pertanyaan negatif

Tabel 3. Hasil Analisis Univariat Persepsi (n=69)

No.	Pertanyaan	SS		S		N		TS		STS	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2a	Saya merasa RME dapat mendukung penguatan sistem kesehatan di Indonesia	37	53,6	32	46,4	-	-	-	-	-	-
2b	Saya merasa RME memberikan kemudahan dalam mencari data pasien secara real time	47	68,1	18	26,1	4	5,8				
2c*	Saya merasa RME menghabiskan banyak anggaran	6	8,7	14	20,3	17	24,6	27	39,1	5	7,2
2d	Saya merasa RME mempermudah pendistribusian dokumen data pasien saat berobat antar faskes	37	53,6	30	43,5	1	1,4	1	1,4	-	-
2e	Saya merasa RME meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses pengkodean penyakit	30	43,5	30	43,5	8	11,6	1	1,4	-	-
2f*	Saya merasa RME menambah beban pekerjaan saya yang harus belajar menggunakan komputer	-	-	2	2,9	2	2,9	24	34,8	41	59,4
2g*	Saya merasa RME membuat pekerjaan saya lebih lambat dan menurunkan produktivitas pekerjaan	1	1,4	3	4,3	3	4,3	24	34,8	38	55,1
2h	Saya merasa RME mempermudah dalam mengelola data pasien	43	62,3	24	34,8	1	1,4	1	1,4	-	-
2i	Saya merasa RME memperkecil kemungkinan terjadinya kehilangan data dan duplikasi data pasien	28	40,6	30	43,5	7	10,1	4	5,8	-	-
2j*	Saya merasa RME tidak aman digunakan karena data dapat bocor sewaktu-waktu	2	2,9	12	17,4	16	23,2	24	34,8	15	21,7

*Pertanyaan negatif

Berdasarkan Tabel 4, hampir seluruh responden menjawab sudah pada pernyataan 3b mengenai sosialisasi kewajiban implementasi RME sebanyak 98,6% (68 responden) Sementara itu,

sebagian responden menjawab belum pada pernyataan 3c mengenai puskesmas telah mengisi DMI sebanyak 69,6% (48 responden).

Tabel 4. Hasil Analisis Univariat Kesiapan (n=69)

No.	Pertanyaan	Sudah		Belum	
		f	%	f	%
3a	Puskesmas telah memasukkan pengimplementasian RME ke rencana kerja puskesmas tahun 2023.	64	92,8	5	7,2
3b	Puskesmas telah mensosialisasikan kepada seluruh staf kewajiban fasyankes mengimplementasikan RME paling lambat 31 Desember 2023	68	98,6	1	1,4
3c	Puskesmas telah mengisi penilaian kematangan digital atau DMI	21	30,4	48	69,6
3d	Puskesmas telah membuat SOP pengimplementasian RME	68	98,6	1	1,4
3e	Puskesmas telah memberikan pelatihan dan simulasi penerapan RME kepada seluruh staf	60	87	9	13
3f	Puskesmas telah memiliki cukup tenaga IT untuk mengembangkan SIMPUS yang digunakan pada RME	37	53,6	32	46,4
3g	Puskesmas telah menyiapkan komputer untuk mendukung pengimplementasian RME	68	98,6	1	1,4
3h	Puskesmas telah menyiapkan dan mengembangkan <i>software</i> RME yang terintegrasi dengan SATUSEHAT	46	66,7	23	33,3
3i	Puskesmas telah menyiapkan ketersediaan akses internet dan genset otomatis	59	85,5	10	14,5
3j	Dalam mengembangkan sistem RME, Puskesmas menjamin kerahasiaan dan keamanan data pasien	66	95,7	3	4,3

2. Analisis Bivariat

Berdasarkan hasil analisis bivariat pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa persentase responden yang siap dalam mengimplementasikan RME lebih banyak pada kelompok responden dengan tingkat pendidikan sarjana (58,5%) dibandingkan responden dengan tingkat pendidikan diploma (32,1%). Dari hasil uji statistik dengan uji *Chi Square* diperoleh hasil nilai p sebesar 0,031 (nilai $p \leq 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat pendidikan dengan kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME. Tenaga kesehatan yang bergelar Sarjana (S1, S2, S3) memiliki peluang 0,34 kali untuk memiliki kesiapan dalam mengimplementasikan RME dibandingkan tenaga kesehatan yang bergelar Diploma (D1, D2, D3, D4).

Temuan ini sejalan dengan penelitian di Malawi yang menunjukkan bahwa tingkat pendidikan mempengaruhi secara signifikan terhadap kesiapan tenaga kesehatan untuk menggunakan RME ($p < 0,05$) (Msiska *et al.*, 2017). Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi mungkin menunjukkan kecenderungan yang lebih besar untuk memperoleh pengetahuan tentang RME dan secara efektif mengintegrasikannya kedalam sistem layanan kesehatan (Oo *et al.*, 2021).

Pada variabel masa kerja, persentase responden yang siap dalam mengimplementasikan RME lebih banyak pada kelompok responden dengan masa kerja kurang dari 10 tahun (60,6%) dibandingkan dengan responden dengan masa kerja lebih dari 10 tahun (36,1%). Dari hasil uji statistik dengan uji *Chi Square* diperoleh hasil nilai p sebesar 0,042 (nilai p

$\leq 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara masa kerja dengan kesiapan tenaga

kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME.

Tabel 5. Hasil Analisis Bivariat

No	Variable	Kesiapan Implementasi RME						PR (95% CI)	p-value
		Siap		Tidak Siap		Total			
		f	%	f	%	f	%		
1	Tingkat Pendidikan								
	a. Diploma (D1, D2, D3, D4)	9	32,1	19	67,9	28	100	0,34 (0,12 – 0,92)	0,031
	b. Sarjana (S1, S2, S3)	24	58,5	17	41,5	41	100		
	Total	33	47,8	36	52,2	69	100		
2	Masa Kerja								
	a. <10 tahun	20	60,6	13	39,4	33	100	0,37 (0,14 – 0,38)	0,042
	b. >10 tahun	13	36,1	23	63,9	36	100		
	Total	33	47,8	36	52,2	69	100		
3	Tingkat Pengetahuan								
	a. Baik	23	71,9	9	28,1	32	100	0,21 (0,08 – 0,59)	0,002
	b. Buruk	13	35,1	24	64,9	37	100		
	Total	36	52,2	33	47,8	69	100		
4	Persepsi								
	a. Positif	23	37,8	14	62,2	33	100	3,61 (1,33 – 9,83)	0,010
	b. Negatif	10	68,8	22	31,2	33	100		
	Total	33	47,8	36	52,2	69	100		

Berdasarkan Tabel 5 juga diketahui bahwa tenaga kesehatan dengan masa kerja kurang dari 10 tahun memiliki peluang 0,37 kali untuk siap mengimplementasikan RME dibandingkan dengan tenaga kesehatan yang memiliki masa kerja lebih dari 10 tahun. Temuan ini sejalan dengan penelitian di Myanmar yang menunjukkan masa kerja berpengaruh secara signifikan dengan kesiapan tenaga kesehatan dalam menggunakan RME. Penelitian ini juga menyatakan bahwa tenaga kesehatan lama lebih siap untuk mengimplementasikan RME (Oo *et al.*, 2021).

Tenaga kesehatan yang lebih lama bekerja lebih menyadari tantangan sistem rekam medis konvensional berbasis kertas, seperti kurangnya ruang penyimpanan, kesalahan medis, dan kerahasiaan data. Hal ini juga mungkin disebabkan oleh tenaga kesehatan baru tidak terbiasa dengan alur kerja yang melelahkan karena pencatatan berbasis kertas (Abdulai and Adam, 2020).

Pada variabel tingkat pengetahuan, persentase responden yang siap dalam mengimplementasikan RME lebih banyak pada kelompok responden dengan tingkat pengetahuan baik (71,9%) dibandingkan dengan responden dengan tingkat pengetahuan buruk (35,1%). Dari hasil uji statistik dengan uji *Chi Square* diperoleh hasil nilai p sebesar 0,002 (nilai $p \leq 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat pengetahuan dengan kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME.

Berdasarkan Tabel 2 juga diketahui bahwa tenaga kesehatan dengan tingkat pengetahuan baik mempunyai peluang 0,21 kali untuk untuk siap mengimplementasikan RME dibandingkan dengan tenaga kesehatan dengan pengetahuan buruk. Banyak penelitian menemukan hubungan yang signifikan antara pengetahuan dan kesiapan tenaga kesehatan dalam mengimplementasikan RME (Ghazisaeedi *et al.*, 2014; Cucciniello *et al.*, 2015; Awol *et al.*, 2020).

Tenaga kesehatan dengan pengetahuan baik lebih mengakui keunggulan sistem RME dan akan lebih termotivasi untuk menggunakannya karena kesadaran mereka. Oleh karena itu, kecenderungan mereka untuk memanfaatkan keunggulan-keunggulan ini dapat berkontribusi pada kesiapan mereka untuk menerapkan sistem RME (Rasmi *et al.*, 2020).

Pada variabel persepsi, persentase responden yang siap dalam mengimplementasikan RME lebih banyak pada kelompok responden dengan persepsi positif (68,8%) dibandingkan dengan responden dengan persepsi negatif (31,2%). Dari hasil uji statistik dengan uji *Chi Square* diperoleh hasil nilai p sebesar 0,01 (nilai $p \leq 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara persepsi dengan kesiapan tenaga kesehatan di puskesmas dalam mengimplementasikan RME.

Berdasarkan Tabel 2 juga diketahui bahwa tenaga kesehatan dengan persepsi positif mempunyai peluang 3,61 kali untuk siap mengimplementasikan RME dibandingkan dengan tenaga kesehatan dengan persepsi negatif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tenaga kesehatan yang memiliki persepsi positif terhadap EMR mempunyai kemungkinan 3,61 kali lebih besar untuk siap menerapkan EMR dibandingkan dengan mereka yang memiliki persepsi negatif. Hasil ini sejalan dengan banyak penelitian yang menemukan hubungan signifikan antara persepsi dan kesiapan tenaga kesehatan (Kalayou *et al.*, 2020; Rasmi *et al.*, 2020; Ngusie *et al.*, 2022).

Tenaga kesehatan dengan persepsi positif terhadap RME kemungkinan besar termotivasi untuk meningkatkan kesiapan mereka dalam penerapan sistem RME yang lebih baik dan integrasi yang lancar dalam tugas mereka. Hal ini menggaris bawahi pentingnya membiasakan petugas kesehatan dengan RME untuk

menumbuhkan sikap positif dan meningkatkan kesiapan penerapan RME secara efektif. Pandangan positif di kalangan penyedia layanan kesehatan juga menjadi pendorong, memotivasi mereka untuk antusias dan berdedikasi dalam menggunakan sistem RME (Walle *et al.*, 2022).

B. Hasil Penelitian Kualitatif

Hasil penelitian kualitatif yang didapatkan dari hasil wawancara dengan 46 informan menunjukkan beberapa hambatan terkait SDM dalam mengimplementasikan RME di puskesmas.

1. Analisis RME

Upaya peningkatan pengetahuan dan keterampilan tenaga kesehatan terhadap pengimplementasian RME hanya dilakukan melalui sosialisasi yang diselenggarakan oleh Kementerian Kesehatan dan Dinas Kesehatan Kota Padang secara daring via *Zoom Meeting*. Namun, tidak semua tenaga kesehatan mendapatkan sosialisasi ini, hanya tenaga rekam medis yang mendapatkan sosialisasi ini. Tidak ada pelatihan khusus yang dilaksanakan oleh puskesmas untuk tenaga kesehatan yang tidak mendapatkan sosialisasi ini.

Sebagian besar informan menyatakan bahwa kesiapan tenaga kesehatan dalam melaksanakan RME dipengaruhi oleh pelatihan tentang RME. Ketika sistem baru, yaitu sistem RME sulit untuk digunakan, terutama tidak ada pelatihan apa pun yang didapatkan selama penerapannya, tenaga kesehatan yang memiliki pengetahuan terbatas tentang RME cenderung membutuhkan waktu lama untuk menerapkan RME karena mereka belum terbiasa dengan sistem tersebut dan memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan penggunaannya.

Hal ini pun berakibat pada pelayanan yang diberikan pun menjadi terhambat dan lama. Oleh karena itu, penting untuk mengatasi masalah ini dengan memberikan pelatihan tentang

pemanfaatan dan penggunaan RME untuk seluruh tenaga kesehatan di puskesmas (Williams *et al.*, 2017; Or *et al.*, 2018). Hasil ini sejalan dengan penelitian di RS Dharma Kerti Tabanan bahwa SDM (tenaga medis dan non medis) RS belum mendapatkan pelatihan terkait penerapan RME (Maha Wirajaya *et al.*, 2020).

Pelatihan merupakan proses dalam memberikan pengetahuan kepada karyawan tentang pekerjaan yang dilakukannya (Dessler, 2017). Pelatihan dapat mengurangi kekurangan-kekurangan yang dimiliki oleh tenaga kesehatan. Pelatihan juga dapat menambahkan dan mengembangkan keterampilan dan kemampuan tenaga kesehatan (Sudirahayu and Harjoko, 2017). Oleh karena itu, memberikan pelatihan kepada tenaga kesehatan dapat membantu mereka menggunakan sistem RME secara optimal (Hamamura *et al.*, 2017).

2. Pengetahuan tentang RME

Pengetahuan tenaga kesehatan mengenai RME juga merupakan salah satu hambatan dalam penerapan RME. Kurangnya pengetahuan tentang perangkat lunak RME berarti tenaga

kesehatan memerlukan lebih banyak waktu untuk mempelajari sistem RME tersebut, terutama bila terdapat fitur tambahan dalam perangkat lunak tersebut. Terutama petugas yang sudah lanjut usia, mereka kesulitan dalam memahami penggunaan RME karena kurangnya pelatihan dan sosialisasi. Oleh karena itu, mereka harus belajar otodidak dan belajar dengan petugas lain sehingga pemahamannya pun tidak maksimal. Hal ini pun, mengakibatkan terkadang saat pelayanan mereka masih harus bertanya kepada petugas lain.

Kurangnya pemahaman tentang cara menggunakan RME merupakan hambatan yang signifikan terhadap keberhasilan implementasi dan penerapan RME (Dayananda, 2020). Pada umum, adanya pelatihan tentang RME memainkan peran penting dalam mempengaruhi jumlah waktu yang dicurahkan oleh tenaga kesehatan untuk menyiapkan dan belajar menggunakan sistem. Pelatihan mengenai sistem RME memungkinkan mereka memperoleh pengetahuan sehingga meningkatkan pengetahuan mereka dalam menggunakan RME (Or *et al.*, 2018).

Tabel 6. Hasil Wawancara Mengenai Pelatihan RME

Informan	Hasil Wawancara	Simpulan
Informan A, Perkam Medis (Puskesmas 1), Oktober 2023	<i>"Belum ada pelatihan khusus untuk RME, yang ada hanya sosialisasi dari Kementerian Kesehatan atau Dinas Kesehatan Kota Padang ke seluruh puskesmas, namun yang menerimanya hanya petugas rekam medis."</i>	
Informan B, Dokter (Puskesmas 2), Oktober 2023	<i>"Untuk kesiapan sudah mengadakan sosialisasi cuma untuk pelatihan khusus belum ada, sosialisasi diadakan Dinas Kesehatan kepada petugas rekam medis, lalu disosialisasikan kepada staff puskesmas."</i>	Pelatihan khusus RME tidak ada, hanya sosialisasi dari Kementerian Kesehatan dan Dinas Kesehatan dan hanya didapat oleh perekam medis
Informan C, Perkam Medis (Puskesmas 3), Oktober 2023	<i>"Pelatihan tidak ada, namun hanya ada simulasi dan kami belajar otodidak dan belajar dari puskesmas lain, apabila ada kendala hanya mengandakan via telepon."</i>	
Informan D, Perkam Medis (Puskesmas 4), Oktober 2023	<i>"Pelatihan belum ada, hanya sosialisasi saja diawal penggunaan yang sudah digunakan beberapa tahun terakhir, meskipun tidak maksimal, dan, terkendala ketika ada petugas baru yang belum pernah menggunakan RME"</i>	

Tabel 7. Hasil Wawancara Mengenai Pengetahuan RME

Informan	Hasil Wawancara	Simpulan
Informan E, Perkam Medis (Puskesmas 5), Oktober 2023	<i>"Kurangnya sosialisasi, misalnya ada penambahan atau penghapusan menu di RME tetapi tidak disosialisasikan sehingga petugas bingung dalam memasukkan data."</i>	Pengetahuan tentang RME masih kurang, terutama petugas yang sudah lanjut usia sehingga harus bertanya kepada petugas lainnya
Informan F, Dokter (Puskesmas 6), Oktober 2023	<i>"Kendala terkait faktor usia yang sebelumnya tidak pernah menggunakan RME berbentuk digital dan harus diabntu dan banyak bertanya juga ke petugas yang paham."</i>	
Informan G, Perkam Medis (Puskesmas 7), Oktober 2023	<i>"Ada beberapa petugas yang masih belum bisa menyesuaikan dari manual ke RME, khususnya petugas yang tua, mungkin karena pelatihan yang kurang jadinya memang bermodalkan belajar sendiri dan petugas lain."</i>	

3. Skill dan Pengalaman Menggunakan Komputer

Sebagian informan menyatakan bahwa tidak semua tenaga kesehatan mempunyai keterampilan dan pengalaman menggunakan komputer, terutama pada tenaga kesehatan yang sudah lanjut usia. Mereka yang terbiasa dengan rekam medis

manual yang berbasis kertas kini dituntut mampu menggunakan komputer dalam pekerjaannya. Hal ini berakibat pelayanan menjadi lambat, terutama saat memasukkan data pasien ke dalam sistem RME.

Tabel 8. Hasil Wawancara Mengenai Penggunaan Komputer

Informan	Hasil Wawancara	Simpulan
Informan H, Perkam Medis (Puskesmas 8), Oktober 2023	<i>"Masih ada pegawai yang kurang mahir karena tidak semua pegawai memahami teknologi, terutama pegawai berusia lanjut. Khususnya dalam data entry, namun hal ini diselesaikan dengan saling membantu"</i>	Tidak semua petugas mahir menggunakan teknologi, terutama petugas yang sudah lanjut usia
Informan I, Dokter (Puskesmas 9), Oktober 2023	<i>"Petugas terbiasa menulis di kertas, lalu tiba-tiba diwajibkan pandai dalam hal IT"</i>	
Informan J, Perkam Medis (Puskesmas 10), Oktober 2023	<i>"Ada beberapa petugas yang minim paparan teknologi, terutama petugas yang berusia tua karena slit baginya memahaminya karena baru jadi agak gagap melakukannya secara elektronik"</i>	

Beberapa penelitian menyatakan bahwa kurangnya keterampilan komputer oleh petugas kesehatan sebagai salah satu hambatan dalam menerapkan RME (Afriзал *et al.*, 2019; Essuman *et al.*, 2020). Terutama pada tenaga kesehatan yang sudah lanjut usia, mungkin menghadapi dampak yang lebih signifikan karena gangguan yang lebih besar pada alur kerja mereka (Ajami and Bagheri-Tadi, 2013). Mereka membutuhkan lebih banyak waktu untuk entri data, yang memperpanjang proses layanan. Memasukkan data merupakan hal yang menantang dan

memakan waktu bagi tenaga kesehatan, karena memerlukan keterampilan mengetik yang mahir. Masalah umum ini terkait dengan kompleksitas sistem RME dan pelatihan yang tidak memadai (Dutta and Hwang, 2020).

SDM merupakan faktor strategis dalam pengembangan penerapan RME di fasilitas kesehatan. SDM juga merupakan *brainware* yang akan menggunakan RME. Oleh karena itu, kemampuan dalam mengoperasikan teknologi atau komputer menjadi salah satu komponen yang harus

dimiliki setiap tenaga kesehatan agar pelaksanaan RME menjadi optimal.

PENUTUP

Penilaian tantangan dalam pengimplementasian RME di puskesmas dapat membantu dalam memperbaiki komponen yang belum maksimal dalam penerapannya. Hal ini pun dapat menjadi acuan bagi puskesmas dalam mengatasi tantangan dalam implementasi RME yang lebih optimal. Diharapkan puskesmas,

Dinas Kesehatan Kota Padang, dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dapat melakukan peningkatan pengetahuan RME dan keterampilan komputer kepada seluruh tenaga kesehatan melalui pelatihan. Diharapkan seluruh tenaga kesehatan mempunyai kesiapan yang optimal untuk menjalankan RME sebelum tanggal 31 Desember 2023 sehingga pelayanan kepada pasien dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulai, A. F. & Adam, F. (2020). Health Providers' Readiness for Electronic Health Records Adoption: A Cross-Sectional Study of Two Hospitals in Northern Ghana. *PLoS ONE*, 15(6), 1–11.
- Abore, K. W. *et al.* (2022). Health Professionals' Readiness to Implement Electronic Medical Recording System and Associated Factors in Public General Hospitals of Sidama Region, Ethiopia. *PLoS ONE*, 17(10), 1–12.
- Afrizal, S. H. *et al.* (2019). Narrative Review for Exploring Barriers to Readiness of Electronic Health Record Implementation in Primary Health Care. *Healthcare Informatics Research*, 25(3), 141–152.
- Ahmed, M. H. *et al.* (2020). Intention to Use Electronic Medical Record and Its Predictors Among Health Care Providers at Referral Hospitals, North-West Ethiopia, 2019: Using Unified Theory of Acceptance and Use Technology 2(UTAUT2) Model. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 1–11.
- Ajami, S. & Bagheri-Tadi, T. (2013). Barriers for Adopting Electronic Health Records (EHRs) by Physicians, *Acta Informatica Medica*, 21(2), 129–134.
- Alsadi, M. & Saleh, A. (2019). Electronic Health Records Implementation Readiness: An Integrative Review. *Open Journal of Nursing*, 09(02), 152–162.
- Awol, S. M. *et al.* (2020). Health Professionals' Readiness and Its Associated Factors to Implement Electronic Medical Record System in Four Selected Primary Hospitals in Ethiopia. *Advances in Medical Education and Practice*, 11, 147–154.
- Berihun, B., Atnafe, D. D. & Sitotaw, G. (2020). Willingness to Use Electronic Medical Record (EMR) System in Healthcare Facilities of Bahir Dar City, Northwest Ethiopia. *BioMed Research International*, 2020.
- Biruk, S. *et al.* (2014). Health Professionals' Readiness to Implement Electronic Medical Record System at Three Hospitals in Ethiopia: A cross Sectional Study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 14(1), 1–8.
- Cucciniello, M. *et al.* (2015). Understanding Key Factors Affecting Electronic Medical Record Implementation: A Sociotechnical Approach. *BMC Health Services Research*, 15(1), 1–19.
- Dayananda, M. (2020). Factors influencing Adoption of Electronic Medical Records in Government Hospitals of Sri Lanka. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 6(6), 190–199.

- Dessler, G. (2017). *Human Resource Management (15th Edition)*. Boston: Pearson.
- Dutta, B. and Hwang, H.-G. (2020). The Adoption of Electronic Medical Record by Physicians. *Medicine*, 99(8), 1-7.
- Essuman, L. R. *et al.* (2020). Factors Associated With The Utilization of Electronic Medical Records in The Eastern Region of Ghana. *Health Policy and Technology*, 9(3), 362–367.
- Ghazisaeedi, M., Mohammadzadeh, N. and Safdari, R. (2014). Electronic Health Record (EHR) As a Vehicle for Successful Health Care Best Practice. *Medical Archives*, 68(6), p. 419.
- Ghazisaeidi, M. *et al.* (2014). An Assessment of Readiness for Pre-Implementation of Electronic Health Record in Iran: A Practical Approach to Implementation in General And Teaching Hospitals. *Acta Medica Iranica*, 52(7), 532–544.
- Habibi-Koolaee, M., Safdari, R. and Bouraghi, H. (2015). Nurses Readiness And Electronic Health Records. *Acta Informatica Medica*, 23(2), 105–107.
- Hailegebreal, S. *et al.* (2023). Health Professionals' Readiness to Implement Electronic Medical Record System in Gamo Zone Public Hospitals, Southern Ethiopia: An Institution Based Cross-Sectional Study. *BMC Health Services Research*, 23(1), 1–8.
- Hamamura, F. D., Withy, K. & Hughes, K. (2017). Identifying Barriers in the Use of Electronic Health Records in Hawai'i.. *Hawai'i journal of medicine & public health : a journal of Asia Pacific Medicine & Public Health*, 76(3), 28–35.
- Hastuti, E. S. & Sugiansi, S. (2023). Analisis Tingkat Kesiapan Penerapan Rekam Medis Elektronik di Puskesmas Wilayah Kabupaten Boyolali. *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia*, 11(2), 132-141.
- Kalayou, M. H., Endehabtu, B. F. & Tilahun, B. (2020). The Applicability of The Modified Technology Acceptance Model (TAM) on The Sustainable Adoption of Ehealth Systems in Resource-Limited Settings', *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 13, 1827–1837.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). Rencana Strategik Kementerian Kesehatan 2020-2024.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). Cetak Biru Strategi Transformasi Digital Kesehatan 2024.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2022.
- Kiberu, V. M., Scott, R. E. & Mars, M. (2019). Assessing Core, E-Learning, Clinical and Technology Readiness to Integrate Telemedicine at Public Health Facilities in Uganda: A Health Facility - Based Survey. *BMC Health Services Research*, 19(1), 1–11.
- Lakhmudien, Nugraha, E. & Setiyono, mam A. (2023). Pemahaman Perekam Medis Terhadap Penerapan Rekam Medis Elektronik Berbasis Permenkes Nomor 24 Tahun 2022. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(9), 1–14.
- Masyufah, L. *et al.* (2022). Readiness of Application of Electronic Medical Records in Health Services (Literature Study). *Proceeding International Conference on Medical Record*, 2(1), 1–12.
- Msiska, K. E. M., Kunitawa, A. & Kumwenda, B. (2017). Factors Affecting The Utilisation of Electronic Medical Records System in Malawian Central Hospitals. *Malawi Medical Journal*, 29(3), 247–253.
- Ngusie, H. S. *et al.* (2022). Healthcare Providers' Readiness for Electronic Health Record Adoption: A Cross-

- Sectional Study During Pre-Implementation Phase. *BMC Health Services Research*, 22(1), 1–12.
- Oo, H. M. *et al.* (2021). Information and Communication Technology Literacy, Knowledge and Readiness for Electronic Medical Record System Adoption Among Health Professionals in A Tertiary Hospital, Myanmar: A Cross-Sectional Study. *PloS one*, 16(7), 1-15.
- Or, C. *et al.* (2018). Exploring Factors Affecting Voluntary Adoption of Electronic Medical Records Among Physicians and Clinical Assistants of Small or Solo Private General Practice Clinics. *Journal of Medical Systems*, 42(7), 1-12.
- Rasmi, M. *et al.* (2020). Healthcare Professionals' Acceptance Electronic Health Records System: Critical Literature Review (Jordan Case Study). *International Journal of Healthcare Management*, 13(1), 48–60.
- Salleh, M. I. M., Abdullah, R. & Zakaria, N. (2021). Evaluating The Effects of Electronic Health Records System Adoption on The Performance of Malaysian Health Care Providers. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), pp. 1–13.
- Senafekesh, B. *et al.* (2014). Health Professionals Readiness to Implement Electronic Medical Record System At Three Hospitals In Ethiopia: A Cross Sectional Study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 14(115), 1–8.
- Setiatin, S. and Agustin, S. R. (2019) Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Rekam Medis Di Puskesmas Arcamanik Kota Bandung. *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia*, 7(1), 23-33.
- Singh, A., Jadhav, S. & R, R. M. (2020). Factors to Overcoming Barriers Affecting Electronic Medical Record Usage by Physicians. *Indian Journal of Community Medicine*, 45(2), 168–171.
- Sudirahayu, I. & Harjoko, A. (2017). Analysis of Readiness for Implementing Electronic Medical Records Using DOQ-IT at RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Lampung. *Journal of Information Systems for Public Health*, 1(3), 35-42.
- Tubaishat, A. (2018). Perceived Usefulness and Perceived Ease of Use of Electronic Health Records Among Nurses: Application Of Technology Acceptance Model. *Informatics for Health and Social Care*, 43(4), 379–389.
- Walle, A. D. *et al.* (2022). Readiness to Use Electronic Medical Record Systems and Its Associated Factors Among Health Care Professionals in Ethiopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Informatics in Medicine Unlocked*.
- Widayanti, E. *et al.* (2023). Kesiapan Puskesmas Samigaluh I dalam Peralihan Rekam Medis Konvensional ke Rekam Medis Elektronik. *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia*, 11(2), 102–107.
- Williams, K. S., Shah, G. H. & Leider, J. P. (2017). Overcoming Barriers to Experience Benefits: Records and Health Information Exchange. *eGEMs (Generating Evidence & Methods to improve patient outcomes)*, 5(1), 1–22.
- Wirajaya, M. K. M. & Dewi, N. M. U. K. (2020). Analysis of the Readiness of the Dharma Kerti Tabanan Hospital to Implement Electronic Medical Records. *Jurnal Kesehatan Vokasional*, 5(1), 1-9.
- Wubante, S. M. *et al.* (2023). Healthcare Professionals' Knowledge, Attitude And Its Associated Factors Toward Electronic Personal Health Record System in A Resource-Limited

-
- Setting: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Public Health*.
- Yehualashet, G., Andualem, M. & Tilahun, B. (2015). The Attitude towards and Use of Electronic Medical Record System by Health Professionals at a Referral Hospital in Northern Ethiopia: Cross-Sectional Study. *J Health Inform Afr*, 3(1), 19–29.
- Yulis, A., Astuti, R. & Wulandari, F. (2021). Kesiapan Petugas dalam Peralihan Dokumen Rekam Medis Manual ke Paperless pada Unit Rekam Medis Puskesmas Kedungmundu Kota Semarang. *Jurnal Dunia Kesmas*, 10(1), 1–9.
- Yoga, V., Jaka, B. & Yanti, M. (2021). Analysis of Readiness for Implementing Electronic Medical Records (EMR) at RSUP dr. M. Djamil Padang. *B-Dent: Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 8(1), 71–82.

Early Warning System pada Henti Jantung Berbasis Smartphone

Smartphone Based Early Warning System for Cardiac Arrest

Purbianto^{1✉}, Dwi Agustanti², Nasihin¹

¹Pendidikan Profesi Ners, Poltekkes Banten, Indonesia

²Pendidikan Profesi Ners, Poltekkes Tanjungkarang, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Kasus henti jantung di Amerika Serikat lebih dari 350.000/tahun dan kurang dari 10% yang bertahan hidup, di United Kingdom lebih dari 30.000/tahun di luar rumah sakit hanya 1 orang selamat dari 10 orang yang terserang. Prognosis henti jantung adalah kematian otak dan kematian permanen yang terjadi dalam 8-10 menit. Kondisi ini dapat dicegah dengan Resusitasi Jantung Paru (RJP) dan defibrilasi yang diberikan antara 5-7 menit dapat memberikan peluang hidup 30% - 45%. Diperlukan metode yang digunakan untuk menyelamatkan dengan segera untuk mencari bantuan dan melakukan cara penanganan.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sensor denyut nadi.

Metode: Desain penelitian ini adalah kuasi eksperimen. Besar sampel 35 responden dengan 4 kali pengulangan. Analisis data dengan uji sensitivitas, spesifitas dan uji beda dua *mean dependent*.

Hasil: Sensitivitas prototipe 98,53% menyatakan frekuensi nadi normal pada orang yang normal. Spesifitas prototipe 50%, bermakna prototipe menyatakan denyut nadi tidak normal pada orang yang tidak normal.

Kesimpulan: Prototipe sensor denyut nadi dapat mengukur frekuensi denyut nadi hampir mendekati sama dengan alat standar yang digunakan.

Kata Kunci: *Early warning system; henti jantung; resusitasi jantung paru*

ABSTRACT

Background: Cardiac arrest cases in the United States are more than 350,000/year and less than 10% survive, in the United Kingdom more than 30,000/year outside the hospital only 1 person survives out of 10 people who are attacked. The prognosis for cardiac arrest is brain death and permanent death that occurs within 8-10 minutes. This condition can be prevented with Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and defibrillation given between 5-7 minutes can provide a 30% - 45% chance of survival. Methods are needed to be used to rescue immediately to seek help and carry out treatment methods.

Objective: The research aims to develop a prototype of a pulse sensor.

Methods: : Experimental design research design. The sample size was 35 respondents with 4 repetitions. Data analysis using sensitivity, specificity and two mean dependent difference tests.

Results: The sensitivity of the prototype was 98.53%, indicating that the prototype's ability to express normal pulse frequency in normal people was 98.53%. The specificity of the prototype is 50%, meaning that the prototype states that the pulse rate is abnormal in people who are not normal by 50%.

Results: The prototype sensitivity of 98.53% indicates a normal pulse frequency in normal people. The specificity of the prototype is 50%, meaning that the prototype states that the pulse rate is abnormal in people who are not normal.

Conclusion: Early warning system, cardiac arrest, cardiopulmonary resuscitation

Keywords: *Readiness; Public Health Center; Electronic Medical records; Health professionals*

✉ Corresponding author: purbianto@poltekkesbanten.ac.id

Diajukan 03 Januari 2024 **Diperbaiki** 16 Januari 2024 **Diterima** 28 Februari 2024

PENDAHULUAN

Henti jantung (*cardiac arrest*) adalah kematian yang terjadi sebagai akibat dari hilangnya fungsi jantung secara mendadak (Perman, 2024). Keadaan henti jantung mendadak bisa saja terjadi pada seseorang dengan ataupun tanpa penyakit jantung sebelumnya (Brown, 2023). Secara epidemiologi kasus henti jantung setiap tahun lebih dari 350.000 layanan medis darurat karena serangan jantung terjadi di Amerika Serikat (Perkins 2021).

Di negara United Kingdom ada lebih dari 30.000 mengalami serangan *cardiac arrest* di luar rumah sakit, dan hanya ada 1 orang yang selamat dari 10 orang yang terserang (Foundation, 2022). Menurut *American Heart Association* (AHA) di Amerika Serikat, sekitar 360.000 serangan jantung di luar rumah sakit dilaporkan setiap tahun dan kurang dari 10% dari mereka yang bisa bertahan hidup (Panchal *et al.*, 2020).

Risiko mengalami henti jantung meningkat pada laki-laki yang berusia 40 tahun atau lebih, dimana satu dari delapan orang memiliki kemungkinan mengalami *cardiac arrest*. Sementara itu, wanita memiliki risiko satu dari 24 orang. Semakin bertambah usia seseorang, risiko henti jantung mendadak cenderung menurun (Chassee and P., 2022). Orang yang memiliki faktor risiko penyakit jantung, seperti hipertensi, hiperkolesterolemia, dan kebiasaan merokok, mengalami peningkatan risiko terkena kondisi tersebut (Okorare *et al.*, 2023).

Menurut data dari Survei *Sample Registration System* (SRS) pada 2014 di Indonesia, Penyakit Jantung Koroner (PJK) menjadi penyebab kematian tertinggi pada semua umur setelah stroke, yakni sebesar 12,9% (Sekaringtyas *et al.*, 2022). Penanganan pasien dengan serangan jantung, ibarat berlomba dengan waktu. Keterlambatan memperoleh penanganan medis, nyawa pasien taruhannya. Hal ini dikarenakan pembuluh darah koroner secara tiba-tiba tertutup oleh thrombus

(bekuan darah) (Alkarithi *et al.*, 2021). Infark jantung akut merupakan keadaan darurat yang mengancam jiwa penderita, dimana setiap detik sangat berarti untuk menolong penderita (Dilbahar *et al.*, 2021).

Serangan jantung umumnya datang tiba-tiba, tanpa bisa diprediksi, dan tidak jarang menyebabkan kematian mendadak (*sudden death*), sehingga banyak pasien yang menderita serangan jantung meninggal di tempat kejadian sebelum sampai tiba di rumah sakit (Sarmah, 2020). Kondisi seperti ini mengharuskan orang terdekat dengan klien, memahami tanda dan gejala munculnya serangan jantung dan sekaligus mampu menangani secara dini klien yang mengalami serangan jantung mendadak (Luan *et al.*, 2021a; Del Buono, M.G. *et al.* 2023; Di Domenico, A., Trichilo, M. and Sciarra, F. 2023).

Prognosis henti jantung melibatkan risiko kematian otak dan kerusakan permanen yang dapat terjadi dalam rentang waktu 8 hingga 10 menit (Sandroni *et al.*, 2021). Mencegah hal ini, resusitasi jantung paru dan defibrilasi perlu dilakukan dengan segera, sebelum melewati batas waktu dimana kerusakan otak menjadi tak terhindarkan. Tindakan ini bertujuan untuk mengembalikan fungsi jantung ke kondisi normal secepat mungkin (Yan *et al.*, 2020).

Resusitasi jantung paru dan defibrilasi dilakukan dalam waktu 5 hingga 7 menit setelah seseorang mengalami henti jantung, maka memiliki peluang untuk bertahan hidup berkisar antara 30% hingga 45% (Yan *et al.*, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan defibrilator di tempat umum, seperti bandara, dan peningkatan kemampuan memberikan pertolongan dengan cepat, dapat meningkatkan peluang hidup rata-rata korban *cardiac arrest* hingga 64% (Panchal *et al.*, 2020).

Deteksi dini munculnya tanda-tanda henti jantung dapat mencegah prognosis yang semakin buruk pada

pasien dengan faktor risiko henti jantung. Ada beberapa *system* deteksi dini yang saat ini digunakan antara lain berbasis skor seperti *Nursing Early Warning Scoring System* (NEWSS), berbasis *smartphone* yang dihubungkan dengan mesin EKG.

Sistem deteksi dini (*early warning system*) untuk mengenali munculnya aritmia sangat diperlukan untuk mencegah adanya henti jantung. Metode deteksi dini henti jantung yang saat ini digunakan adalah NEWSS. NEWSS merupakan sistem skor fisiologis yang umumnya diterapkan di unit perawatan intensif sebelum pasien mengalami kondisi darurat (Fransiska *et al.*, 2020). NEWSS hanya dapat diterapkan di sebuah unit pelayanan kesehatan atau rumah sakit.

Sistem deteksi dini serangan jantung di India menggunakan *handphone android* yang dihubungkan dengan mesin EKG mobile. Pada sistem ini seseorang yang sudah dideteksi dengan penyakit jantung yang berisiko mengalami henti jantung, dipasang sebuah alat berupa mesin EKG mobile. Gambaran EKG dari mesin EKG mobile ini dapat diteruskan ke *smartphone* lalu *smartphone* akan memberikan sinyal *Global Positioning System* (GPS) ke unit pelayanan kesehatan (Bhoyar *et al.*, 2015).

Saat ini belum ada satu sistem yang praktis untuk mendeteksi secara dini adanya kejadian henti jantung. Deteksi dini masih mengandalkan mesin EKG mobile atau mesin EKG yang dipasang di tempat pasien yang di hubungkan secara *online* ke rumah sakit.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk merancang suatu prototipe sistem deteksi dini henti jantung dengan menggunakan suatu sensor denyut jantung dan dapat dikirimkan melalui *bluetooth* ke *smartphone* klien sehingga *smartphone* klien akan memberikan informasi bahwa korban akan mengalami henti jantung dengan sinyal berupa suara sirine dari *smartphone* klien.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sensor denyut jantung sebagai deteksi dini pada henti jantung (*cardiac arrest*) yang terjadi di luar rumah sakit.

METODE

A. Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah kuasi eksperimen. Tahapan awal dari penelitian ini adalah membuat prototipe sensor denyut jantung yang dapat mendeteksi denyut jantung seseorang. Prototipe ditempatkan pada pergelangan tangan seseorang untuk dapat mendeteksi frekuensi denyut nadi.

B. Populasi dan Sampel

Percobaan ini melibatkan 35 responden dengan 4 kali pengulangan untuk setiap respondennya. Populasi pada penelitian ini adalah orang sehat yang tidak ada kelainan jantung.

C. Teknik Pengambilan Data

Uji coba dilakukan dengan menempatkan prototipe sensor denyut jantung pada pergelangan tangan seseorang lalu setelah frekuensi denyut nadinya stabil dicatat dan dibandingkan dengan hasil pemeriksaan denyut nadi yang diukur menggunakan alat standar yaitu *bedside monitor*.

D. Instrumen dan Teknik Analisis

Prototipe sensor denyut jantung yang dibuat adalah prototipe yang dapat mendeteksi denyut jantung seseorang. Prototipe ditempatkan pada pergelangan tangan seseorang untuk dapat mendeteksi frekuensi denyut nadi. Selain prototipe sensor denyut jantung, juga akan dibangun sebuah aplikasi *smartphone* untuk menerima informasi frekuensi denyut jantung dari prototipe sensor denyut jantung yang telah diletakan di pergelangan tangan. Setelah prototipe sensor denyut jantung dan aplikasi untuk menerima frekuensi denyut jantung pada *smartphone* siap, baru akan dilakukan uji coba laboratorium.

E. Teknik Analisis Data

Data yang akan dihasilkan dalam penelitian adalah data frekuensi jantung dari hasil pemeriksaan oleh prototipe sensor denyut jantung dan frekuensi nadi dari hasil pemeriksaan alat standar *bedside monitor*. Jadi data yang dihasilkan berupa data numerik. Analisis data yang akan digunakan adalah uji t independent dan uji sensitivitas dan spesivitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian Kuantitatif

Pada tahap pengembangan prototipe sensor denyut nadi dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu 1) *Focus Group Discussion* (FGD) tim peneliti dengan tim teknis, 2) mengidentifikasi jenis sensor yang akan digunakan dengan mempertimbangkan tingkat akurasi dalam mendeteksi denyut nadi, 3) menelaah skematik alur aplikasi *early warning system* henti jantung berbasis *smartphone*. Proses pengembangan prototipe sensor denyut nadi dilakukan oleh tim dari teknik elektro dan pengembangan aplikasi *early warning system* pada *smartphone* dikerjakan oleh tim teknik informatika.

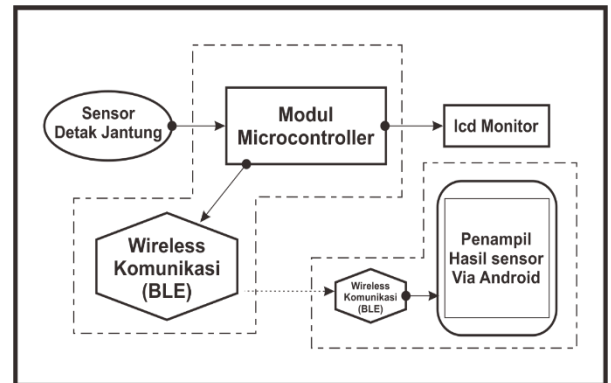
Setelah masing-masing tim selesai, dilakukan uji coba prototipe sensor denyut nadi dan aplikasi *early warning system* pada *smartphone*. Berikut di uraikan tahapan pengembangan prototipe sensor denyut nadi dan aplikasi *early warning system* pada *smartphone*.

1. Rancangan desain prototipe sensor denyut nadi

Rancangan design prototipe terdiri dari beberapa blok diagram rangkaian yang disusun menjadi suatu prototipe sensor denyut nadi berbasis komunikasi bergerak menggunakan *smartphone*. Desain rancangan prototipe sensor denyut nadi secara skematik.

Prototipe sensor terdiri dari tiga blok utama, yaitu blok input, blok proses, dan blok output. Seperti yang terlihat pada Gambar 1 tampilan hasil sensor denyut jantung dapat terlihat pada LCD berupa

frekuensi denyut nadi setiap menitnya dan dikirimkan ke *smartphone* melalui *Bluetooth Low Energy* (BLE). Pada *smartphone* juga di desain untuk mengaktifkan alarm (bunyi sirine) jika frekuensi nadi tidak terdeteksi oleh *prototype* sensor denyut nadi untuk memberi tanda bahwa seseorang sedang mengalami serangan jantung.

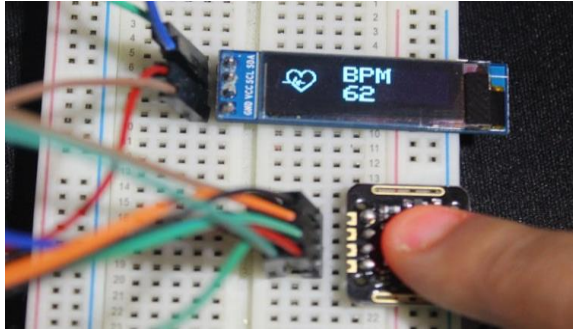


Gambar 1. Skematik prototipe sensor denyut jantung

Pada blok input digunakan sensor deteksi denyut nadi. Sensor ini merupakan sensor yang dapat mendeteksi denyut nadi berdasarkan aliran darah. Sensor ini dapat di operasikan dengan menempelkan ke bagian tubuh seperti jari, lengan, pergelangan, dada, dan ke tempat-tempat dimana ada aliran denyut nadi atau darah. Sensor input yang digunakan oleh prototipe alat ini adalah sensor denyut nadi. Setelah dari blok input data akan dikirimkan pada blok proses.

Blok proses tersusun atas 2 bagian, yaitu *microcontroller* dan *Wireless Bluetooth Low Energy* (BLE). Modul *microcontroller* ini bertindak sebagai prangkat pemrosesan data pada alat monitoring irama jantung yang didapat dari alat sensor *pulse heart sensor*. Module *microcontroller* yang digunakan adalah *microcontroller* ESP32. Setelah data diolah oleh *microcontroller*, hasilnya akan ditampilkan pada LCD blok output. Selain itu hasil pengolahan data juga akan dikirimkan ke perangkat *Wireless* yang tertanam pada satu blok dengan *microcontroller* ini yang dapat terlihat pada Gambar 2.

Perangkat *Wireless* yang digunakan berjenis *Bluetooth Low Energi*, karena keterbatasan sumber catudaya yang terpasang pada perangkat monitor frekuensi nadi. Hasil pengolahan data yang dilakukan oleh *module microconatroller* dikirimkan ke perangkat *smartphone* melalui perangkat *Wireless*.



Gambar 2: Rancangan prototipe sensor denyut nadi

2. Finishing Perakitan Prototipe Alat Sensor Irama Jantung

Setelah proses perakitan prototipe sensor selesai, langkah selanjutnya adalah perakitan *casing* untuk menempatkan prototipe sensor denyut nadi agar mudah dan nyaman digunakan oleh responden saat dilakukan uji coba yang dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Casing* sensor denyut nadi

3. Pengembangan Program pada Smartphone

Pengembangan program aplikasi denyut nadi pada *smartphone* dibuat agar dapat menerima informasi yang diolah oleh *microcontroller* yang dikirim melaui perangkat BLE yang tertanam dalam prototipe sensor denyut nadi.

B. Analisis Data Pengukuran Frekuensi Denyut Nadi

1. Analisis Univariat

Pengambilan data penelitian dilakukan mulai tanggal 12 – 31 Oktober 2023. Pengambilan data dilakukan pada 35 naracoba sehat dengan 4 kali pengukuran pada setiap respondennya. Pada pengumpulan data pengukuran denyut nadi didapatkan hasil rata-rata frekuensi nadi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Frekuensi Nadi

Deskripsi	<i>Bedside Monitor</i>	Prototipe Sensor
1. Mean	75,91	74,49
2. Standar Deviasi	9,3	8,0
3. Median	75,50	74,00
4. Minimum	42	58
5. Maksimum	99	113

Berdasarkan hasil analisis rata-rata frekuensi denyut nadi pada Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa, perbedaan frekuensi denyut nadi responden yang diukur dengan prototipe sensor denyut nadi yang dibandingkan dengan alat standar *bedside monitor* ada perbedaan 1,42 dengan selisih standar deviasi 1,3.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dalam penelitian ini memanfaatkan uji Wilcoxon. Uji *Wilcoxon Signed Rank Test* merupakan suatu metode nonparametrik yang digunakan untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan antara dua kelompok data yang memiliki pasangan, namun berskala ordinal atau interval, serta tidak mengikuti distribusi normal. Uji *Wilcoxon Signed Rank Test* berfungsi sebagai alternatif untuk uji t berpasangan atau *t-paired Test* dalam situasi di mana asumsi normalitas tidak terpenuhi.

Pada uji kenormalan data frekuensi nadi menggunakan prototipe sensor denyut nadi didapatkan angka *skewness*nya 1,562 dengan standar *error* 0,205 sehingga nilai yang didapat adalah 7,6 dimana nilai ≥ 2 , oleh karena itu data diketahui tidak terdistribusi secara normal. Pada data frekuensi nadi dengan menggunakan alat

standar *bedside monitor* didapatkan angka *skewnessnya* (0,073) dengan standar *error* 0,205 sehingga nilai yang didapat adalah (0,36) dimana nilai ≤ 2 , yang berarti datanya terdistribusi secara normal. Tidak terpenuhinya persyaratan uji beda secara parametrik, maka uji beda pada penelitian ini digunakan uji beda non parametrik dengan Uji *Wilcoxon Signed Rank Test*.

Tabel 2. Tabel hasil Uji Wilcoxon Signed Rank Test

No	Deskripsi	Katagori Bedside - Katagori Sensor
1	Z	0,000 ^b
2	Asymp. Sig. (2-tailed)	1

Dari tabel 2 diatas, berdasarkan hasil dari perhitungan *Wilcoxon Signed Rank Test*, maka nilai Z yang didapat sebesar 0,000 dengan *p value* (Asymp. Sig 2 tailed) sebesar 1,000 di lebih dari batas kritis penelitian 0,05 sehingga keputusan hipotesis adalah menerima H_0 yang berarti tidak terdapat perbedaan bermakna antara kelompok yang diukur dengan prototipe sensor denyut nadi dengan alat standar baku yaitu *bedside monitor*.

3. Uji Sensitifitas dan Spesifitas

Sensitivitas merujuk pada rasio hasil positif pada individu yang benar-benar sakit, mengindikasikan kemampuan suatu tes untuk mengidentifikasi dengan benar orang-orang yang memiliki kondisi tersebut. Sensitivitas yang tinggi menunjukkan bahwa tes cenderung memberikan hasil positif yang akurat pada individu yang sebenarnya sakit, sedangkan sensitivitas yang rendah dapat menghasilkan jumlah kesalahan positif palsu yang lebih tinggi.

Spesifisitas, di sisi lain, mengacu pada rasio hasil negatif pada individu yang sehat, mencerminkan kemampuan tes untuk dengan tepat menilai individu yang tidak memiliki kondisi tersebut. Spesifisitas yang tinggi menandakan bahwa tes memiliki kecenderungan memberikan hasil negatif yang akurat pada individu yang sebenarnya tidak sakit,

sedangkan spesifisitas yang rendah dapat mengakibatkan peningkatan jumlah kesalahan negatif palsu.

Penilaian kinerja uji percobaan melibatkan nilai-nilai sensitivitas dan spesifisitas yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Sensitifitas dan Spesifitas

No	Deskripsi	Nilai
1	Sensitivitas	98,53
2	Spesifitas	50
3	Nilai duga positif	98,53
4	Nilai duga negatif	50
5	Rasio kemungkinan +	1,97
6	Rasio kemungkinan -	0,03

Hasil analisis data sensitivitas dan spesifitas prototipe sensor denyut nadi seperti pada tabel 4, dapat dijelaskan bahwa sensitifitas prototipe alat sensor denyut nadi sebesar 98,53%. Hal ini menunjukkan kemampuan prototipe untuk menyatakan jumlah frekuensi nadi normal pada orang-orang yang memang frekuensi denyut nadinya normal adalah 98,53%. Spesifitas prototipe alat sensor denyut nadi 50%, hal ini bermakna bahwa prototipe sensor denyut nadi untuk menyatakan denyut nadi tidak normal pada orang-orang yang memang denyut nadinya tidak normal sebesar 50%.

C. Pembahasan

1. Perancangan Prototipe

Sensor detak jantung menggunakan prinsip kerja *photoplethysmography*, suatu metode *optis* yang relatif sederhana untuk secara *non-invasif* mendeteksi perubahan volume darah setiap kali jantung berdetak di jaringan pembuluh darah (Abdullah et al., 2023). Sinyal yang dihasilkan oleh sensor menghasilkan gelombang yang dikenal sebagai *photoplethysmogram* (PPG). Saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh, setiap detak disertai dengan munculnya gelombang pulsasi yang menyebar melalui arteri hingga mencapai lapisan kapiler di tangan (khususnya pada jari), tempat sensor detak jantung dipasang.

Darah yang memiliki warna merah, memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya merah dan menyerap cahaya hijau (Zeng *et al.*, 2021). Dalam prototipe ini, digunakan lampu LED berwarna hijau yang dipasangkan dengan *fotodioda* yang sensitif terhadap cahaya untuk mengukur jumlah aliran darah pada pergelangan tangan. Ketika jantung berdetak, aliran darah meningkat di pergelangan tangan sehingga penyerapan cahaya hijau juga meningkat. Sebaliknya, antara dua detak jantung, aliran darah menurun. Dengan mengaktifkan dan mematikan lampu LED berulang kali setiap detik, prototipe dapat menghitung frekuensi detak jantung setiap menit.

2. Hasil Pengukuran Frekuensi Denyut Nadi

Hasil penelitian dengan uji beda dua mean non parametrik Uji *Wilcoxon Signed Rank Test* didapatkan *p value* sebesar 1,0. Nilai *p value* ini lebih besar dari nilai α (0,05) dan bermakna bahwa tidak ada perbedaan antara hasil frekuensi denyut nadi yang dideteksi oleh prototipe sensor denyut nadi dengan frekuensi denyut nadi yang dideteksi oleh alat standar *bedside monitor*.

Hasil analisis sensitifitas dan spesifitas prototipe sensor denyut nadi didapatkan nilai sensitifitas 98,5% dan spesifitas 50%. Hasil analisis menggambarkan bahwa nilai sensitifitas yang didapat secara keseluruhan diatas 98%, hal ini bermakna bahwa kemampuan prototipe untuk mendapatkan hasil frekuensi nadi yang sesuai dengan frekuensi nadi sebenarnya adalah sebesar 98%. Selain itu, spesifisitas dari prototipe sensor denyut nadi mencapai 50%, yang mengindikasikan bahwa kemampuan prototipe dalam mengidentifikasi hasil frekuensi nadi yang tidak normal pada kelompok yang memang memiliki frekuensi nadi tidak normal mencapai 50%.

Selain hasil perhitungan analisis statistik, perlu juga disampaikan pada

pembahasan ini bahwa ada beberapa kondisi yang berpengaruh terhadap efektivitas prototipe dalam melakukan sensor terhadap denyut nadi, diantaranya adalah warna kulit. Warna kulit yang gelap, atau adanya tato pada kulit akan menutup kulit dan menghalangi cahaya sensor sehingga pembacaan menjadi tidak akurat (Ray *et al.*, 2023).

Selain itu perfusi kulit atau seberapa banyak darah yang mengalir melalui kulit juga berpengaruh terhadap keakuratan dalam mendeteksi frekuensi denyut nadi (Henry *et al.*, 2022). Pada seseorang yang perfusi kulitnya baik, semakin besar volume darah yang dialirkan ke kulit, maka pembacaan oleh sensor akan semakin baik dan akurat, dibandingkan pada seseorang yang perfusi kulitnya kurang baik (Henry *et al.*, 2022).

Suhu lingkungan akan berpengaruh pada perfusi kulit manusia (Krauledas, 2021). Suhu yang dingin akan menyebabkan kulit dan pembuluh darahnya mengalami *vasokonstriksi*, sehingga perfusi darah kulit akan semakin sedikit, dan hal ini akan mengganggu pembacaan sensor, sehingga sensor kurang akurat dalam memberikan informasi frekuensi denyut nadi (Thapa *et al.*, 2021). Suhu yang panas akan menyebabkan kulit dan pembuluh darah melakukan *vasodilatasi*, sehingga perfusi darah akan semakin baik dan sensor akan dapat dengan mudah dan akurat dalam mensensor sirkulasi darah, sehingga frekuensi denyut nadi yang diinformasikan akan semakin akurat (Indarjulianto *et al.*, 2022).

Menurut (Real, 2016) untuk dianggap sebagai tes diagnostik dan skrining yang baik, sebuah prototipe tidak hanya harus memiliki tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi, melainkan juga wajib memenuhi beberapa karakteristik khusus. Karakteristik yang membuat suatu prototipe dianggap baik mencakup hal-hal berikut:

1. Kemudahan pelaksanaan mengindikasikan bahwa uji tertentu tidak memerlukan keahlian khusus atau spesialisasi untuk melaksanakannya. Kemudahan ini dapat dicapai dengan pelatihan singkat bagi tenaga medis.
2. Kebebasan dari risiko dan ketidaknyamanan berarti bahwa uji tersebut tidak melibatkan tindakan *invasif* dan menyebabkan sedikit atau bahkan tidak ada ketidaknyamanan bagi pasien. Salah satu aspek ketidaknyamanan dapat merujuk pada minimnya rasa sakit atau nyeri selama pelaksanaan uji.
3. Dapat diterima di masyarakat menunjukkan bahwa uji skrining tidak bertentangan dengan norma dan etika yang berlaku dalam masyarakat.

Berdasarkan pada tiga kriteria diatas dan tentunya nilai sensitifitas dan

spesifitas yang tinggi, maka layak kiranya prototipe sensor denyut nadi untuk dapat digunakan oleh masyarakat yang berisiko untuk mengalami henti jantung.

PENUTUP

Penelitian untuk mendapatkan prototipe sensor denyut nadi yang memiliki nilai sensitifitas yang tinggi telah terpenuhi, tetapi nilai spesifitas masih berada dalam kategori cukup. Hal ini bermakna prototipe sensor denyut nadi telah dapat mengukur frekuensi denyut nadi hampir mendekati sama dengan alat standar yang digunakan. Sehingga prototipe ini dapat digunakan untuk mengukur frekuensi nadi seseorang. Selanjutnya penelitian dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya untuk memberikan panduan resusitasi jantung paru pada orang awam yang akan ditambahkan pada aplikasi di *smartphone*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, . *et al.* (2023) 'PPGFeat: a novel MATLAB toolbox for extracting PPG fiducial points', *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. Available at: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1199604>.
- Alkarithi, G. *et al.* (2021) 'Thrombus Structural Composition in Cardiovascular Disease', *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 41(9), pp. 2370–2383. Available at: <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.315754>.
- Bhoyar, M.R. *et al.* (2015) 'Heart Attack Detection System Using Android Phone', *Ijfeat International Journal For Engineering Applications And Technology*, 1(8), pp. 79–82.
- Brown, R.B. (2023) 'Phosphate toxicity and SERCA2a dysfunction in sudden cardiac arrest', *The FASEB Journal*, 37(7). Available at: <https://doi.org/10.1096/fj.202300414R>
- Del Buono, M.G. *et al.* (2023) 'Heart Failure After ST-Elevation Myocardial Infarction: Beyond Left Ventricular Adverse Remodeling', *Current Problems in Cardiology*, 48(8), p. 101215. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101215>.
- Di Domenico, A., Trichilo, M. and Sciarra, F. (2023) '[An unexpected ST-elevation].', *Giornale italiano di cardiologia* (2006), 24(9), p. 740. Available at: <https://doi.org/10.1714/4084.40683>.
- Dilbahar, S. *et al.* (2021) 'Association between TIMI Risk Score and in-Hospital Mortality in Acute STEMI Patients Undergoing Primary PCI', *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 16(11), p. 158. Available at:
- Ekawati, F.A., Saleh, M.J. and Astuti, A.S. (2020) 'Hubungan Pengetahuan Perawat Tentang NEWSS dengan

- Penerapannya', *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 11(1), pp. 413–422. Available at: <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i1.317>.
- Fransiska Anita Ekawati, Miftahul Jannah Saleh, A.S.A. (2020) 'Hubungan Pengetahuan Perawat Tentang NEWSS dengan Penerapannya', *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 11(1), pp. 413–422.
- Henry, Nicole R. DO, MPH; Hanson, Andrew C. MS; Schulte, Phillip J. PhD; Warner, Nafisseh S. MD; Manento, Megan N. MD; Weister, Timothy J. MS5; Warner, M.A.M. (2022) 'Cite Share Favorites Permissions FEATURE ARTICLES Disparities in Hypoxemia Detection by Pulse Oximetry Across Self-Identified Racial Groups and Associations With Clinical Outcomes*', *FEATURE ARTICLES Disparities in Hypoxemia Detection by Pulse Oximetry Across Self-Identified Racial Groups and Associations With Clinical Outcomes** Henry, Nicole R. DO, MPH1; Hanson, Andrew C. MS2; Schulte, Phillip J. PhD2; Warner, Nafisseh S. MD3; Manent, 50(2), pp. 204–211. Available at: <https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000005394>.
- Hill, E.E. *et al.* (2022) 'Classic Presentation of Catecholaminergic Polymorphic Ventricular Tachycardia: A Case Report', *Cureus* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.7759/cureus.29844>.
- Indarjulianto, S. *et al.* (2022) 'Physiology Value of Breath, Pulse and Body Temperature of Cattle', in *BIO Web of Conferences*. Available at: <https://doi.org/10.1051/BIOCONF/20224901007>.
- John McFarland (2023) *Cardiac arrest, American Heart Association*.
- Krauledas, S. (2021) 'Investigation of textile heating element in simulated wearing conditions', 21(3). Available at: <https://doi.org/10.2478/aut-2019-0080>.
- Luan, S. *et al.* (2021) 'Public knowledge of stroke and heart attack symptoms in China: a cross-sectional survey', *BMJ Open*, 11(1), p. e043220. Available at: <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2020-043220>.
- Medistya Putri, E.S., Adi S, S. and Budiarto, M. (2022) 'Risk Factors of Coronary Heart Disease in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus', *Majalah Biomorfologi*, 32(1), p. 13. Available at: <https://doi.org/10.20473/mbiom.v32i1.2022.13-17>.
- Okorare, O. *et al.* (2023) 'Smoking Cessation and Benefits to Cardiovascular Health: A Review of Literature', *Cureus*, 15(3). Available at: <https://doi.org/10.7759/CUREUS.35966>.
- Panchal, A.R. *et al.* (2020) *Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care, Circulation*. Available at: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000916>.
- Perkins, G.D. *et al.* (2021) *Epidemiology of cardiac arrest Guidelines-Out of hospital cardiac arrest (OHCA) in the UK, Resuscitation Council (UK)*. Available at: <https://www.resus.org.uk/library/2021-resuscitation-guidelines/epidemiology-cardiac-arrest-guidelines> (Accessed: 29 February 2024).
- Perman, S.M. *et al.* (2024) '2023 American Heart Association Focused Update on Adult Advanced Cardiovascular Life Support: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary

- Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care', *Circulation*, 149(5). Available at: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001194>.
- Ray, D. *et al.* (2023) 'Skin color can impact the accuracy of pulse rate sensing prototypes due to factors such as the absorption of light by melanin in darker skin tones and tattoos', *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 16, pp. 136–151. Available at: <https://doi.org/10.1109/RBME.2021.3121476>.
- Real, R., Snider, C., Goudswaard, M. & Hicks, B. 2021 Dimensions of knowledge in prototyping: A review and characterisation of prototyping methods and their contributions to design knowledge. *Proceedings of the Design Society 1*, 1303–1312 Available from: https://www.researchgate.net/publication/362060160_Dimensions_of_Prototyping_Knowledge_Characterising_Prototype_Evaluation_Methods_and_Their_Contributions_to_Design_Knowledge
- Sandroni, C., Cronberg, T. and Sekhon, M. (2021) 'Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis', *Intensive Care Medicine*, 47(12), pp. 1393–1414. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06548-2>.
- Sarmah, S.S. (2020) 'An Efficient IoT-Based Patient Monitoring and Heart Disease Prediction System Using Deep Learning Modified Neural Network', *IEEE Access*, 8, pp. 135784–135797. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007561>.
- Shah, S.D.A. *et al.* (2022) 'Association between TIMI Risk Score and in-Hospital Mortality in Acute STEMI Patients Undergoing Primary PCI', *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*, 16(11), pp. 158–160. Available at: <https://doi.org/10.53350/pjmhs20221611158>
- Stygienė, L. *et al.* (2021) 'Investigation of Textile Heating Element in Simulated Wearing Conditions', *Autex Research Journal*, 21(3), pp. 207–215. Available at: <https://doi.org/10.2478/aut-2019-0080>.
- Thapa, D. *et al.* (2021) 'Dysfunctional TRPM8 signalling in the vascular response to environmental cold in ageing', *eLife*, 10. Available at: <https://doi.org/10.7554/eLife.70153>.
- Yan, S., *et al.* (2020a) 'The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis', *Critical Care*, 24(1), p. 61. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2773-2>.
- Yan, S. *et al.* (2020b) 'The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis', *Critical Care*, 24(1), p. 61. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2773-2>.
- Zeng, W. *et al.* (2022) 'Heart Rate Detection Using SVM Based on Video Imagery', *Intelligent Automation & Soft Computing*, 32(1), pp. 377–387. Available at: <https://doi.org/10.32604/iasc.2022.017748>.

Efektivitas Program Latihan Aerobik pada Penurunan Nyeri Dismenore Primer: *Meta-analysis*

Effectiveness of Aerobic Exercise Programs in Reducing Primary Dysmenorrhea Pain: Meta-analysis

Marti Rustanti¹, Arif Fadli[✉], Yoga Handita Windiastoni¹

¹Jurusan Fisioterapi, Politeknik Kesehatan Surakarta, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Wanita dengan Dismenore Primer (DP) dapat merasakan nyeri hebat akibat hiperkontraktilitas saat menstruasi, hipoksia, dan iskemia otot rahim. Wanita dengan DP akan mengalami hambatan aktivitas belajar dan keseharian. Obat analgetik efektif menurunkan nyeri dismenore primer dengan efek samping mual dan muntah. Program latihan aerobik bisa menjadi solusi pengobatan nyeri DP tanpa efek samping.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas program latihan aerobik untuk pengurangan nyeri akibat dismenore primer.

Metode: *Systematic review* dan meta-analisis artikel publikasi tahun 2013 s/d 2023 pada desain *Randomized Control Trial* di databased PubMed, Google Scholar, OVID, ResearchGate, ScienceDirect. Program Revman 5.3 digunakan dalam analisis data dengan ukuran efek terapi pada penurunan nyeri DP.

Hasil: Lima artikel dengan 312 wanita DP dimasukan sintesis meta-analisis. Hasilnya menunjukan bahwa latihan aerobik efektif menurunkan nyeri akibat dismenore primer dibandingkan dengan kelompok kontrol tanpa intervensi dengan ukuran efek terapi adalah besar ($d = -2,03$; $CI = -3,37 - 0,69$; $P < 0,00001$).

Kesimpulan: Program latihan aerobik efektif menurunkan nyeri akibat dismenore primer. Latihan aerobik dapat menurunkan nyeri melalui peningkatan sirkulasi darah sistemik yang disertai penurunan sensitifitas gerak akibat dismenore primer.

Kata Kunci: latihan aerobik; nyeri; dysmenorrhoe primer

ABSTRACT

Background: Women with Primary Dysmenorrhea (PD) may experience obstacles to learning and daily activities. Analgesic drugs are effective in reducing the pain of primary dysmenorrhea with the side effects of nausea and vomiting. In addition, aerobic exercise programs can be a solution to treating primary dysmenorrhea pain without side effects.

Objective: This study aimed to evaluate the effectiveness of aerobic exercise programs for reducing pain due to primary dysmenorrhea.

Methods: Systematic review and meta-analysis of articles published from 2013 to 2023 on Randomized Control Trial designs in databased PubMed, GoogleScholar, OVID, ResearchGate, ScienceDirect. The Revman 5.3 program was used in data analysis to measure the effect of therapy on reducing DP pain.

Results: Five articles with 312 women who complained of DP were included in the meta-analysis synthesis. The results showed that aerobik exercise was effective in reducing pain due to PD compared to the control group without intervention with a large therapeutic effect size ($d = -2.03$; $CI = -3.37$ to -0.69 ; $P < 0.00001$).

Conclusion: Aerobic exercise programs are effective in reducing pain due to PD. Aerobic exercise can reduce pain by increasing systemic blood circulation accompanied by a decrease in movement sensitivity due to PD.

Keywords: aerobic exercise; pain; primary dysmenorrhea

✉Corresponding author: fadliarif31@gmail.com

Diajukan 31 Desember 2023 **Diperbaiki** 27 Januari 2024 **Diterima** 18 Februari 2024

PENDAHULUAN

Dismenore adalah keluhan umum wanita usia subur yang mengakibatkan gangguan aktifitas belajar dan bekerja (Akbas and Erdem, 2019). Dismenore terjadi pada wanita subur setelah 6 s/d 12 bulan dari *menarche*. Wanita dengan rentang usia 19 s/d 24 tahun akan mengalami proses keluarnya aliran darah menstruasi dengan disertai keluhan utama nyeri dan kram *spasmodic* otot abdomen (Jaleel *et al.*, 2022).

Dismenore Primer adalah keluhan fisiologis panggul sebelum atau selama menstruasi dengan manifestasi klinis nyeri sedang hingga nyeri yang tak tertahankan pada perut area bawah tanpa disertai penyakit dengan proses patologi di dalam panggul (Dehnavi *et al.*, 2018). Wanita dengan siklus menstruasi yang mengalami dismenore primer akan mengalami dampak negatif pada aktivitas keseharian, baik aktivitas belajar maupun aktivitas kerja yang dapat menurunkan kualitas hidup dan kesejahteraan wanita (Brito dos Santos *et al.*, 2021).

Nyeri hebat akibat *spasm* otot abdomen sebagai gejala klinis yang dominan muncul pada pasien dismenore primer. Prevalensi dismenore pada wanita usia 17 - 24 tahun adalah 67% - 90%, sedangkan prevalensi nyeri hebat pada wanita dengan *dysmenorrhoe* adalah 2% - 29% (Ju *et al.*, 2014). Dismenore primer umumnya diderita oleh wanita yang baru masuk pada fase rentang usia produktif dengan kebutuhan adanya kualitas hidup yang baik tanpa keluhan nyeri (Akbas & Erdem, 2019; Kirmizigil & Demiralp, 2020).

Nyeri hebat pada wanita dengan *dysmenorrhoe* primer dapat mengakibatkan hambatan gerak aktivitas fungsional dengan dampak lanjutan pada disabilitas dalam aktivitas keseharian (Brito dos Santos *et al.*, 2021). Peningkatan kadar prostaglandin pada organ reproduksi wanita dengan dismenore primer akan menyebabkan hiperkontraktilitas mio-

metrium uterus disertai gejala klinis nyeri hebat akibat iskemia dan hipoksia otot rahim (Kannan *et al.*, 2019).

Intervensi medikamentosa telah terbukti efektif untuk mengobati dismenore, akan tetapi program terapi latihan memberikan pilihan pengobatan dengan biaya rendah dan tanpa efek samping (Carroquino-Garcia *et al.*, 2019). Namun demikian, efektivitas program terapi latihan pada pengobatan pasien dismenore primer masih belum jelas (Armour *et al.*, 2019).

Wanita dengan dismenore primer dapat melakukan pemulihan nyeri yang berfokus pada otot dasar panggul secara mandiri dengan latihan kegel *exercise*. Kemudian, latihan aerobik dapat memberikan manfaat pemulihan kebugaran fisik dengan tipe gerakan yang dapat mengaktifasi seluruh anggota gerak termasuk otot abdomen dan otot dasar panggul untuk dapat bergerak tanpa nyeri.

Wanita yang kurang bergerak akan memiliki sensitifitas persepsi nyeri yang tinggi. Wanita yang rutin berolahraga terbukti secara klinis akan mengalami lebih sedikit episode gejala nyeri akibat dismenore dibandingkan wanita yang kurang bergerak dan berolahraga (Saleh *et al.*, 2016). Program latihan aerobik dapat disusun menyesuaikan kondisi pasien *dysmenorrhoe* primer baik dari aspek dosis, frekuensi, dan intensitas latihannya (Jaleel *et al.*, 2022).

Program terapi latihan aerobik sangat dibutuhkan dalam pengobatan pasien *dysmenorrhoe* primer. Bukti klinis dari latihan aerobik efektif dalam menurunkan nyeri dengan disertai perubahan gaya hidup sehat berolahraga dengan biaya rendah (Kannan *et al.*, 2021). Latihan aerobik dapat menstimulus keluarnya *endorphins* dalam tubuh yang bermanfaat untuk menurunkan nyeri dan meningkatkan rileksasi otot abdominal akibat dismenore primer (Dehnavi *et al.*, 2018). *Beta-endorfin* yang distimulus latihan

aerobik akan menghambat pelepasan substansi P sebagai protein penting untuk transmisi rasa sakit (Kannan *et al.*, 2019).

Latihan aerobik akan memberikan efek kebugaran fisik disertai dengan penurunan pelepasan prostaglandin dan substansi P sebagai katalisator terjadinya inflamasi penyebab nyeri (Kannan *et al.*, 2020). Program latihan pada wanita dengan keluhan dismenore primer memiliki target utama pada penurunan nyeri dengan dampak langsung pada perbaikan kualitas hidup (Kannan *et al.*, 2019). Selain itu, latihan aerobik tidak mempengaruhi siklus menstruasi pada wanita (Tamher *et al.*, 2019).

Hasil penelitian terdahulu tentang program latihan aerobik selama 12 minggu menunjukkan keefektifan dalam menurunkan keluhan nyeri disertai peningkatan kualitas hidup pasien *dysmenorrhoe* primer (Arora *et al.*, 2014). Intervensi latihan senam aerobik selama 4 minggu memberikan efek penurunan nyeri abdomen yang setara dengan kelompok *control* tanpa perlakuan pasien dismenore primer (Akbas and Erdem, 2019). Sesuai kajian diatas, maka studi ini bertujuan untuk meringkas data publikasi literatur yang ada mengenai efektivitas program latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan sistematis dan meta-analisis dengan kerangka kerja PICOS, yaitu nyeri akibat dismenore primer (population /problem), program latihan aerobik dilakukan dengan pendamping atau tanpa pendamping (intervention). Tidak ada intervensi baik medikamentosa maupun program latihan fisik (comparison), skala nyeri (outcome), data artikel metode penelitian *Randomized Control Trial* (study design).

B. Populasi dan Sampel

Artikel publikasi dicari pada periode waktu 10 tahun (tahun 2013 - 2023) pada tanggal 1 - 14 Desember 2023 dengan membuka 5 *database* elektronik, yaitu PubMed, Google Scholar, ResearchGate, OVID, dan ScienceDirect. Jumlah sebanyak 169 artikel hasil pencarian dan 11 artikel mengalami duplikasi sehingga didapatkan 158 yang telah disaring. Sebanyak 153 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi inklusi dan eksklusi sehingga terpilih sebanyak 5 artikel.

C. Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan dari *database* yang sudah ditentukan. Kata kunci pencarian data ini menggunakan kombinasi yaitu (*dismenore* OR "primary dismenore") AND (exercise OR "aerobik exercise" OR "zumba exercise"). Setelah ditemukan artikel yang berkaitan maka dilanjutkan dengan kriteria inklusi dan eksklusi.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah (1) artikel publikasi dengan desain studi *Randomized Control Trial*, (2) subyek penelitian adalah perempuan berusia 17 s/d 25 tahun dengan siklus menstruasi yang teratur (21-35 hari), (3) subjek penelitian mengeluhkan nyeri menstruasi selama dua bulan berturut-turut sebelumnya, (4) kelompok intervensi mendapatkan perawatan mandiri kebersihan diri seperti biasanya dan program latihan aerobik intensitas sedang s/d tinggi dengan instruktur atau tanpa instruktur, sedangkan kelompok kontrol dengan perawatan mandiri kebersihan diri seperti biasanya dan tidak mendapat intervensi baik medis maupun program latihan fisik, (5) persentase data subjek putus pengobatan dalam penelitian adalah 20% dengan hasil pengukuran intensitas nyeri.

Kriteria eksklusi studi ini adalah (1) subyek penelitian dengan keluhan nyeri perut bagian bawah sebelum atau selama menstruasi dengan disertai penyakit

patologi panggul, (2) subyek penelitian yang mengkonsumsi obat *analgesic* dan pil kontrasepsi, (3) abstrak dengan data artikel publikasi yang tidak lengkap dan tidak menggunakan bahasa Inggris tidak dimasukan dalam tinjauan sistematis ini.

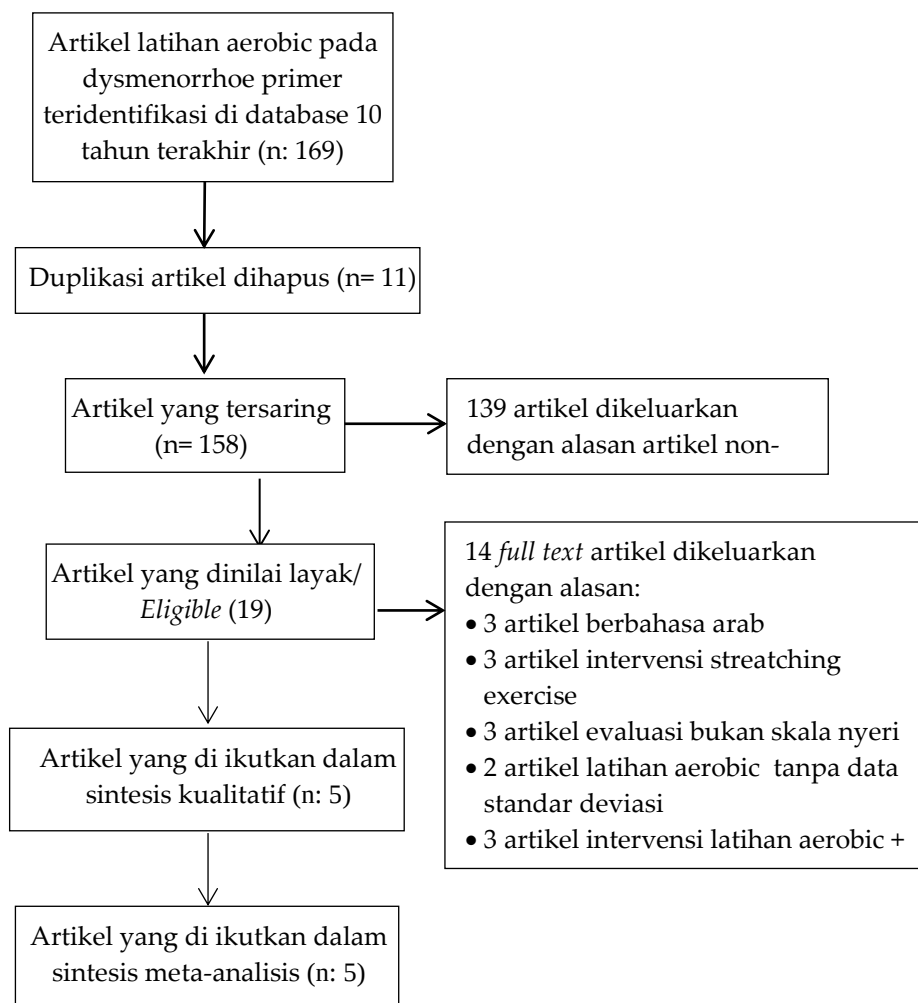
D. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian ini menggunakan penilaian kualitas artikel pada aspek *risk of bias publication* dengan instrumen *Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale* dengan klasifikasi skor total 0-3 kategori penilaian buruk, 4-5 kategori penilaian sedang, 6-8 kategori

penilaian baik, dan 9-10 kategori penilaian sangat baik, sedangkan evaluasi artikel intervensi untuk program latihan dengan skor total 8/10 adalah optimum. *Paired t-test* dilakukan untuk mengevaluasi efek pelatihan dan dianalisis menggunakan SPSS versi 20.0.

E. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program Revman 5.3 dengan *effect size Cohen's d*, jika $p \geq 0,05$ atau nilai $I^2 < 50\%$ maka digunakan *fixed effect*, jika $p < 0,05$ atau nilai $I^2 > 50\%$ maka menggunakan *random effect*.



Gambar 1. Alur diagram kerja dengan PRISMA tahun 2020

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti melakukan pencarian artikel dengan hasil 169 artikel. Sebanyak 158 artikel tersisa setelah menghapus 11 artikel duplikasi. Melalui penyaringan judul dan abstrak, 139 artikel dikeluarkan dengan

alasan desain penelitian non-RCT. Setelah meninjau kelayakan 19 artikel teks lengkap, 14 artikel dikeluarkan dengan 5 artikel dimasukan dalam sintesis kualitatif dan meta-analisis di gambar 1.

Tabel 1. Efektivitas Latihan Aerobik Pada Penurunan Nyeri Akibat Dismenore Primer

No	Penulis; Negara	Desain Penelitian	Karakteristik Subyek	Intervensi		Hasil
				Group Eksperimen	Group Kontrol	
1	Akbas & Erdem, 2019; Turki	RCT	Jumlah subyek 45 mahasiswa, 8 subyek drop out, di analisis 37 mahasiswa (18 GE 19 GK), rata-rata usia: 21.1 (IG) 21.20 (CG)	Program latihan Aerobik secara berkelompok 3x/minggu selama 4 minggu	Tidak ada intervensi latihan atau obat.	Program latihan senam aerobik selama 4 minggu sebanding dalam penurunan intensitas nyeri dismenore
2	Arora <i>et al.</i> , 2014; India	RCT	Jumlah subyek 60 mahasiswa (30 GE, 30 GK), rata-rata usia: 20.4 (GE) 20.73 (GK)	Program latihan aerobik berkelompok dengan treadmill 3-5 x/minggu selama 12	Tidak ada intervensi latihan atau obat.	Program latihan aerobik dengan treadmill selama 12 minggu lebih efektif menurunkan intensitas nyeri
3	Heidarimoghada m <i>et al.</i> , 2019; Iran	RCT	Jumlah subyek 86 mahasiswa (43 GE, 43 GK), rata-rata usia: 18,62 (GE) 18,67 (GK)	Program latihan aerobik berkelompok dengan protokol FITT	Tidak ada intervensi latihan atau obat.	Program latihan aerobik dengan protokol FITT lebih efektif menurunkan intensitas nyeri
4	Samy <i>et al.</i> , 2019; Mesir	RCT	Jumlah subyek 98 orang (49 GE, 49 GK), rata-rata usia: 21.41 (GE) 21.53 (GK),	latihan senam Zumba dalam komunitas selama 60 menit 2x/minggu selama 8 minggu	Tidak ada intervensi latihan atau obat.	Program latihan senam Zumba selama 8 minggu lebih efektif menurunkan intensitas nyeri dismenore
5	Lee & Shin, 2021; Korea Selatan	RCT	Jumlah subyek 39 orang (13 GE latihan aerobik, 13 GK), rata-rata usia: 21.4 (GE)	Program latihan aerobik dengan treadmill 3x/minggu	Tidak ada intervensi latihan atau obat.	Program latihan aerobik dengan treadmill lebih efektif dalam menurunkan intensitas nyeri

*Keterangan: GE; Group Eksperimen, GK; Group Kontrol, FITT; Frequency-Intensity-Time-Type.

Berdasarkan hasil telaah 4 dari 5 artikel mendeskripsikan metode intervensi terapi latihan aerobik secara berkelompok dalam komunitasnya, 3 dari 5 artikel yang diteliti menggunakan subyek mahasiswa. Hasil penilaian *PEDro Scale* didapatkan 2

artikel mendapatkan skor nilai 6/10 termasuk kategori penilaian baik, 2 artikel mendapatkan skor nilai 7/10 termasuk kategori penilaian baik dan 1 artikel mendapatkan skor nilai 8/10 termasuk kategori penilaian optimum.

Tabel 2. PEDro Scale Penilaian Kualitas Studi yang Dimasukan Meta-Analisis

Studi	Item penilaian PEDRO score											Total skor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Akbaş & Erdem, 2019	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	7/10
Arora <i>et al.</i> , 2014	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	6/10
Heidarimoghadam <i>et al.</i> , 2019	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	7/10
Samy <i>et al.</i> , 2019	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	8/10
Lee & Shin, 2021	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	6/10

Item kriteria skor PEDRO : (1) kriteria kelayakan, (2) alokasi acak, (3) alokasi tersembunyi, (4) perbandingan dasar, (5) subjek buta, (6) terapis buta, (7) penilai buta, (8) tingkat tindak lanjut/rata-rata subyek keluar, (9) analisis niat terhadap ancaman, (10) perbandingan antar kelompok, (11) poin estimasi variabilitas

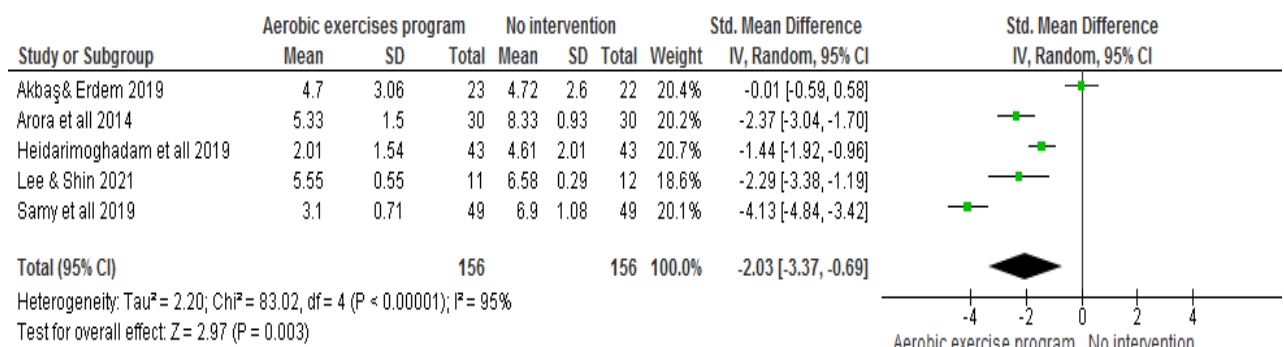
Keterangan tanda (+) : kriteria diterima, (-) : kriteria ditolak

Tabel 3. Meta-analisis Efektivitas Latihan Aerobik Pada Dismenore Primer

Penulis (tahun)	Negara	SMD	95 % CI	P
Akbaş & Erdem, 2019	Turki	-0.01	(-0.59 - 0.58)	0.021
Arora <i>et al.</i> , 2014	India	-2.37	(-3.04 - -1.70)	<0.001
Heidarimoghadam <i>et al.</i> , 2019	Iran	-1.44	(-1.92 - -0.96)	<0.001
Samy <i>et al.</i> , 2019	Mesir	-2.29	(-3.38 - -1.19)	<0.05
Lee & Shin, 2021	Korea Selatan	-4.13	(-4.84 - -3.42)	0.001

Gambar 2 menunjukkan *forest plot* efektivitas program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer 312 pasien. *Forest plot* menunjukkan efektivitas program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer dibandingkan tidak ada intervensi

medis dan terapi latihan (kelompok kontrol) adalah sangat besar dengan *effect size* ($d = -2,03$; CI = -3,37 sampai -0,69). Analisis statistik menunjukkan hasil sangat signifikan ($p < 0,001$), Heterogenitas ($I^2 = 95\%$) menunjukkan distribusi data heterogen (*random effect model*).

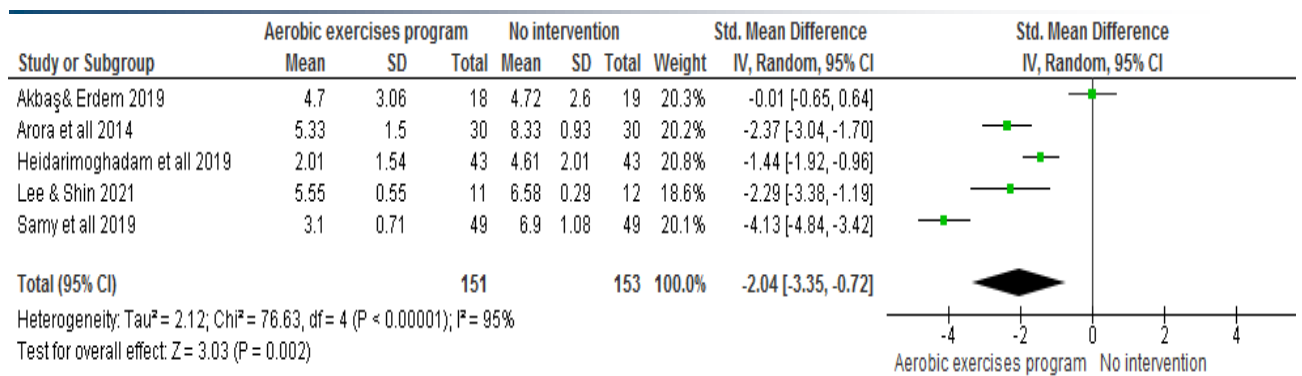


Gambar 2. Forest plot efektivitas terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer

Gambar 3 menunjukkan *forest plot* efikasi program latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer 304 pasien. *Forest plot* menunjukkan efikasi program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer dibandingkan tidak ada intervensi medis

dan terapi latihan (kelompok kontrol) adalah sangat besar dengan *effect size* ($d = -2,04$; CI = -3,35 sampai -0,72). Analisis statistik menunjukkan hasil sangat signifikan ($p < 0,001$), Heterogenitas ($I^2 = 95\%$) menunjukkan distribusi data heterogen (*random effect model*).

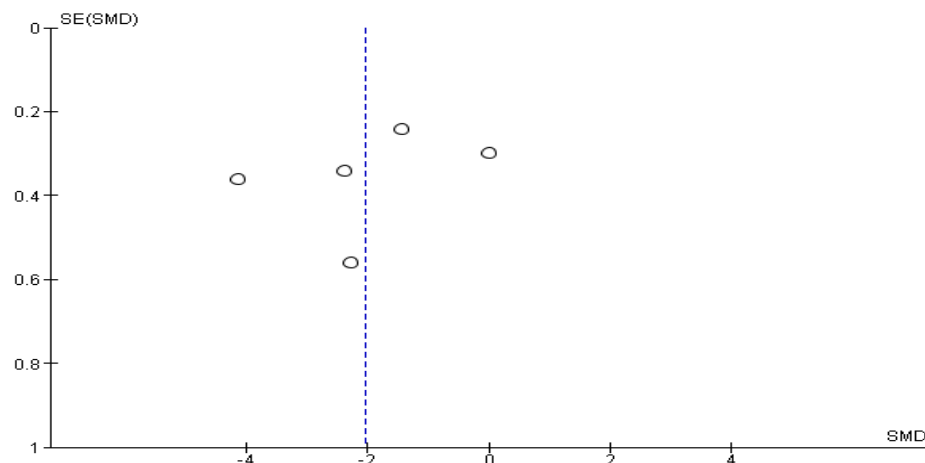
Efektivitas Program Latihan Aerobik...



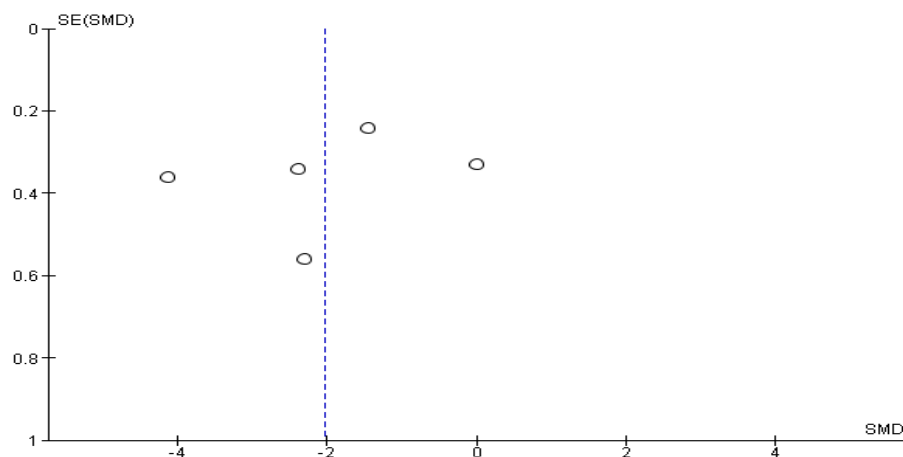
Gambar 3. Forest plot efikasi terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer

Gambar 4 menunjukkan indikasi ada bias publikasi dengan axis asimetris yang ditunjukkan sebaran 3 *funnel plot* sisi kiri dan

2 *funnel plot* sisi kanan. *Standard error funnel plot* sebelah kiri 0,38 – 0,59 dan *standard error funnel plot* sebelah kanan 0,25 – 0,32.



Gambar 4. Funnel plot efektivitas terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer



Gambar 5. Funnel plot efikasi terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer

Gambar 5 menunjukkan ada bias publikasi dengan indikasi axis asimetris yang ditunjukkan sebaran 3 *funnel plot* sisi kiri dan 2 *funnel plot* sisi kanan. *Standard*

error funnel plot sisi kiri 0,38 – 0,59 dan sebelah kanan 0,24 – 0,37.

Nyeri yang dirasakan pasien dismenore primer telah menyebabkan

gangguan aktifitas belajar dan produktifitas kerja. Nyeri yang dirasakan pasien dismenore primer akan mengakibatkan hambatan gerak fungsional dan disabilitas dalam aktivitas keseharian (Brito dos Santos *et al.*, 2021). Nyeri merupakan respon protektif terhadap peringatan dini sistem saraf terhadap potensi kerusakan jaringan (Khalid dan Tubbs, 2017).

Nyeri akibat dismenore primer disebabkan oleh siklus bulanan menstruasi yang disertai peningkatan mediator inflamasi. Peningkatan kadar prostaglandin pada organ reproduksi wanita dengan dismenore primer akan menyebabkan hiperkontraktilitas miometrium uterus disertai gejala klinis nyeri hebat akibat iskemia dan hipoksia otot rahim (Kannan *et al.*, 2019). Nyeri yang dirasakan pasien dismenore primer memiliki pilihan pengobatan selain konsumsi obat analgesik yaitu melalui program terapi latihan (Carroquino-Garcia *et al.*, 2019).

Gambar 2 menunjukkan efektivitas program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer dibandingkan kelompok control adalah sangat besar dengan *effect size* ($d = -2,03$; $CI = -3,37$ sampai $-0,69$). Sementara itu, Gambar 3. menunjukkan efikasi program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer dibandingkan kelompok kontrol adalah sangat besar dengan *effect size* ($d = -2,04$; $CI = -3,35$ sampai $-0,72$).

Peneliti menyimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan efek *Cohen's d* yang signifikan antara efektifitas program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer 312 pasien dibandingkan efikasi program terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer 304 pasien. *Attrition bias* tidak terjadi karena data pengukuran pasien tidak menyelesaikan program terapi adalah 8 pasien (2,6%) dari

312 pasien. Hasil tersebut sudah sesuai dengan kriteria inklusi batasan pasien yang tidak menyelesaikan proses intervensi adalah $> 20 \%$.

Instrumen penilaian skala nyeri menggunakan instrument *visual analogue scale* (VAS) dan *McGill Pain scale* dengan range penilaian 0 (tidak ada nyeri) sampai dengan 10 (nyeri hebat tak tertahankan). Analisis pada gambar 4 menunjukkan ada bias publikasi dengan indikasi axis asimetris yang ditunjukkan sebaran 3 *funnel plot* sisi kiri dan 2 *funnel plot* sisi kanan gambar. *Standard error funnel plot* sebelah kiri 0,32 – 0,53 dan *standard error funnel plot* sebelah kanan 0,25 – 0,29.

Berdasarkan gambar 5, *funnel plot* menunjukkan ada bias publikasi dengan indikasi axis asimetris yang ditunjukkan sebaran 3 *funnel plot* di sebelah kiri dan 2 *funnel plot* di sebelah kanan. *Standard error funnel plot* sebelah kiri 0,36 – 0,56 dan sebelah kanan 0,24 – 0,37. Perbedaan nilai standar deviasi (SD) antar data artikel yang besar menjadi penyebab adanya bias publikasi dengan indikasi axis sebaran *funnel plot* asimetris sebelah kiri dan kanan (Lin & Chu, 2018).

Penyebab bias publikasi dalam penelitian ini disebabkan keterbatasan akses peneliti dalam pencarian jumlah studi yang memadai dalam meta-analisis, dalam hal ini disebabkan oleh keterbatasan akses data artikel berbayar dan kriteria inklusi artikel yang diikutkan meta-analisis menggunakan satu bahasa internasional dalam pencarian data artikel (Sedgwick, 2013). Keterbatasan jumlah sampel disertai jumlah studi yang diikutkan dalam studi meta-analisis yang kurang memadai akan menyebabkan terjadinya bias seleksi (Lin & Chu, 2018).

Intervensi problematik nyeri telah berkembang pada pendekatan terapeutik berdasarkan mekanisme proses terjadinya nyeri dan tidak pada pendekatan terapi nyeri empiris sesuai keluhan pasien (Pinzon, 2015). Upaya promotif pada tahap

ekspresi klinis dengan program terapi latihan aerobik bertujuan untuk meningkatkan kebugaran fisik melalui intervensi determinan biopsikosial pasien dismenore primer sehingga dapat tercapai penurunan nyeri dan pemulihan fungsi tubuh (Murti, 2018).

Wanita dengan dismenore primer akan mengalami nyeri hebat yang disebabkan oleh hiperkontraktilitas saat menstruasi, hipoksia, dan iskemia otot rahim (Kannan *et al.*, 2019). Wanita dengan nyeri dismenore primer akan persepsikan gerak dan aktifitas keseharian akan menimbulkan nyeri. Wanita dengan siklus dismenore primer akan mengalami hambatan aktivitas keseharian dan belajar yang dapat menurunkan kualitas hidup wanita (Brito dos Santos *et al.*, 2021).

Program latihan aerobik secara teratur akan dapat meningkatkan sirkulasi darah sistemik termasuk sirkulasi darah ke otak yang dapat memberikan efek neurogenesis dalam pemulihan nyeri (Tarumi & Zhang, 2019). Peningkatan sirkulasi darah ke otak pada wanita dengan dismenore primer akan meningkatkan produksi hormon serotonin dengan manfaat langsung pada modulasi nyeri di pusat pemrosesan persepsi nyeri di *Anterior cingulate cortex* (Zhou *et al.*, 2022).

Latihan aerobik memiliki efek analgesik melalui perubahan hormonal pada jaringan epitel uterus atau peningkatan kadar endorfin (S Saleh *et al.*, 2016). Latihan aerobik memiliki efek *analgesic* melalui mekanisme fisiologi yang di induksi oleh gerakan latihan yang bersifat ritmis, teratur, dan melibatkan semua anggota gerak tubuh termasuk otot dasar panggul. Gerakan latihan aerobik sangat efektif untuk mengaktivasi seluruh anggota gerak untuk bergerak. Aktivasi seluruh anggota gerak akan meningkatkan sirkulasi darah sistemik dan dapat mengendalikan proses patogenesis nyeri akibat *dysmenorrhoe* primer (Jaleel *et al.*,

2022).

Jenis latihan yang memiliki manfaat pada penurunan nyeri wanita dengan dismenore primer adalah latihan relaksasi, *strengthening exercises*, *stretching exercises*, latihan aerobik, *pelvic floor muscle strengthening exercises*, yoga dan latihan Pilates. Namun demikian, program terapi latihan aerobik memiliki kelebihan sebagai program terapi dengan durasi latihan yang lama yang disertai efikasi diri peserta yang tinggi dalam menyelesaikan program latihan (Kirmizigil & Demiralp, 2020). Selain itu, terapi latihan aerobik efektif menurunkan nyeri akibat dismenore primer dengan menggunakan protokol intervensi *Frequency, Intensity, Time, and Type of exercises* (FITT) sesuai tingkat keparahan nyeri (Heidarimoghadam *et al.*, 2019).

Berdasarkan data efektivitas terapi latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer pada gambar 2, maka latihan aerobik yang dilaksanakan secara berkelompok pada komunitas akan memberikan efek penurunan nyeri yang jauh lebih besar dibandingkan terapi latihan aerobik secara personal. Latihan aerobik yang dilaksanakan secara berkelompok pada komunitas akan meningkatkan interaksi sosial peserta dengan instruktur latihan dan peserta lain. Interaksi sosial akibat program latihan aerobik dalam komunitas akan berdampak pada peningkatan pengetahuan dan perbaikan motivasi intrinsik dalam latihan (Samy *et al.*, 2019).

Peningkatan tingkat pengetahuan tentang manfaat latihan aerobik disertai perbaikan motivasi intrinsik dalam latihan hanya akan efektif dicapai dengan metode latihan aerobik secara berkelompok dalam komunitas dengan disertai bimbingan instruktur latihan (Pedersen *et al.*, 2017). Program latihan aerobik bukan hanya latihan berjalan dan berlari, akan tetapi dapat dilakukan dengan latihan senam kebugaran yang atraktif seperti senam

Zumba dengan fasilitasi instruktur (Tamher *et al.*, 2019).

Wanita yang kurang bergerak akan memiliki sensitifitas persepsi nyeri yang tinggi saat menstruasi. Wanita yang rutin berolahraga terbukti secara klinis tidak mengalami nyeri dismenore yang mengganggu aktifitas keseharian dan bekerja (S Saleh *et al.*, 2016). Pasien *dysmenorrhoe* primer dapat menerapkan latihan aerobik dengan intensitas dan dosis Latihan yang dapat disesuaikan (Jaleel *et al.*, 2022).

Penurunan nyeri akan berdampak langsung pada perbaikan aktivitas keseharian dan kualitas hidup pasien dismenore primer (Kannan *et al.*, 2019). Selain itu, latihan aerobik tidak mempengaruhi siklus menstruasi pada wanita (Tamher *et al.*, 2019). Latihan aerobik dapat mengendalikan kadar glukosa darah dan meningkatkan kerja insulin yang dapat mempengaruhi kesuburan sistem reproduksi Wanita (Tamher *et al.*, 2019).

Program latihan aerobik terbukti efektif dalam mewujudkan derajat kesehatan wanita. Pemerintah melalui Kementerian Kesehatan RI sebagai ujung tombak pelayanan kesehatan pada masyarakat dapat mengoptimalkan metode pendekatan program latihan aerobik sebagai metode pemberdayaan wanita usia subur untuk hidup sehat dengan berolah raga secara rutin. Program latihan aerobik secara rutin memberikan efek langsung pada efikasi diri berolah raga sebagai gaya hidup sehat yang menetap sebagai hasil program pemberdayaan wanita dengan dismenore primer (Streetman *et al.*, 2023).

Wanita dengan dismenore primer akan mampu mendapatkan pelayanan kesehatan berkualitas dengan metode pendekatan pemberdayaan wanita sebagai strategi hemat biaya dengan fasilitasi penurunan hambatan akses pada layanan kesehatan (Kawuki *et al.*, 2022). Program

latihan aerobik efektif meningkatkan efikasi diri wanita dengan dismenore primer untuk rajin berolah raga aerobik secara rutin. Peningkatan efikasi diri wanita dalam berolah raga disebabkan oleh perubahan pikiran, keyakinan, emosi, dan respon perilaku wanita dengan dismenore primer untuk hidup sehat (Rogers *et al.*, 2023).

Perubahan gaya hidup dengan rajin berolahraga dengan latihan aerobik akan sangat membantu pemulihan dismenore primer yang dapat menggantikan peran obat analgesik dan terapi hormonal (Gutman *et al.*, 2022). Oleh karena itu, program pendidikan perilaku hidup sehat pada wanita usia subur membutuhkan perencanaan dalam mengubah kepercayaan diri dan pemahaman yang lebih baik pada gaya hidup sehat dengan rajin berolah raga aerobik (Singh *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penelitian klinis lanjutan yang memasukan komponen pemberdayaan wanita dengan dismenore primer bisa menjadi kebutuhan dimasa yang akan datang dengan mengingat manfaat dari latihan aerobik pada penurunan nyeri akibat dismenore primer.

PENUTUP

Program latihan aerobik efektif menurunkan nyeri akibat dismenore primer. Latihan aerobik dapat menurunkan nyeri melalui peningkatan sirkulasi darah sistemik yang disertai penurunan sensitifitas gerak akibat dismenore primer. Penulis menyarankan aplikasi latihan aerobik dengan menggunakan dosis latihan 3x/minggu selama 8 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbas, Eda, Erdem, E.U. (2019) 'Effectiveness of group aerobic training on menstrual cycle symptoms in primary dysmenorrhea', *Medical Journal of Bakirkoy*, 15(3), pp. 209–216. Available at:

- <https://doi.org/10.4274/BTDMJB.gale.nos.2018.20180621103019>.
- Armour, Mike, Ee, Carolyn C, Naidoo, Dhevaksha, Ayati, Zahra, Chalmers, K Jane, Steel, Kylie A, de Manincor, Michael J, Delshad, E. (2019) 'Exercise for dysmenorrhoea', *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(9). Available at: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd004142.pub4>.
- Arora, A., Yardi, S., Gopal, S. (2014) 'Effect of 12-Weeks of Aerobic Exercise on Primary Dysmennorrhea', *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal*, 8(3), p. 214. Available at: <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2014.00384.0>.
- Brito dos Santos, Luana, Ferreira, Caroline Wanderley Souto, Gonçalves, Caroline Gomes, de Oliveira Xavier, Mikaela Aparecida, Dantas, Jardelina Hermecina, Barbosa, I.R. and da Câmara, Saionara Maria Aires, Dantas, D. (2021) 'Association among dysmenorrhea and activity limitation and participation restrictions in adult women: a cross-sectional study, Brazil -2017', *Archives of Public Health*, 79(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13690-021-00721-1>.
- Carroquino-Garcia, Paloma, Jiménez-Rejano, José Jesús, Medrano-Sanchez, Esther, De La Casa-Almeida, Maria, Diaz-Mohedo, Esther, Suarez-Serrano, C. (2019) 'Therapeutic Exercise in the Treatment of Primary Dysmenorrhea: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Physical Therapy*, 99(10), pp. 1371–1380. Available at: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz101>.
- Dehnavi, Z.M., Jafarnejad, F., Kamali, Z. (2018) 'The Effect of aerobic exercise on primary dysmenorrhea: A clinical trial study', *Journal of Education and Health Promotion*, (January), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.4103/jehp.jehp>.
- Gutman, G., Nunez, A.T., Fisher, M. (2022) 'Dysmenorrhea in adolescents', *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 52(5). Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2022.101186>.
- Heidarimoghdam, R., Abdolmaleki, E., Kazemi, F., Masoumi, S.Z., Khodakarami, B., Mohammadi, Y. (2019) 'The effect of exercise plan based on FITT protocol on primary dysmenorrhea in medical students: A clinical trial study', *Journal of Research in Health Sciences*, 19(3).
- Jaleel, Ghufuran, Shaphe, Muhammad Abu, Khan, Abdur Raheem, Malhotra, Deepak, Khan, Huma, Parveen, Sana, Qasheesh, Mohammed, Beg, Rashid Ali, Chahal, Aksh, Ahmad, Fuzail, Ahmad, M.F. (2022) 'Effect of Exercises on Central and Endocrine System for Pain Modulation in Primary Dysmenorrhea', *Journal of Lifestyle Medicine*, 12(1), pp. 15–25. Available at: <https://doi.org/10.15280/jlm.2022.12.1.15>.
- Ju, Hong, Jones, Mark, Mishra, G. (2014) 'The prevalence and risk factors of dysmenorrhea', *Epidemiologic Reviews*, 36(1), pp. 104–113. Available at: <https://doi.org/10.1093/epirev/mxt009>.
- Kannan, Priya, Chapple, Cathy M., Miller, Dawn, Claydon-Mueller, Leica, Baxter, G.D. (2019) 'Effectiveness of a treadmill-based aerobic exercise intervention on pain, daily functioning, and quality of life in women with primary dysmenorrhea: A randomized controlled trial', *Contemporary Clinical Trials*,

- 81(January), pp. 80–86. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cct.2019.05.004>.
- Kannan, Priya, Cheung, Kwok-Kuen, Chi, Chan Sheung, Yan, Xi, Law Yee, Ki, Ng Sze, Wong, S.C.C. (2020) 'Effect of Aerobic Exercise on Plasma Biomarkers of Pain in Women with Primary Dysmenorrhea: A Controlled Non-Randomized Pilot Trial', *Biomarkers Journal*, 6(67), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.36648/2>.
- Kannan, Priya, Cheung, Kwok Kuen, Lau, Benson Wui Man, Li, Lin, Chen, H. and Sun, F. (2021) 'A mixed-methods study to evaluate the effectiveness and cost-effectiveness of aerobic exercise for primary dysmenorrhea: A study protocol', *PLoS ONE*, 16(8 August), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256263>.
- Kawuki, J., Gatasi, G., Sserwanja, Q. (2022) 'Women empowerment and health insurance utilisation in Rwanda: a nationwide cross-sectional survey', *BMC Women's Health*, 22(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12905-022-01976-8>.
- Kirmizigil, B., Demiralp, C. (2020) 'Effectiveness of functional exercises on pain and sleep quality in patients with primary dysmenorrhea: a randomized clinical trial', *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 302(1), pp. 153–163. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00404-020-05579-2>.
- Lee, Su-Wan, Shin, W.-S. (2021) 'Comparison of the Effects of Pilates and Aerobic Exercise on Pain, Menstruation Symptoms, and Balance in Women with Dysmenorrhea', *The Journal of Korean Physical Therapy*, 33(5), pp. 238–244. Available at: <https://doi.org/10.18857/jkpt.2021.33.5.238>.
- Lin, L., Chu, H., (2018). Quantifying publication bias in meta-analysis. *Biometrics*. 74(3): 785–794. <https://doi.org/10.1111/biom.12817>
- Murti B (2018). Prinsip dan metodologi riset epidemiologi. Edisi ke 5. Surakarta: Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret.
- Pedersen, M. T., Vorup, J., Nistrup, A. and Wikman, J. M., Alstrøm, J. M., Melcher, P. S., Pfister, G. U., Bangsbo, J. (2017) 'Effect of team sports and resistance training on physical function, quality of life, and motivation in older adults', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(8), pp. 852–864. Available at: <https://doi.org/10.1111/sms.12823>.
- Pinzon, R. (2015) *Assesmen Nyeri*. Edisi 1 Ce. Yogyakarta: Betha Grafika. Yogyakarta.
- Rogers, S.K., Galoway, A., Hirsh, A.T., Zapolski, T., Chen, C.X., Rand, K.L. (2023) 'Efficacy of psychological interventions for dysmenorrhea: a meta-analysis', *Pain Medicine*, 24(9), pp. 1086–1099. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/pm/pnad058>.
- Saleh, H.S., E Mowafy, Hala, El Hameid, A.A. (2016) 'Stretching or Core Strengthening Exercises for Managing Primary Dysmenorrhea', *Journal of Womens Health Care*, 05(01). Available at: <https://doi.org/10.4172/2167-0420.1000295>.
- Samy, Ahmed, Zaki, Sherif Sameh, Metwaly, Ahmed A., Mahmoud, Doaa Salah Eldin, Elzahaby, Iman M., Amin, Ahmed Hussein, Eissa, Ahmed Ibrahim, Abbas, Ahmed M., Hussein, Amr Hassan, Talaat,

- Bassem, Ali, A.S. (2019) 'The Effect of Zumba Exercise on Reducing Menstrual Pain in Young Women with Primary Dysmenorrhea: A Randomized Controlled Trial', *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*, 32(5), pp. 541–545. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpjag.2019.06.001>.
- Sedgwick, P. (2013) 'Meta-analyses : how to read a funnel plot', *BMJ*, 1342(March), pp. 1–2. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmj.f1342>.
- Singh, P., Sharma, C., Krishna, S., Mishra, V., Yadav, G., Patwa, P., Gothwal, M., Jhirwal, M. (2022) 'Lifestyle and Prevalence of Menstrual Disorders among Undergraduate Medical and Nursing Students: Can We Bring a Change?', *Journal of Obstetrics and Gynecology of India*, 72(s1), pp. 326–333. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13224-021-01606-7>.
- Streetman, A.E., Lister, M.M., Brown, A., Brin, H.N., Heinrich, K.M. (2023) 'A Mixed-Methods Study of Women's Empowerment through Physical Activities: Relationships with Self-Efficacy and Physical Activity Levels', *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/jfmk8030118>.
- Tamher, L.D., Fitri, M., Pitriani, P. (2019) 'Aerobic Exercise Has Positive Effects on Menstrual Cycle', *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 4(1), pp. 103–110. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.17509/jpjo.v6i1.24736>.
- Tarumi, T., Zhang, R. (2019) 'Cerebral Blood Flow in Normal Aging Adults: Cardiovascular Determinants, Clinical Implications, and Aerobic Fitness', *Journal of Neurochemistry Neurochemistry*, 46(2), pp. 248–256. Available at: <https://doi.org/10.1111/jnc.14234.Cerebral>.
- Zhou, Y.S., Meng, F.C., Cui, Y., Xiong, Y., Li, X., Meng, F., Niu, Z., Zheng, J., Quan, Y., Wu, S., Han, Y., Xu, H. (2022) 'Regular Aerobic Exercise Attenuates Pain and Anxiety in Mice by Restoring Serotonin-Modulated Synaptic Plasticity in the Anterior Cingulate Cortex', *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(4), pp. 566–581. Available at: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002841>

Evaluasi Pemanfaatan PACS dan RIS Rumah Sakit Provinsi Yogyakarta, Indonesia

Evaluation of the Utilization of PACS and RIS at the Provincial Hospital of Yogyakarta, Indonesia

Ajeng Viska Icanervilia^{1,2}, Lina Choridah¹, Amri Wicaksono Pribadi¹, Afif Rahman¹, Abdi Marang Gusti Alhaq¹, Azizah Huwaida¹, Dyan Pramandita Windu Kusumasari¹, Aurisa Winda Kusumawardani¹, Freshilla Sonia Frinces¹, Nurhuda Hendra Setyawan¹✉

¹Departemen Radiologi, Fakultas Kedokteran Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan,
Universitas Gadjah Mada, Indonesia

²Department of Health Sciences, University of Groningen, Netherlands

ABSTRAK

Latar Belakang: Permintaan pemeriksaan radiologi di kalangan profesional kesehatan terus meningkat. Meskipun *Picture Archiving and Communication System* (PACS) dan *Radiology Information System* (RIS) telah diterapkan di RSUP Dr. Sardjito selama dua tahun, tetapi sistem tersebut masih kurang dimanfaatkan. Sistem tersebut sangat penting diterapkan untuk interpretasi yang akurat dan distribusi hasil pencitraan yang tepat waktu.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan PACS dan RIS oleh tenaga medis di RSUP Dr. Sardjito.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan metode wawancara mendalam. Responden dipilih berdasarkan metode *purposive-maximum variety sampling*. Metode wawancara menggunakan rekaman audio dan transkrip secara verbatim yang dianalisis secara tematik.

Hasil: Penelitian ini menghasilkan 3 tema, yaitu: a) Manfaat PACS dan RIS; b) Feedback terhadap PACS dan RIS; c) Pelatihan meningkatkan pemahaman & pemanfaatan PACS dan RIS. PACS dan RIS dapat mempersingkat waktu pelayanan kesehatan dan membantu staf medis bekerja secara efisien. Selain itu, sosialisasi dan pelatihan PACS dan RIS juga membawa dampak positif dalam implementasinya, meskipun beberapa responden masih mengandalkan *hard film* karena keterbatasan akses komputer.

Kesimpulan: Penerapan PACS dan RIS meningkatkan kualitas pelayanan rumah sakit. Optimalisasi pemanfaatan sistem PACS dan RIS memerlukan lebih banyak komputer di rumah sakit, pembaruan fitur di telepon seluler, dan pelatihan bagi pengguna.

Kata Kunci: sistem informasi radiologi (RIS); PACS; telemedis; teleradiologi

ABSTRACT

Background: The global demand for radiological examinations has steadily increased. Although *Picture Archiving and Communication System* (PACS) and *Radiology Information System* (RIS) have been implemented at Dr. Sardjito Hospital for two years, the system is still underutilized. A robust supply system is essential for ensuring accurate interpretation and timely distribution of imaging results.

Objective: This study aimed to evaluate system implementation and to determine the level of satisfaction for PACS and RIS.

Methods: This was a qualitative study with an in-depth interview method, thematic analysis was applied to the verbatim-transcribed audio recordings. Participants were selected through *purposivemaximum variation sampling*

Results: This study yielded three thematic categories: a) Benefits of PACS and RIS; b) Feedback of PACS and RIS; c) Training enhances understanding and utilization of PACS and RIS. PACS and RIS demonstrated the potential to reduce health service response times and enhance the medical staff efficiency. Socialization and training positively influenced the system implementation, although some participants still rely on hard films due to limited computer access.

Conclusion: The optimization of PACS and RIS systems requires more computers in hospitals, feature updates on mobile phones, and training for users.

Keywords: radiology information system (RIS); PACS; telemedicine; teleradiology

✉Corresponding author: nurhuda.hendra.s@ugm.ac.id

Diajukan 06 Januari 2024 **Diperbaiki** 2 Februari 2024 **Diterima** 21 Februari 2024

PENDAHULUAN

Permintaan pemeriksaan radiologi terus meningkat di kalangan profesional kesehatan di seluruh dunia, sehingga hal ini memerlukan interpretasi dan distribusi hasil pencitraan yang efisien dan akurat. Sistem yang kuat dan efisien sangat penting untuk memenuhi jumlah permintaan tersebut. *Picture Archiving and Communication System (PACS)* merupakan sistem komputerisasi komprehensif yang memfasilitasi perolehan, transmisi, pengarsipan, penyortiran, tampilan, dan interpretasi semua bentuk pencitraan radiologi (Dash *et al.*, 2019).

Menjawab tantangan tersebut, Departemen Radiologi RSUP Dr. Sardjito menerapkan *Picture Archiving and Communication System (PACS)* dan *Radiology Information System (RIS)* pada tahun 2014. PACS termasuk level kesehatan ke-7 yang memenuhi standar model *Open System Interconnection (OSI)*. Selanjutnya, *Radiology Information System (RIS)* merupakan komponen integral dari sistem informasi rumah sakit, bertanggung jawab atas dokumentasi, manajemen, dan komunikasi baik di dalam maupun di luar departemen radiologi (Chen, 2019; Jawawi *et al.*, 2022).

Integrasi PACS dan RIS secara efektif menyederhanakan komponen pelayanan radiologi yang terfragmentasi menjadi satu sistem terpadu, dalam hal ini RIS dapat mengirimkan pesan yang menguraikan basis data dalam format tertentu ke dalam PACS (Sandhu *et al.*, 2022). Integrasi ini diharapkan dapat meningkatkan aksesibilitas, efisiensi, dan akurasi diagnosis pelayanan radiologi, sehingga meningkatkan pelayanan pasien secara keseluruhan. Sebagai bentuk perubahan era digital, RIS mengubah cara kerja sistem radiologi menjadi lebih mudah dan dapat diakses di berbagai tempat (Khandpur, 2020).

Penerapan PACS dan RIS memberikan beberapa keuntungan, yaitu: (a) evaluasi pencitraan secara langsung

oleh residen dan ahli radiologi; (b) mencapai efisiensi biaya dengan mengurangi penggunaan hard film; (c) meningkatkan akurasi ahli radiologi dalam praktik klinis; (d) meningkatkan keselamatan pasien melalui penghapusan kemungkinan tertukarnya gambar berdasarkan kesamaan nama atau usia; dan (e) meningkatkan kualitas pendidikan dan penelitian, karena data pemeriksaan radiologi yang memenuhi standar internasional dapat dimanfaatkan dengan mudah (Abbasi *et al.*, 2020).

PACS juga mempunyai beberapa tantangan, seringkali operasionalnya rumit, memerlukan biaya yang besar, dan memerlukan pemeliharaan rutin (Open Medscience, 2019). Oleh karena itu, pembenaran sistem untuk penerapan PACS bergantung pada kemampuan untuk mengkomunikasikan hasil pencitraan secara efektif ke seluruh departemen. Setelah dua tahun penerapan PACS dan RIS di RSUP Dr. Sardjito, sistem ini kurang dimanfaatkan di beberapa departemen.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan sistem dan mengetahui tingkat kepuasan penerapan PACS dan RIS di RSUP Dr. Sardjito. Temuan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan, khususnya pelayanan radiologi di RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, Indonesia.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan desain kualitatif. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga Mei 2018 di RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta, Indonesia. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada dengan nomor KE/FK/0055/EC/2018.

B. Populasi dan Sampel

Penelitian ini diawali dengan pemberian pelatihan kepada 120 dokter yang bekerja di RSUP dr. Sardjito. Pemberian pelatihan diharapkan dapat mengoptimalkan kemampuan para dokter dalam menggunakan PACS dan RIS. Tiga bulan setelah pemberian pelatihan tersebut, peneliti mengundang 20 dokter untuk mengikuti penelitian, yaitu wawancara mendalam. Waktu jeda tiga bulan ini dimaksudkan supaya subyek penelitian memiliki waktu yang cukup dalam menggunakan PACS dan RIS pada praktik keseharian mereka.

Tabel 1. Karakteristik Responden

No.	Karakteristik	n (%)
1.	Jenis Kelamin	
a.	Laki-laki	14 (70)
b.	Perempuan	6 (30)
2.	Jabatan	
a.	Dokter Umum	1 (5)
b.	Residen	16 (80)
c.	Konsultan	3 (15)
3.	Departemen	
a.	Dokter Umum	1 (5)
b.	Patologi Anatomi	3 (15)
c.	Bedah	4 (20)
d.	Saraf	2 (10)
e.	Penyakit Dalam	4 (20)
f.	Pediatrik	2 (10)
g.	Kebidanan & Kandungan	2 (10)
h.	Kardiologi	2 (10)

Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive-maximum variety sampling* dengan memastikan beragam latar belakang dan perspektif mengenai implementasi PACS dan RIS. Sampel pada penelitian ini dihubungi melalui email dan diberi informasi tentang prosedur penelitian. Mayoritas responden pada penelitian ini yaitu laki-laki sebanyak 14 (70%) dan paling banyak yaitu dokter residen 16 (80%). Asal departemen responden pada penelitian ini terdistribusi secara merata, namun paling banyak berasal dari departemen bedah 4 (20%) dan penyakit dalam 4 (20%).

C. Teknik Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan dengan metode wawancara secara mendalam dengan tujuan untuk mengevaluasi tingkat kepuasan terkait penerapan PACS dan RIS. Penelitian ini diawali dengan pelatihan kepada responden mengenai penggunaan PACS dan RIS. Selanjutnya, wawancara mendalam dilakukan dua bulan setelah pelatihan selesai. Selama periode dua bulan ini, responden diinstruksikan untuk mengintegrasikan PACS dan RIS ke dalam praktik klinis dengan menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama sesi pelatihan.

Selama proses wawancara, pewawancara mengajukan sepuluh pertanyaan terbuka yang selaras dengan pedoman wawancara untuk memperoleh wawasan rinci tentang pemikiran dan pengalaman para responden. Diskusi wawancara direkam, dan tanggapannya ditranskripsikan kata demi kata. Informasi yang berpotensi mengidentifikasi responden telah dihapus dari transkrip. Selanjutnya, transkrip tersebut ditinjau oleh pewawancara untuk memverifikasi keakuratan transkripsi dan memperbaiki kesalahan ketik. Peninjauan dan verifikasi transkrip dilakukan secara manual, tidak menggunakan aplikasi pengolah data kualitatif.

D. Instrumen Penelitian

Instrumen pada penelitian ini adalah checklist atau daftar pertanyaan wawancara yang telah disusun oleh peneliti berdasarkan pertanyaan yang komprehensif terkait beberapa topik berikut: a) Penerimaan subjek terhadap sistem PACS; b) Pengalaman subjek dalam menggunakan sistem PACS; c) Umpan balik subjek setelah menggunakan sistem PACS.

E. Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan pendekatan tematik yang meliputi kategorisasi data, peringkasan, dan rekonstruksi melalui identifikasi pola

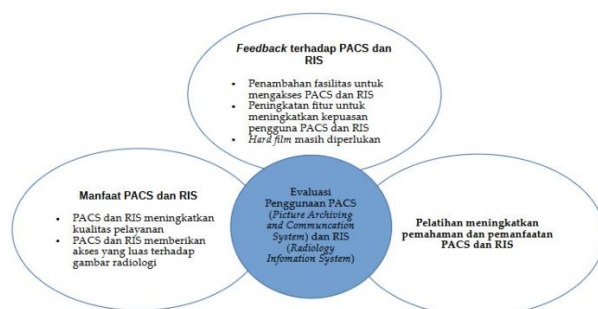
menggunakan pengkodean tematik (Braun et al., 2019). Pada penelitian ini pengkodean dilakukan secara manual, tidak menggunakan software maupun aplikasi pengolahan data kualitatif.

Tim pengkodean secara kolaboratif mengembangkan kerangka pengkodean yang komprehensif. Pengkodean konsensus dilakukan berulang-ulang hingga *saturation point* tercapai, yang menunjukkan bahwa tidak ada tema baru yang muncul setelah analisis transkrip tambahan. Selanjutnya, transkrip diberi kode dan ditinjau secara manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan PACS dan RIS di RSUP Dr. Sardjito, dengan harapan sistem ini dapat diadopsi secara luas dan dimanfaatkan secara efektif di seluruh departemen rumah sakit. Adapun tema yang ditemukan pada penelitian ini yaitu: a) Manfaat PACS dan RIS; b) Feedback terhadap PACS dan RIS; c) Pelatihan meningkatkan pemahaman dan pemanfaatan PACS dan RIS pada gambar 1 dan terurai sebagai berikut:



Gambar 1. Evaluasi Penggunaan PACS dan RIS

1. Manfaat PACS dan RIS

a. PACS dan RIS Meningkatkan Kualitas Pelayanan

Penerapan PACS dan RIS di RSUP Dr. Sardjito telah memberikan banyak manfaat, antara lain: peningkatan efisiensi waktu dalam manajemen pasien,

pengurangan waktu kunjungan pasien, dan peningkatan kenyamanan bagi keluarganya. Seperti yang disampaikan oleh salah satu responden: *"PACS dan RIS sangat membantu, karena ketika pasien masuk ke ruang pemeriksaan, kami (dokter) sudah mengetahui setiap pemeriksaan penunjang yang telah dilakukan. Kami tidak perlu menunggu anggota keluarga mereka membawakan kami hard film pasien. Jadi, kami bisa menangani pasien secara instan, sehingga pelayanan pasien menjadi lebih cepat."* (kode responden 005, profesi konsultan ilmu bedah).

Petugas kesehatan juga merasakan keuntungan lain dari penerapan PACS dan RIS, seperti pengumpulan data yang lebih mudah dan cepat melalui komputer, akses yang lebih cepat terhadap riwayat pemeriksaan pasien, dan peningkatan manajemen. Peningkatan ini berkontribusi pada perawatan pasien yang lebih efisien dan efektif.

b. PACS dan RIS Memberikan Akses yang Luas terhadap Gambar Radiologi

Penerapan PACS dan RIS telah memfasilitasi pemberian akses yang mudah terhadap gambar radiologi bagi penyedia layanan kesehatan, khususnya residen. Seperti yang diungkapkan oleh salah satu responden: *"Saya bisa mengikuti perkembangan pasien saya di RSUP Dr. Sardjito, meskipun saya berada di Palu selama satu bulan"* (kode responden 012, profesi konsultan kardiologi). Responden lain juga menyampaikan hal serupa, *"Kami masih dapat melihat semua gambar radiologi, bahkan dari rumah."* (kode responden 009, profesi residen ilmu kesehatan anak).

Fleksibilitas ini sangat

bermanfaat bagi residen yang menggunakan PACS dan RIS. Pengaturan ini memungkinkan mereka mengakses gambar radiologi dari berbagai lokasi, seperti rumah, klinik, dan bahkan di luar kota, baik menggunakan komputer maupun *handphone*.

2. Feedback terhadap PACS dan RIS

a. Penambahan Fasilitas untuk mengakses PACS dan RIS

Meskipun terdapat manfaat dari implementasi PACS dan RIS, masih terdapat beberapa tantangan dalam penggunaannya, misalnya ketersediaan komputer yang tidak memadai. Kurangnya ketersediaan komputer ini mengharuskan peminjaman komputer dari ruang komputer administrasi, sehingga menghambat efisiensi alur kerja.

Hal ini seperti yang disampaikan oleh salah satu responden: *"Kami mempunyai banyak komputer di gedung Radiopoetro, namun tidak ada satupun yang terhubung ke SIMETRIS (sistem informasi kesehatan terintegrasi rumah sakit). Jadi, hal ini agak rumit. Ketika sampel jaringan dikumpulkan untuk ahli patologi, spesialis patologi akan meminta residen untuk menangkap data PACS dari ponsel mereka dan kemudian mengirimkannya kepada mereka. Hal ini tidaklah efisien. Namun, di RSUP Dr. Sardjito kami belum memiliki komputer yang digunakan secara eksplisit untuk melihat data pasien. Selama ini komputer yang kita gunakan untuk melihat data pasien adalah komputer admin. Sebagai saran masa mendatang yaitu untuk menambah jumlah komputer minimal satu komputer di Departemen Patologi Anatomi, sehingga perumusan diagnosis bisa lebih cepat."* (kode responden 015, profesi residen patologi anatomi)

Selain itu, kualitas gambar

PACS sangat dipengaruhi oleh monitor komputer yang digunakan, sehingga menetapkan resolusi monitor standar sangat penting untuk mencegah salah tafsir selama penilaian citra radiologi. Selain komputer, perangkat seluler lain seperti tablet dan ponsel juga dapat digunakan untuk mengakses PACS dan RIS. PACS dan RIS menawarkan aksesibilitas yang mudah dari lokasi manapun dan kapanpun melalui perangkat seluler.

Hal tersebut dapat bermanfaat untuk mengedukasi pasien dengan menampilkan gambar radiologi aktual. Oleh karena itu, penggunaan perangkat seluler memungkinkan pengguna untuk berkonsultasi antar departemen dan melaporkan temuan radiologi kepada radiolog dengan lancar.

Meskipun RSUP Dr. Sardjito telah menerapkan PACS dan RIS versi perangkat seluler di beberapa departemen, namun masih ada ruang untuk perbaikan. Dalam penerapan PACS dan RIS, koneksi internet yang stabil menjadi faktor krusial dalam meningkatkan kualitas layanan pasien. Koneksi jaringan yang digunakan untuk mengakses PACS dan RIS secara umum stabil, seperti yang dilaporkan oleh beberapa responden, sehingga PACS dan RIS secara umum cukup responsif. Namun, kinerja program yang lebih lambat telah diamati ketika mengakses gambar *computerized tomography* (CT), kemungkinan karena keterbatasan pengunduhan.

b. Peningkatan Fitur untuk Meningkatkan Kepuasan Pengguna PACS dan RIS

Saran dari responden yaitu

perlunya peningkatan fitur untuk meningkatkan kepuasan pengguna terhadap PACS dan RIS. Beberapa responden menyatakan bahwa fitur tertentu sulit untuk dipahami, terutama bagi dokter yang belum mengikuti pelatihan. Mengutip salah satu responden, *"Jika kita melihat toolbar, residen atau radiolog yang belum mendapatkan pelatihan akan kesulitan karena beberapa simbol pada toolbar tidak relevan dengan fungsi yang seharusnya. Beberapa simbol toolbar tidak representatif, misalnya simbol pengukuran. Saya yakin yang belum mengikuti pelatihan akan kesulitan"*. (kode responden 018, profesi residen ilmu bedah).

Selain itu, fitur-fitur tertentu dari PACS dan RIS versi seluler, seperti *Grafica User Interface* (GUI), perhitungan dimensi lesi, dan kecerahan, memerlukan penyempurnaan atau penyesuaian lebih lanjut untuk mencapai versi perangkat yang optimal. Responden mencatat bahwa kemampuan perangkat seluler jauh lebih terbatas dibandingkan kemampuan berbasis komputer dan memerlukan standarisasi lintas platform.

c. Hard film masih Diperlukan

Hard film tidak selalu praktis untuk diakses di seluruh rumah sakit, seperti di klinik rawat jalan ketika pasien lupa membawa gambar radiologinya. Meskipun demikian, *hard film* tetap diperlukan dalam keadaan tertentu, seperti edukasi pasien, perpindahan pasien ke fasilitas kesehatan lain dan proses belajar-mengajar antara konsultan dan residen.

Hal tersebut ditunjukkan dari salah satu responden yang menyatakan: *"Saya kira hard film masih diperlukan, terutama untuk pasien, karena itu datanya. Maksud*

saya, semua pasien itu tidak hanya datang ke RSUP Dr. Sardjito, kadang-kadang ke rumah sakit lain. Hard film ini akan berguna bagi para dokter berikutnya di rumah sakit lain, untuk mengikuti dan terus menangani pasien tersebut." (kode responden 007, profesi residen ilmu bedah). Kurangnya monitor untuk melihat gambar radiologi di ruang operasi merupakan faktor lain yang berkontribusi terhadap berlanjutan penggunaan *hard film*.

3. Pelatihan Meningkatkan Pemahaman dan Pemanfaatan PACS dan RIS

Pelatihan PACS dan RIS secara efektif meningkatkan pemahaman responden tentang fungsi dan simbol pada perangkat lunak. Kegunaan pelatihan ini berbeda-beda di antara para responden. Beberapa responden merasakan penjelasan tentang fitur *zoom-in* dan *zoom-out* sangat bermanfaat, sementara yang lain merasa fitur pencarian gambar bermanfaat.

Setiap responden memiliki bidang minatnya masing-masing; salah satu responden berkomentar: *"Saya merasa pelatihan ini sangat berguna, terutama untuk melihat gambar radiologi. Efisien."* (kode responden 002, profesi dokter umum). Secara umum, seiring dengan meningkatnya jumlah responden yang memiliki kemahiran dalam PACS dan RIS, kemungkinan penggunaan perangkat lunak PACS dan RIS juga meningkat.



Gambar 2. Sebelum penggunaan PACS dan RIS, radiolog harus menunggu *hard film* untuk membaca citra



Gambar 3. Radiolog dapat membaca pencitraan tanpa hard film dengan menggunakan PACS dan RIS



Gambar 4. Hard film memerlukan banyak ruang, sulit dikelola dan mudah rusak



Gambar 5. Gambar PACS membutuhkan ruang kecil



Gambar 6. Proses wawancara

Pengambilan sampel dan pengiriman gambar medis yang efisien menjadi salah satu hal penting dalam bidang ilmu komputer dan industri pelayanan kesehatan (Wang *et al.*, 2019). Studi ini menunjukkan bahwa penerapan PACS dan RIS berkontribusi terhadap peningkatan manajemen pasien.

Secara khusus, responden studi kami menekankan bahwa PACS dan RIS meningkatkan manajemen pasien dalam hal peningkatan efisiensi waktu pelayanan, pengurangan waktu kunjungan pasien, dan peningkatan kenyamanan bagi pasien dan keluarganya. Hasil penelitian kami sejalan dengan penelitian di Arab Saudi yang menyatakan bahwa 70% dokter yang menggunakan PACS merasa didukung oleh sistem tersebut (Abbasi *et al.*, 2020).

Penelitian ini menunjukkan bahwa PACS dan RIS memberikan kemudahan akses terhadap gambar radiologi setiap waktu dan dimana saja secara fleksibel. Salah satu keunggulan utama PACS adalah kemampuannya untuk menyimpan gambar medis secara digital (Zhang and Sangaiah, 2021). Hal ini, bagi tim perawatan kesehatan dapat memudahkan untuk mengambil dan menganalisis gambar dengan cepat, dengan jangkauan lokasi yang lebih luas (Lovis and Cort, 2020).

Selain itu PACS, dalam hal gambar medis dapat diambil dan diakses dalam hitungan detik, memungkinkan dokter dan ahli medis lainnya untuk segera meninjau hasilnya serta memungkinkan kolaborasi antara tim perawatan kesehatan dari lokasi yang berbeda, termasuk konsultasi jarak jauh dan diskusi kasus (Eichelberg *et al.*, 2020). Hal ini dapat meningkatkan efisiensi perawatan pasien, karena diagnosa dan pengobatan dapat dimulai lebih cepat (Abbasi *et al.*, 2020).

B. Pembahasan

Salah satu keuntungan utama PACS adalah kemampuannya untuk memberikan kualitas gambar yang lebih baik dibandingkan film konvensional (Khaleel *et al.*, 2018). Penyedia PACS terus berinovasi untuk meningkatkan kemampuan diagnostik yang tepat dengan fitur-fitur mutakhir dalam menghasilkan kualitas gambar yang superior (Radsourc, 2023).

Selain itu, PACS memungkinkan untuk dilakukan penyesuaian kecerahan gambar, kontras, pengukuran dan mode inversi. Gambar 8 mengilustrasikan mode inversi gambar rontgen dada dalam tampilan PACS, menunjukkan bahwa PACS dan RIS meningkatkan kejernihan gambar dibandingkan dengan tampilan *hard film* seperti pada Gambar 7.

Meskipun demikian, tidak semua dokter di Rumah Sakit Sardjito mengetahui beragam fitur yang dimiliki oleh PACS. Hal ini ditunjukkan dengan respon dari para responden setelah dilakukannya pelatihan. Para responden menyampaikan bahwa ada banyak fitur pada PACS yang mereka baru ketahui ketika mengikuti pelatihan. Kurangnya pemahaman dokter tersebut dapat menghambat optimalisasi penggunaan PACS di pelayanan kesehatan. Penelitian di Yunani menunjukkan bahwa kekurangan utama penggunaan PACS adalah kurangnya pelatihan penggunaan system, *interface* yang kompleks, sehingga menghasilkan kesulitan dalam mengoreksi kesalahan (Konstantinidis & Apostolakis, 2020).

Studi lain menunjukkan bahwa terdapat banyak dokter yang hanya menggunakan fitur-fitur dasar PACS, seperti pengambilan gambar dan penyimpanan, tanpa memanfaatkan kemungkinan fitur yang lebih canggih seperti pengolahan gambar dan analisis (Alhajeri *et al.*, 2019). Pemahaman yang kurang baik tentang fitur pengolahan gambar PACS dapat menyebabkan potensi kesalahan dalam interpretasi atau analisis gambar medis. Oleh karena itu, pemberian

pelatihan yang memadai diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan PACS. (Roshan *et al.*, 2023). Hal tersebut dapat meningkatkan tingkat akurasi dan kecepatan diagnosis.

Di sisi lain, penyempurnaan untuk meningkatkan kepuasan penggunaan PACS dan RIS juga sangat diperlukan. Para responden pada studi kami memberikan umpan balik atas fitur-fitur yang sedang dijalankan, yang terdapat pada PACS di RS Sardjito. Hal ini terkait dengan PACS yang diakses melalui telepon seluler dan laptop. Beberapa fitur PACS yang saat ini belum tersedia adalah seperti penyesuaian kecerahan, pengukuran volume, pemosisian ulang gambar dan fitur fungsi *ruler*. Sebuah survei terhadap ahli radiologi menghasilkan kebutuhan dan pendapat mereka tentang fungsi PACS, bahwa tren masa depan khususnya dalam aplikasi berbasis web dan penggunaan telepon seluler meningkat (Norris *et al.*, 2022).

Kemudian, responden pada studi ini juga memberi umpan balik terkait masih kurangnya ketersediaan komputer di dalam rumah sakit yang dapat tersambung langsung dengan sistem PACS. Peralatan radiologi dan modalitas pencitraan yang diperoleh rumah sakit harus terintegrasi dengan PACS dan RIS yang ada. Gambar diagnostik harus dilihat pada monitor yang memenuhi kualitas resolusi standar dan dalam kondisi pencahayaan yang baik. Distribusi peralatan pemeriksaan di area klinis harus seragam untuk mengoptimalkan penerapan PACS dan RIS. Selain itu, diperlukan peningkatan substansial dan krusial dalam kecepatan dan aksesibilitas jaringan.

Penelitian lain menunjukkan bahwa ahli radiologi menghadapi tantangan dengan sistem PACS, termasuk seringnya kegagalan sistem, dukungan yang tidak memadai dan kebutuhan akan teknologi berbasis web. Perbedaan dalam *interface design* dan konfigurasi dapat berkontribusi terhadap perbedaan dalam

persepsi kegagalan sistem, menekankan pentingnya mempertimbangkan permintaan pengguna dalam *interface design* (Tadayon *et al.*, 2023). Implementasi PACS yang sukses memerlukan instalasi server, konfigurasi modalitas pencitraan, serta pengujian untuk pengiriman gambar (Elahi *et al.*, 2020).



Gambar 7. Rontgen dada menggunakan hard film



Gambar 8. Rontgen dada dalam tampilan PACS (*inverse mode*)

Penerapan PACS memiliki banyak manfaat, termasuk manajemen rekam medis secara elektronik (Abbas & Singh, 2019; Tanikawa *et al.*, 2022). Dalam hal ini, PACS meminimalkan risiko kehilangan *hard film* (Tshalibe *et al.*, 2023). Dibandingkan dengan pencitraan berbasis *hard film*, PACS dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya pengelolaan dan penyimpanan gambar medis secara fisik, dan membutuhkan lebih sedikit karyawan secara keseluruhan (Abbasi *et al.*, 2020).

Meskipun demikian, responden studi kami menyampaikan bahwa *hard film*

masih diperlukan dalam situasi tertentu, terutama pendidikan pasien, pelatihan residen dan ruang operasi. Terlebih lagi, tidak semua departemen dilengkapi dengan komputer yang memadai untuk mengakses PACS.

Pada penelitian ini, responden yang kami wawancarai berasal dari berbagai departemen. Namun demikian responden tersebut telah mendapatkan pelatihan penggunaan PACS dan RIS sebelumnya. Sehingga sampel pada penelitian ini bisa jadi tidak mewakili pendapat dari seluruh populasi di RS Sardjito, terutama bagi mereka yang tidak mendapatkan pelatihan.

Selain itu, Guna evaluasi penerapan PACS dan RIS, kami menggunakan desain studi kualitatif yang unggul dalam menggali pemahaman yang mendalam tentang kompleksitas fenomena sosial dan manusia. Akan tetapi, studi kualitatif memiliki kerentanan terhadap bias karena penelitian kualitatif merupakan interaksi secara langsung antara peneliti dan responden. Salah satu bias yang mungkin terjadi adalah bias pewawancara. Dalam hal ini, pewawancara memiliki nilai-nilai dan pengalaman pribadi yang mempengaruhi cara mereka dalam mengumpulkan data (Bergen and Labonté, 2020). Namun demikian, pewawancara dalam penelitian kami telah mendapatkan pelatihan sebelumnya untuk menghindari kemungkinan terjadinya bias pewawancara.

Disarankan untuk dilakukan studi lebih lanjut secara kuantitatif dengan jumlah sampel yang lebih banyak untuk menilai tingkat penggunaan PACS dan RIS. Studi tersebut dapat difokuskan pada kendala-kendala yang dialami dalam penggunaan sistem ini. Hal ini tentu saja akan berguna untuk perbaikan penerapan PACS dan RIS di RSUP dr.Sardjito.

PENUTUP

Penerapan PACS dan RIS di RSUP Dr. Sardjito memberikan keuntungan antara lain peningkatan efisiensi waktu dalam perawatan pasien, serta memberikan akses yang lebih cepat terhadap riwayat pemeriksaan radiologis pasien. Pemberian pelatihan yang memadai diperlukan untuk mengoptimalisasikan penggunaan PACS. Selain itu, diperlukan lebih banyak komputer untuk mengakses sistem PACS di rumah sakit serta pembaruan fitur pada sistem PACS diakses melalui telepon seluler. Pendekatan multifaset ini diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan integrasi PACS dan RIS dalam lingkungan rumah sakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, R., & Singh, Y. (2019). Pacs implementation challenges in a public healthcare institution: A south african vendor perspective. *Healthcare Informatics Research*, 25(4), 324–331. <https://doi.org/10.4258/hir.2019.25.4.324>
- Abbasi, R., Sadeqi Jabali, M., Khajouei, R., & Tadayon, H. (2020). Investigating the satisfaction level of physicians in regards to implementing medical Picture Archiving and Communication System (PACS). *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01203-0>
- Alhajeri, M., & Shah, S. G. S. (2019). Limitations in and Solutions for Improving the Functionality of Picture Archiving and Communication System: an Exploratory Study of PACS Professionals' Perspectives. *Journal of Digital Imaging*, 32(1), 54–67. <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0127-2>
- Bergen, N., & Labonté, R. (2020). “Everything Is Perfect, and We Have No Problems”: Detecting and Limiting Social Desirability Bias in Qualitative Research. *Qualitative Health Research*, 30(5), 783–792. <https://doi.org/10.1177/1049732319889354>
- Braun, V., Clarke, V., Hayfield, N., & Terry, G. (2019). *Handbook of Research Methods in Health Social Sciences*. https://doi.org/doi:10.1007/978-981-10-5251-4_103
- Chen, Q. (2019). Toward realizing self-protecting healthcare information systems: Design and security challenges. *Advances in Computers*, 114, 113–149. <https://doi.org/10.1016/BS.ADCOM.2019.02.003>
- Dash, S., Shakyawar, S. K., Sharma, M., & Kaushik, S. (2019). Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>
- Eichelberg, M., Kleber, K., & Kämmerer, M. (2020). *Cybersecurity challenges for PACS and medical imaging: Vol. 27(8)*. Academic Radiology.
- Elahi, A., Dako, F., Zember, J., Ojetayo, B., Gerus, D. A., Schweitzer, A., Mollura, D. J., & Awan, O. (2020). Overcoming Challenges for Successful PACS Installation in Low-Resource Regions: Our Experience in Nigeria. *Journal of Digital Imaging*, 33(4), 996–1001. <https://doi.org/10.1007/s10278-020-00352-y>
- Jawawi, D. N., Bajwa, I. S., & Kazmi, R. (2022). *Engineering Software for Modern Challenges*. Springer International Publishing.
- Khaleel, H. H., Rahmat, R. O. K., & Zamrin, D. M. (2018). Components and implementation of a picture archiving and communication system in a prototype application.

- Reports in Medical Imaging*, 11, 1–8.
<https://doi.org/10.2147/RMI.S179268>
- Khandpur, R. S. (2020). *Compendium of Biomedical Instrumentation* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Konstantinidis, K., & Apostolakis, I. (2020). Investigation of RIS/PACS Information Systems' Incorporation in Greek Public Hospitals. *Radiography Open*, 6(1), 32–44.
<https://doi.org/10.7577/radopen.4007>
- Lovis, C. , & Cort Madsen, I. (2020). *Digital Personalized Health and Medicine: Proceedings of MIE 2020*. IOS Press.
- Norris, E. C., Halaska, C., Sachs, P. B., Lin, C. T., Sanfilippo, K., & Honce, J. M. (2022). Understanding Patient Experiences, Opinions, and Actions Taken After Viewing Their Own Radiology Images Online: Web-Based Survey. *JMIR Formative Research*, 6(4).
<https://doi.org/10.2196/29496>
- Open Medscience. (2019). *Security and Privacy Considerations in Picture Archiving and Communication Systems*.
<https://openmedscience.com/picture-archiving-communication-systems/>
- Radsourc. (2023). *The Benefits of Best-in-Class PACS and RIS Providers in Medical Imaging*.
<https://radsourc.us/the-benefits-of-best-in-class-pacs-and-ris-providers-in-medical-imaging/>
- Roshan Sabeeha, Jacelyn Yun Qian Wong, Yi Zhen Loh, Christoper Lai, & Hajmath Begum Mohamed Sali. (2023). *The Impacts of Integrating Picture Archiving and Communication System (PACS) in Medical Education on Trainees* (pp. 65–80). Springer Link.
- Sandhu, M. S., Garg, A., & Gupta, A. K. (2022). *Advances in Imaging Technology* (S. Sharma, A. Kumar, & S. Gamanagatti, Eds.). Jaypee Brothers Medical .
- Tadayon, H., Nafari, B., Khadem, G., Darrudi, R., & Sadeqi Jabali, M. (2023). Evaluation of Picture Archiving and Communication System (PACS): Radiologists' perspective. *Informatics in Medicine Unlocked*, 39.
<https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101266>
- Tanikawa, T., Yagahara, A., Fukuda, A., Suzuki, T., Ando, D., Harada, K., Karata, S., & Uesugi, M. (2022). Variation of the Implementation of PACS Functions and Image Data Management: Questionnaire Survey in Hokkaido Prefecture. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*, 78(3), 270–279.
- Tshalibe, P., Adrigwe, J., Lucas, S., & Baragwanath, C. H. (2023). Clinicians perspective of picture archiving and communication systems at Charlotte Maxeke Johannesburg Academic Hospital. *SA Journal of Radiology*, 27(1), 1–9.
<https://doi.org/10.4102/sajr>
- Wang, L., Li, L., Li, J., Li, J., Gupta, B. B., & Liu, X. (2019). Compressive sensing of medical images with confidentially homomorphic aggregations. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 1402–1409.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844727>
- Zhang Yu Dong, & Arun Kumar Sangaiah. (2021). *Cognitive Systems and Signal Processing in Image Processing*. Academic Press.

High Intensity Interval Training (HIIT) dalam Meningkatkan Daya Tahan dan Mencegah Cedera pada Pemain Bulu Tangkis

High-Intensity Interval Training (HIIT) in Improving Endurance and Preventing Injury among Badminton Players

Cahyo Setiawan¹ ✉, Suci Muqodimatul Jannah^{2,4}, Muhammad Dwi Kurniawan^{3,5},
Shahad Erma Nurhayati¹

¹ Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Surakarta, Indonesia

² Physical Therapy Department, National Cheng Kung University, University Road, Taiwan

³ Magister Ilmu Biomedik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

⁴ Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia

⁵ Program Studi Fisioterapi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Telogorejo, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: *High-Intensity Interval Training (HIIT)* merupakan latihan terbaik untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan mencegah cedera. Latihan tersebut adalah latihan kardiovaskular yang menggabungkan latihan intensitas tinggi dalam dosis tertentu. Selain melakukan gerakan raket yang kompleks, pemain bulutangkis membutuhkan koordinasi motorik yang tinggi, stamina kardiovaskular, kelincahan, kekuatan, kecepatan dan ketepatan. Pemain bulutangkis juga rentan mengalami cedera.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas pemberian *High-Intensity Interval Training* untuk meningkatkan daya tahan dan mencegah cedera pada pemain bulutangkis.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan desain *one group study*. Terdapat 15 pemain bulutangkis berusia antara 18 hingga 25 tahun yang berpartisipasi dalam penelitian ini. *Paired t-test* dilakukan untuk mengevaluasi efek pelatihan dan dianalisis menggunakan SPSS.

Hasil: Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan ($p < 0,05$) dalam daya tahan atletik setelah HIIT dengan peningkatan 2,8% dalam kinerja ketahanan mereka. Ada juga efek yang signifikan ($p < 0,005$) dalam pencegahan risiko cedera dengan rata-rata sebesar 1,1%.

Kesimpulan: Program Latihan HIIT dapat memberikan efek yang signifikan dalam meningkatkan komponen fisik, terutama daya tahan, dan mencegah cedera.

Kata Kunci: HIIT (*High-Intensity Interval Training*); Bulutangkis; Daya Tahan; Mencegah Cedera

ABSTRACT

Background: *High-Intensity Interval Training (HIIT)* is the best exercise to increase endurance and prevent injury. The exercise is a cardiovascular exercise that combines high-intensity exercise in certain doses. In addition to performing complex racket movements, badminton players require high motor coordination, cardiovascular stamina, agility, strength, speed and accuracy. Badminton players are also prone to injury.

Objective: This study aimed to investigate the effect of high-intensity interval training in improving endurance and preventing injury among badminton players in Kebumen.

Methods: This is a quasi-experimental study with one group study design. There were 15 badminton players aged between 18 to 25 years old participated in this study. *Paired t-test* was performed to evaluate the effect of training and it was analyzed using SPSS.

Results: The results revealed a significant increase ($p < 0.05$) in athletic endurance after HIIT with a 2.8% increase in their endurance performance. There was also a significant ($p < 0.005$) effect in injury risk prevention with an average of increased inclination 1.1%.

Conclusion: The HIIT Exercise program can have a significant effect on increasing physical components, especially endurance, and preventing injury.

Keywords: HIIT (*High-Intensity Interval Training*); Badminton; Endurance; Preventing Injury

✉ Corresponding author: cahyos@aiska-university.ac.id

Diajukan 26 Agustus 2023 **Diperbaiki** 12 Oktober 2023 **Diterima** 05 Januari 2024

PENDAHULUAN

High Intensity Interval Training (HIIT) dengan artian Latihan Interval Intensitas Tinggi saat ini merupakan latihan terbaik untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan mencegah cedera. Latihan ini tidak hanya di kalangan atlet (Stöggel *et al.*, 2018), tetapi juga di antara individu yang aktif, orang dewasa yang tidak banyak bergerak (Follador *et al.*, 2018), dan untuk orang-orang yang memiliki kemungkinan penyakit (Ellingsen *et al.*, 2017). HIIT adalah latihan kardiovaskular yang menggabungkan latihan intensitas tinggi dengan dosis tertentu yang meningkatkan pertumbuhan serat otot berkedut cepat.

Atlet non-daya tahan seperti *bowling*, *golf*, dan karate biasanya melakukan latihan HIIT untuk meningkatkan memori otot, karena mereka harus tampil lebih cepat dan lincah. Secara fisiologis, latihan intensitas tinggi mendorong jantung untuk bekerja lebih keras, yang meningkatkan pengeluaran oksigen. Akibatnya, proses metabolisme menjadi lebih cepat. Peningkatan proses metabolisme ini tidak hanya terjadi saat berolahraga, tetapi juga terjadi saat tubuh berada pada fase interval (Susila *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian telah menunjukkan keefektifan HIIT. *Plyometrics* sebagai latihan tambahan dalam HIIT dapat menurunkan berat badan remaja yang mengalami kelebihan berat badan (Racil *et al.*, 2016). Selain itu, setelah HIIT, kebugaran jantung paru (VO₂max) pada pemain sepak bola meningkat secara signifikan sehingga performa mereka meningkat. Pengaruh HIIT terhadap kekuatan pemain bola basket menunjukkan bahwa kekuatan pemain meningkat secara signifikan dibandingkan dengan pemain yang tidak melakukan latihan HIIT (Widiasmara, 2018).

Functional Movement Screening (FMS) adalah serangkaian gerakan fungsional yang digunakan untuk menilai risiko kesalahan gerak yang dapat menyebabkan

cedera pada orang yang berolahraga atau berpartisipasi dalam kegiatan olahraga. Tes FMS meliputi tujuh gerakan yaitu *inline lunge*, *hurdle step*, *deep squat*, *shoulder mobility*, *active straight leg raise*, *trunk stability push up* dan *rotary stability*. Tes FMS berbeda dengan tes fisik lainnya karena FMS menghitung jumlah pengulangan yang dilakukan dalam waktu atau periode waktu tertentu hingga atlet berhenti. Pengukuran yang dilakukan dalam FMS ini menggunakan pendekatan fungsional berdasarkan prinsip-prinsip *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation* (PNF), sinergi kinerja otot, dan pembelajaran motorik (Oktarisa, 2023).

Sistem metabolisme aerobik dan anaerobik digunakan oleh pemain bulutangkis dalam penampilan mereka di mana fase anaerobik membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada fase aerobik (Zailani *et al.*, 2012). Dengan demikian, 60-70% dari metabolisme mereka adalah aerobik (Phomsoupha & Laffaye, 2015). Pemain bulutangkis membutuhkan koordinasi motorik yang tinggi, stamina kardiovaskular, kelincahan, kekuatan, kecepatan, dan ketepatan selain melakukan gerakan raket yang kompleks (Pardiwala *et al.*, 2020). Oleh karena itu, latihan aerobik yang melibatkan HIIT dapat diberikan selama latihan fisik mereka (Plowman & Smith, 2013).

Beberapa penelitian sebelumnya menemukan bahwa di antara pemain bulutangkis muda, latihan interval fungsional intensitas tinggi meningkatkan kelincahan (Suppiah *et al.*, 2019) dan VO₂max pada pemain sepak bola muda (Sperlich *et al.*, 2011). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh latihan interval intensitas tinggi dalam meningkatkan daya tahan dan mencegah cedera pada pemain bulutangkis di Kebumen.

Program pencegahan cedera yang menggabungkan latihan HIIT secara substansial mengurangi risiko cedera lebih

banyak daripada program pemanasan yang tidak termasuk latihan HIIT. Program latihan neuromuskuler termasuk latihan HIIT yang paling efektif untuk pencegahan cedera *Anterior Cruciate Ligament* (ACL); studi non-acak dimasukkan dalam tinjauan tersebut sehingga kesimpulannya mungkin terbuka untuk beberapa bias (Philp *et al.*, 2018). Sehingga dengan penelitian ini akan meningkatkan daya tahan dan dapat mencegah cedera pada pemain bulu tangkis di Kebumen dengan metode HIIT.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan desain penelitian satu kelompok. Penelitian ini dilakukan pada atlet bulutangkis di Kebumen. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus hingga September 2022.

B. Populasi dan Sampel

Sampel penelitian sebanyak 15 pemain bulutangkis yang berusia dari 18 hingga 25 tahun. Kelima belas pemain bulutangkis tersebut rutin melakukan latihan setiap hari Senin, Rabu, dan Jumat di setiap minggu dalam satu bulan, yang selanjutnya akan melalui kriteria pemilihan inklusi.

C. Teknik Pengambilan Data

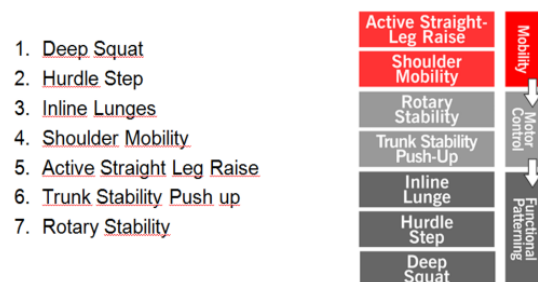
Pengambilan sampel menggunakan teknik *random sampling*. Kriteria inklusi adalah atlet dengan detak jantung maksimal 90-95%, atlet bulutangkis di Kebumen, dan atlet yang tidak memiliki indikasi cedera berulang. Mereka dieksklusi jika memiliki obesitas, diabetes melitus, atau asma. Setiap subjek berpartisipasi dalam 6 minggu pelatihan di mana setiap minggu mereka memiliki 3 sesi dan dalam 1 sesi dilakukan 3 sampai 4 kali pengulangan..

D. Instrumen dan Teknik Analisis

Latihan HIIT terdiri dari *squat jump*, *lateral jump* melewati penghalang, *crossover shuffle*, *icky shuffle*, *z-pattern run*, dan *z-*

pattern cut (Fajrin & Kusnanik, 2018). Daya tahan dalam penelitian ini diukur menggunakan *Harvard Step Test*, sedangkan pencegahan cedera dapat menggunakan *assessment Functional Movement Screening* (FMS). Subjek diukur sebelum dan sesudah latihan untuk mengetahui tingkat daya tahan mereka dan risiko cedera, FMS digunakan untuk melakukan tes gerakan fungsional dan dinilai menggunakan tabel penilaian, sedangkan latihan gerakan fungsional digunakan untuk mengetahui status risiko cedera.

Paired t-test dilakukan untuk mengevaluasi efek pelatihan dan dianalisis menggunakan SPSS versi 20.0.



Gambar 1. Item Penilaian Functional Movement Screening

Tabel 1. Penilaian *Functional Movement Screening* (An *et al.*, 2012)

Nilai	Kriteria Penilaian
0	Nyeri saat bergerak
1	Tidak bisa menyelesaikan Gerakan
2	Menyelesaikan Gerakan dengan kompensasi
3	Menyelesaikan Gerakan dengan baik

E. Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dan dinyatakan layak etik dari Komisi Etik Penelitian Universitas 'Aisyiyah Surakarta dengan Nomor Sertifikat 103/XI/AUEC/2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan yang signifikan ($p < 0,05$) ditemukan dalam daya tahan atletik setelah HIIT dengan kecenderungan 2,8%

peningkatan dalam kinerja daya tahan mereka. Selain itu, efek yang signifikan ($p < 0,005$) setelah HIIT dalam pencegahan risiko cedera dengan rata-rata kecenderungan 1,1% juga ditemukan dalam penelitian ini. Tabel 2 menunjukkan hasil uji-t berpasangan.

Tabel 2. Perbandingan sebelum dan sesudah Perlakuan High Intensity Interval Training (HIIT) terhadap Risiko Cedera dan Daya Tahan

No	Variable	Experiment		Time x Group P-Value
		Pre	Post	
1	Cedera	13,1 ± 1,557	15,8 ± 2,437	0,001
2	Daya Tahan	39,5 ± 1,897	43,25 ± 2,337	0,001

Variabel peningkatan yang memiliki jumlah sampel sebanyak 15 sampel, memiliki nilai minimum = 8, nilai maksimum = 20, *mean* dari kelompok FMS adalah *pre-test* = 13,1 dan *post-test* = 15,8. Kemudian standar deviasi kelompok daya tahan adalah *pre-test* = 39,5 dan *post-test* = 43,25. Standar deviasi dari kelompok FMS adalah *pre-test* = 8 dan *post-test* = 15.

Peningkatan prestasi seorang atlet didorong oleh faktor internal dan eksternal, dengan berbagai aspek internal termasuk faktor fisik, teknik, taktik, dan mental. Sementara itu, lingkungan, keluarga, teman, fasilitas, infrastruktur, dan organisasi dapat memberikan dampak pada elemen eksternal (Sedanur *et al.*, 2022). Selain itu, efek fisiologis dari latihan dan biomekanika gerakan olahraga merupakan dua elemen yang dapat

mendukung atau menghambat performa atlet (Bulat *et al.*, 2019).

Tabel 3. Pre-test dan Post-test Kelompok Eksperimen

No	Subjects	FMS		VO2Max (mL/kg/min)	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
1	AA	15	17	42,40	45,30
2	HA	17	18	40,10	41,10
3	F	12	18	37,05	39,00
4	JY	8	11	36,00	40,70
5	TFA	11	13	38,50	43,10
6	ENB	9	13	37,00	38,20
7	GP	10	11	43,20	49,40
8	SZM	14	16	44,40	48,30
9	HAA	14	14	32,00	38,70
10	ASM	13	17	39,90	40,05
11	HS	19	20	45,90	51,50
12	NRP	16	18	38,40	42,90
13	HMF	12	19	39,60	45,80
14	BS	11	15	34,70	39,05
15	FR	16	18	43,30	45,60
% Mean Enhancement		1,1%		2,8%	

Pengeluaran energi dalam bulutangkis melibatkan metabolisme aerobik dan anaerobik yang terputus-putus. Gerakan yang berlebihan pada punggung dan ekstremitas bawah merupakan salah satu risiko cedera yang dialami oleh pemain bulutangkis. HIIT berdampak pada peningkatan daya tahan tubuh dan mencegah cedera jika diterapkan dalam latihan harian, sehingga meningkatkan kualitas atlet. HIIT meningkatkan kekuatan, daya tahan, kecepatan, dan kelincahan atlet (Fajrin & Kusnanik, 2018).

Tabel 4. Perbedaan Rata-Rata Pengaruh High Intensity Interval Training (HIIT) pada Dua Sampel yang Saling Berpasangan

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
Pair 1	Pretest				
	-	-3,7500	2,06657	0,53359	-4,89443
	Posttest				-2,60557

Terkait pencegahan cedera, komponen kelincahan dalam bulutangkis berperan dalam adaptasi metabolik yang meningkatkan koordinasi antara sistem saraf perifer dan proprioseptif atlet (Cui *et al.*, 2023). *Aerobic Exercise* meningkatkan kekuatan, kecepatan, dan kelincahan (Lin *et al.*, 2021). HIIT sering dikaitkan dengan peningkatan performa lari bolak-balik, lari cepat, dan lompatan serta puncak VO₂max pada atlet remaja (Engel *et al.*, 2018). Namun, efek fisiologis dari variabel-variabel pada parameter aerobik dan anaerobik masih belum jelas (Rahman *et al.*, 2023).

Berlari, bersepeda, dan mendayung, sebagai olahraga yang umum dilakukan. Hal tersebut telah dinyatakan dapat meningkatkan performa olahraga tertentu. Sementara itu, olahraga-olahraga tersebut cenderung kurang dinikmati sehingga dapat menjadi penghalang bagi kepatuhan latihan (Menz *et al.*, 2019). Melakukan latihan fungsional dengan intensitas tinggi dapat memberikan manfaat lebih dibandingkan dengan olahraga biasa dalam meningkatkan performa otot (Buckley *et al.*, 2015).

Sebuah penelitian sebelumnya menemukan bahwa melakukan latihan gaya *Tabata*, seperti *burpe*, *jumping jack*, dan mendaki gunung, yang melibatkan latihan seluruh tubuh dapat meningkatkan VO₂max seperti halnya ketika melakukan *treadmill* selama 30 menit (Menz *et al.*, 2019).

High Intensity Interval Training (HIIT) merupakan konsep latihan yang menggunakan kombinasi latihan intensitas tinggi yang diselingi dengan latihan intensitas sedang atau rendah (Bulat *et al.*, 2019). Latihan ini dilakukan dengan interval tertentu yang dapat merangsang jantung untuk bekerja lebih keras sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan metabolisme tubuh.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa HIIT dapat meningkatkan kadar VO₂max jika porsi

latihan dapat diatur secara bertahap. Peningkatan kemampuan daya tahan kardiorespirasi dipengaruhi oleh pemberian kedua jenis latihan tersebut namun belum ada perbandingan pengaruh yang signifikan antara keduanya, begitu juga dengan metode latihan HIIT (Ashadi *et al.*, 2020).

Proses analisis latihan, pengolahan data, dan rumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, penggunaan metode latihan HIIT menunjukkan hasil yang signifikan dengan metode latihan *circuit training*, karena memberikan efektifitas yang signifikan terhadap peningkatan VO₂max. Latihan HIIT memberikan pengaruh terhadap tubuh terutama tekanan darah, hormon, glukosa darah, kadar laktat, dan sistem saraf otonom (Lin *et al.*, 2021).

Pada sistem kardiovaskuler, HIIT menghasilkan mekanisme fisiologis penebalan miokardium ventrikel kiri jantung sehingga kekuatan dan kemampuan jantung memompa darah per kontraksi meningkat, karena kontraksi meningkat maka jumlah denyut nadi per menit menurun. Sejalan dengan penelitian Nugraha & Berawi (2017) salah satu jenis latihan fisik yang dapat meningkatkan kebugaran kardiorespirasi sehingga kerja jantung menjadi lebih optimal adalah HIIT.

Pada penggunaan HIIT, interval kerja-ke-pemulihan yang tepat dapat membiasakan tubuh untuk lebih efisien dalam memproduksi dan menggunakan energi dari sistem energi anaerobik. Manfaat HIIT sendiri bagi seorang atlet dapat menstimulasi jantung untuk bekerja lebih keras sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan metabolisme tubuh (Lu *et al.*, 2022).

Dibandingkan dengan latihan intensitas sedang, HIIT meningkatkan kebugaran jantung paru (VO₂max) lebih baik. Latihan interval intensitas tinggi memiliki efek psikologis yang lebih baik, seperti rasa senang yang lebih besar

daripada latihan intensitas sedang. Hal ini disebabkan karena HIIT yang dilakukan dalam jangka lama membantu keberhasilan dalam pencapaian target latihan, sehingga memberi kepuasan bagi seseorang.

Selain itu, HIIT berbeda dengan latihan intensitas sedang yang biasanya membutuhkan waktu yang lama dan dilakukan dengan interval. Intensitas latihan yang tepat bukan interval latihannya menentukan manfaat HIIT terhadap kardiometabolik (Lin *et al.*, 2021).

Latihan HIIT intensif dapat menghasilkan kinerja kardiovaskular yang lebih baik karena HIIT secara efektif mengontrol gagal jantung lebih baik (Kulothungan *et al.*, 2022). Pada induksi adaptasi pusat (kardiovaskular) dan perifer (otot rangka) yang terkait dengan peningkatan kesehatan, HIIT adalah metode pelatihan yang efektif dan hemat waktu. HIIT dapat meningkatkan kebugaran aerobik dan anaerobik, tekanan darah, kesehatan jantung, sensitivitas insulin (membantu otot-otot yang berolahraga menggunakan glukosa sebagai energi), dan profil kolesterol, serta mengurangi lemak perut dan berat badan, dan mempertahankan massa otot (Wijaya *et al.*, 2022).

Metode latihan ini telah mendapatkan popularitas karena efektivitasnya dalam meningkatkan kebugaran kardiovaskular, membakar lemak, dan meningkatkan kekuatan otot dalam waktu yang relatif singkat. HIIT melibatkan latihan intensitas tinggi yang dapat meningkatkan kebugaran umum, termasuk kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitas. Atlet yang memiliki kebugaran yang baik cenderung memiliki postur tubuh yang lebih baik dan lebih tahan terhadap cedera. Atlet dapat mengurangi risiko cedera karena tubuh mereka lebih stabil dan lebih mampu mengatasi ketidakseimbangan karena latihan HIIT melibatkan gerakan

fungsional yang melibatkan banyak otot dan keseimbangan tubuh (Lu *et al.*, 2022).

Latihan dinamis dalam HIIT dapat meningkatkan fleksibilitas dan rentang gerak. Jika sendi dan otot lebih fleksibel, mereka lebih mampu menahan tekanan dan gerakan yang tidak terduga, yang mengurangi risiko cedera. HIIT melatih berbagai otot tubuh dalam berbagai gerakan. Ini mengurangi risiko cedera karena ketidakseimbangan otot. Meskipun HIIT memiliki banyak manfaat, atlet harus menggunakan teknik yang tepat dan memperhatikan tubuh mereka (Ashadi *et al.*, 2020).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efek dari program pencegahan cedera yang mencakup latihan HIIT terhadap risiko cedera. Selain itu perlu menyelidiki parameter latihan terbaik dari latihan berbasis HIIT, dan mengevaluasi efektivitasnya dalam mengurangi cedera di antara populasi olahraga tertentu.

PENUTUP

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan program Latihan HIIT dapat memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan komponen fisik, terutama daya tahan, dan mencegah terjadinya cedera. Oleh karena itu, HIIT sebagai program latihan bagi para atlet bulutangkis untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan terutama mencegah para atlet dari cedera. HIIT termasuk dalam kategori *High Impact Exercise*, sehingga atlet dapat menggunakan Latihan tersebut selain untuk meningkatkan kapasitas fisik, juga dapat memberikan dampak pada peningkatan daya tahan dan pencegahan terhadap cedera. Selain program latihan yang diberikan, atlet harus selalu menjaga pola makan dan gaya hidup untuk meningkatkan performa dan kualitas olahraga.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhathami, K., Alshehre, Y., Wang-Price, S., & Brizzolara, K. (2021). Reliability and validity of the functional movement screen™ with a modified scoring system for young adults with low back pain. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(3), 620–627. <https://doi.org/10.26603/001c.23427>
- An, H. M. O., Miller, C., & Mcelveen, M. (2012). The Effect of Kinesio Tape® on Lower Extremity Functional Movement Screen™ Scores. *International Journal of Exercise Science*, 1(1), P196-204.
- Ashadi, K., Andriana, L. M., & Pramono, B. A. (2020). Pola aktivitas olahraga sebelum dan selama masa pandemi covid-19 pada mahasiswa fakultas olahraga dan fakultas non-olahraga. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(3), 713–728.
- Bahri, S., Adnyana, I. K., Hasan, M. F., Apriantono, T., & Juniarsyah, A. D. (2022). The Effect of Cinnamon Extract on Recovery and Performance of Weightlifting Athletes. *Sport Mont*, 20(2), 57–61.
- Buckley, S., Knapp, K., Lackie, A., Lewry, C., Horvey, K., Benko, C., Trinh, J., & Butcher, S. (2015). Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(11), 1157–1162.
- Bulat, M., Can, N. K., Arslan, Y. Z., & Herzog, W. (2019). Musculoskeletal simulation tools for understanding mechanisms of lower-limb sports injuries. *Current Sports Medicine Reports*, 18(6), 210–216.
- Cui, J., Du, H., & Wu, X. (2023). Data analysis of physical recovery and injury prevention in sports teaching based on wearable devices. *Preventive Medicine*, 107589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107589>
- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conraads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., Larsen, A.-I., Hole, T., Mezzani, A., & Van Craenenbroeck, E. M. (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, 135(9), 839–849.
- Engel, F. A., Ackermann, A., Chtourou, H., & Sperlich, B. (2018). High-intensity interval training performed by young athletes: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 9, 1012.
- Fajrin, F., & Kusnanik, N. W. (2018). Effects of high intensity interval training on increasing explosive power, speed, and agility. *Journal of Physics: conference series*, 947(1), 12045.
- Follador, L., Alves, R. C., Ferreira, S. dos S., Buzzachera, C. F., Andrade, V. F. dos S., Garcia, E. D. S. de A., Osiecki, R., Barbosa, S. C., de Oliveira, L. M., & da Silva, S. G. (2018). Physiological, perceptual, and affective responses to six high-intensity interval training protocols. *Perceptual and motor skills*, 125(2), 329–350.
- Kulothungan, P., Moorthy, B. S., & Ambiger, B. (2022). *Study on recovery heart rate response to aerobic exercise of football players*.
- Lin, K.-C., Wei, C.-W., Lai, C.-L., Cheng, I., & Chen, N.-S. (2021). Development of a badminton teaching system with wearable technology for improving students' badminton doubles skills. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 945–969.
- Lu, M., Li, M., Yi, L., Li, F., Feng, L., Ji, T., Zang, Y., & Qiu, J. (2022). Effects of 8-week high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on bone metabolism in sedentary young females. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(2), 77–83.
- Menz, V., Marterer, N., Amin, S. B.,

- Faulhaber, M., Hansen, A. B., & Lawley, J. S. (2019). Functional vs. Running low-volume high-intensity interval training: Effects on vo2max and muscular endurance. *Journal of sports science & medicine*, 18(3), 497.
- Nugraha, A. R., & Berawi, K. N. (2017). The Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) toward Cardiorespiratory Fitness. *Jurnal Majority*, 6(1), 425.
- Oktarisa, A. (2023). *Penerapan Functional Movement Screening (FMS) terhadap Deteksi Dini Risiko Cedera Olahraga pada Atlet Panjat Tebing Kota Padang*. Universitas Negeri Padang.
- Pardiwala, D. N., Subbiah, K., Rao, N., & Modi, R. (2020). Badminton injuries in elite athletes: A review of epidemiology and biomechanics. *Indian journal of orthopaedics*, 54(3), 237–245.
- Philp, F., Blana, D., Chadwick, E. K., Stewart, C., Stapleton, C., Major, K., & Pandyan, A. D. (2018). Study of the measurement and predictive validity of the Functional Movement Screen. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000357>
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports medicine*, 45(4), 473–495.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Racil, G., Zouhal, H., Elmontassar, W., Abderrahmane, A. Ben, De Sousa, M. V., Chamari, K., Amri, M., & Coquart, J. B. (2016). Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(1), 103–109.
- Rahman, F., Ramadhan, A. B., Kurniawan, A., & Puspitaningrum, D. A. (2023). Pengaruh Latihan Plyometric terhadap Peningkatan Vertical Jump pada Pemain Basket. *Jurnal Kesehatan Vokasional*, 8(1), 28–36.
- Sedanur, B. A. Ş., GÜLER, T., & AKTÜRK, S. (2022). Use of marble dust containing filler mixture in composite slab production: Relationship between roasting conditions and physical properties of the slab. *Scientific Mining Journal*, 61(3), 135–141.
- Sperlich, B., De Marées, M., Koehler, K., Linville, J., Holmberg, H.-C., & Mester, J. (2011). Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1271–1278.
- Stöggl, T., Kröll, J., Helmberger, R., Cudrigh, M., & Müller, E. (2018). Acute effects of an ergometer-based dryland alpine skiing specific high intensity interval training. *Frontiers in physiology*, 9, 1485.
- Suppiah, P. K., Joumy, A. J., Samsir, M., Mariappan, M., Noordin, H., Azmi, N., & Bin, A. M. (2019). The Effects of High Intensity Functional Interval Training on Selected Fitness Components Among Young Badminton Players. *International Conference on Movement, Health and Exercise*, 42–53.
- Susila, H., Jurić, S., Liu, L., Gawarecka, K., Chung, K. S., Jin, S., Kim, S.-J., Nasim, Z., Youn, G., & Suh, M. C. (2021). Florigen sequestration in cellular membranes modulates temperature-responsive flowering. *Science*, 373(6559), 1137–1142.
- Widiasmara, W. P. (2018). *Perbedaan*

-
- Pengaruh Circuit Training Dan High Intensity Interval Training (Hiit) Untuk Peningkatan Vo2max Pada Pemain Sepak Bola.* Universitas' Aisyiyah Yogyakarta.
- Wijaya, F., Yusup, U., & Sidik, D. Z. (2022). Pengaruh Metode High Intensity Interval Training Menggunakan Elevation Training Mask Terhadap Peningkatan Anaerobik Laktasid Pemain Futsal Putra UPI. *Jurnal Kepelatihan Olahraga*, 14(1).
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., & Premkumar, R. (2012). Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey. *International journal of production economics*, 140(1), 330–340.

Penerapan *Healthcare Failure Mode and Effect Analysis* (HFMEA) pada Implementasi Rekam Medis Elektronik

Applying of Healthcare Failure Mode and Effect Analysis on Electronic Medical Record Implementation

Ellya Yudianti[✉], Merita Arini^{1,2,3}

¹Magister Administrasi Rumah Sakit, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

²Kedokteran Keluarga dan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

³Center of Sustainable Development Goals, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Rekam Medis Elektronik (RME) terbukti meningkatkan kualitas layanan kesehatan. Namun, penerapannya belum mencapai target yang diharapkan, berisiko terhadap kepuasan dan keselamatan pasien, bahkan terancam gagal. Rumah sakit harus mengelola berbagai risiko pada penerapan RME untuk mencapai tujuannya.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko-risiko penerapan RME, serta menyusun strategi pengendaliannya.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan partisipatif dan menerapkan *Healthcare Failure Mode and Effect Analysis* di sebuah rumah sakit swasta, melalui *Consensus Decision-Making Group*.

Hasil: Penelitian ini mengidentifikasi 51 risiko penerapan RME, dengan 49 di antaranya yang diproses dan dikelompokkan menjadi 5 tema, yaitu kebijakan penggunaan RME, subjek RME, kualitas sistem RME, infrastruktur, dan komunikasi. Penilaian risiko bervariasi dari risiko rendah sampai sangat tinggi. Perhatian petugas masih berfokus pada kelengkapan data dan sistem yang berjalan, tetapi keamanan data belum menjadi perhatian. Penelitian ini merumuskan 16 rencana pengendalian risiko dengan 3 prioritas yang direkomendasikan, yaitu menyusun kebijakan dan pedoman implementasi RME, pelatihan secara *hands-on* kepada dokter, dan pembaruan sistem RME berkala serta menyusun *co-creation* tentang penambahan fitur sistem RME.

Kesimpulan: Penerapan RME tidak terlepas dari risiko kegagalan. HFMEA mampu memotret hal ini dengan menggali potensi kesalahan. Diperlukan uji coba implementasi rekomendasi strategi perbaikan untuk mencegah kegagalan.

Kata Kunci: HFMEA; penerapan rekam medis elektronik, sistem RME

ABSTRACT

Background: Electronic Medical Record (EMR) improves the quality of health services. However, its implementation has yet to reach the expected target, risks patient satisfaction and safety, and is threatened with failure. Hospitals must manage the EMR implementation risks to achieve the objective.

Objective: This study aimed to identify and assess the EMR implementation risk and generate a control strategy.

Methods: This study used qualitative methods with a participatory approach by applying *Healthcare Failure Mode and Effect Analysis* in a private hospital through a *Consensus Decision-Making Group*.

Results: This research identified 51 risks and 49 out of them were processed and grouped into five themes: EMR use policy, EMR subjects, EMR system quality, infrastructure, and communication. Risk assessment varied from low to very high risks. The officers' attention was still focused on the data completeness and the running system, but data security has yet to be a concern. This research formulated 16 risk control plans with 3 recommended priorities: developing EMR policy and implementation guidelines, hands-on training for doctors, and regular system updates and establishing co-creation about additional features of the EMR system.

Conclusion: EMR implementation cannot escape its failure risk. HFMEA helps capture this failure mode by exploring the potential error. Trial implementation of improvement strategy recommendations is required to prevent failures.

Keywords: HFMEA; electronic medical record implementation; EMR system

✉Corresponding author: ellya.yudianti@gmail.com

Diajukan 31 Agustus 2023 **Diperbaiki** 19 Oktober 2023 **Diterima** 08 Januari 2024

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi di bidang kesehatan dapat menyatukan beberapa aspek penting dalam situasi disrupsi saat ini dan pasca-pandemi COVID-19. Rumah sakit wajib menjalankan fungsi profesi dan fungsi administrasi dengan baik untuk meningkatkan mutunya (Nisa Srimayarti *et al.*, 2021). Salah satu fungsi administratifnya adalah penerapan Rekam Medis Elektronik (RME) sebagai bagian dari Sistem Informasi Kesehatan (SIK).

Keuntungan dari RME adalah meningkatkan komunikasi penyedia dan pasien, meningkatkan manajemen informasi klinis, menghilangkan kesalahan komunikasi sederhana, seperti yang disebabkan oleh tulisan tangan yang tidak terbaca, mengurangi kesalahan resep, mengurangi biaya, meningkatkan produktivitas, dan memfasilitasi pertukaran informasi kesehatan (Atasoy *et al.*, 2019). Mengadopsi RME berkualitas tinggi meningkatkan kualitas layanan kesehatan (Ayaad *et al.*, 2019).

Manfaat penerapan RME menjadi dasar pertimbangan rumah sakit terhadap target *smart hospital* di *society* 5.0. Studi lain menyatakan penerapan RME dalam sistem kesehatan di Amerika belum mencapai target yang diharapkan (Janett and Yeracaris, 2020). Penggunaan dan pemanfaatan RME masih perlu ditingkatkan di negara berkembang (Awol *et al.*, 2020).

Indonesia sebagai negara berkembang, telah mengarahkan SIK periode 2020-2024 untuk memperkuat informasi kesehatan yang lebih cepat, valid, dan mudah berbagi informasi melalui aplikasi satu data kesehatan (Kemenkes RI, 2022b), dengan demikian RME memfasilitasi pertukaran data ringkasan medis pasien antara fasilitas kesehatan. Pemerintah Indonesia juga mendorong penerapan RME dengan menerbitkan peraturan RME baru (Kemenkes RI, 2022c).

Penting diketahui bahwa, selain manfaat, ada dampak penggunaan RME yang berisiko terhadap keselamatan pasien. Dampak tersebut termasuk pengguna menyalin dan menempelkan data RME yang berkontribusi pada kesalahan diagnostik dan pengobatan karena menyalin dan menempelkan riwayat kunjungan sebelumnya (Cheng *et al.*, 2022).

Selain itu, penerapan RME secara parsial berdampak pada insiden keselamatan pasien, seperti gangguan fisiologis dan metabolik, pembekuan darah yang parah, luka terbuka dengan sepsis, dan kegagalan pernapasan setelah operasi (Trout *et al.*, 2022). Sebaliknya, pengukuran implementasi RME dengan kriteria *Meaningful Use* tidak berkorelasi langsung dengan kepuasan, pengeluaran, dan keselamatan pasien (Murphy *et al.*, 2020). Selanjutnya, perlu dilakukan evaluasi secara berbeda untuk mengukur keberhasilan implementasi RME.

Analisis risiko merupakan bagian penting dalam manajemen risiko untuk mengendalikan risiko agar tepat sasaran, efektif, efisien, dan konsisten mencapai tujuan (Susilo and Kaho, 2018). Analisis risiko proaktif yang pertama adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) (Liu, 2019). Pada tahun 2001, *Veterans Affairs National Center for Patient Safety* (VA-NCPS) melakukan adaptasi dan modifikasi FMEA, yang disebut sebagai *Healthcare Failure Mode and Effect Analysis* (HFMEA), agar lebih sesuai dengan kebutuhan analisis risiko di sektor kesehatan.

HFMEA mengubah perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) menjadi Skor Bahaya dan menambahkan algoritma Analisis Pohon Keputusan (VA NCPS, 2021). Beberapa penelitian menunjukkan keberhasilan HFMEA dalam mengendalikan risiko perawatan kesehatan (Lin *et al.*, 2022; Yi *et al.*, 2022).

RME telah diterapkan di sebagian RS di Indonesia. Namun demikian, pada umumnya target implementasi yang

optimal belum tercapai, seperti adanya permintaan cetak formulir rekam medis unit rawat jalan yang seharusnya elektronik, terdapat kesalahan pengobatan saat penginputan resep, pengguna dokter digantikan oleh petugas lainnya, kesulitan pengambilan data pelaporan, dan kesulitan mengakses data ringkasan rawat jalan. Sangat penting untuk mempelajari lebih lanjut, mengingat investasi teknologi ini cukup besar dan menantang.

Manajemen risiko secara proaktif pada penerapan RME sangat penting bagi organisasi. Pimpinan organisasi harus mengidentifikasi dan mengelola apa yang dapat menyebabkan risiko dalam mencapai tujuan implementasi RME sebelum kegagalan terjadi. Banyak penelitian terkait penerapan RME yang dilaksanakan melalui beberapa metode, diantaranya terdapat tiga studi tentang implementasi RME di Nevada dan Ethiopia. Dua di Ethiopia mempelajari kesiapan staf dan rumah sakit melalui metode kualitatif dan kuantitatif *cross sectional* dengan kuesioner dan wawancara (Awol *et al.*, 2020; Bisrat *et al.*, 2021).

Penelitian di Nevada mengeksplorasi pengalaman staf perawat, petugas keselamatan pasien, dan dokter melalui metode kualitatif dengan wawancara terstruktur (Upadhyay and Hu, 2022). Dua studi evaluasi perbaikan sistem dengan HFMEA di Cina dan Taiwan dilakukan pada *Early Warning System* dalam prosedur hemodialisis dan cacat instrumentasi bedah, di mana keduanya telah terbukti berhasil (Lin *et al.*, 2022; Yi *et al.*, 2022).

Berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya, penelitian ini mengevaluasi implementasi RME dengan menggunakan HFMEA, yang merupakan kebaruan dari penelitian ini. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko-risiko penerapan RME di rumah sakit, serta menyusun strategi pengendaliannya.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan partisipatif, dengan menggunakan metode HFMEA melalui *Consensus Decision-Making Group* (CDMG). Metode ini diadaptasi dari HFMEA *Guidebook* (VA NCPS, 2021), dan telah diolah kembali pada skala dan kriteria probabilitas, tingkat keparahan, dan matriks penilaian bahaya, dari empat skala menjadi lima, sesuai pedoman manajemen risiko di rumah sakit saat penelitian ini dilaksanakan.

Metode HFMEA dipilih dengan dua pertimbangan. Pertama, HFMEA adalah analisis risiko proaktif yang berdampak pada sistem secara menyeluruh (Utami *et al.*, 2020). Kedua, HFMEA dikembangkan lebih khusus untuk layanan kesehatan dan berhasil mengendalikan risiko dalam beberapa penelitian (Lin *et al.*, 2022; Yi *et al.*, 2022).

Penelitian dilaksanakan di unit rawat jalan pada salah satu rumah sakit swasta Kelas D di Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah, yang telah terakreditasi oleh Kementerian Kesehatan Indonesia, dengan tingkat akreditasi paripurna pada Desember 2022. Rumah sakit ini telah menerapkan RME sejak tahun 2020, yang dimulai di unit rawat jalan.

B. Populasi dan Sampel

Populasi adalah seluruh pengguna RME. Sampel yang selanjutnya disebut sebagai partisipan dipilih melalui *purposive sampling*, dengan *criterion sampling*. Partisipan meliputi dua kelompok. Pertama adalah kelompok pengguna rekam medis elektronik di unit rawat jalan, yang terdiri dari dua belas orang (petugas pendaftaran, perawat rawat jalan, perawat gigi, bidan unit rawat jalan, dokter umum rawat jalan, dokter gigi, dokter spesialis, petugas laboratorium, petugas radiologi, petugas farmasi, kasir, petugas teknologi informasi).

Kelompok kedua adalah kelompok pengambil keputusan rumah sakit, yang terdiri dari enam orang (Direktur, Kepala Bidang Pelayanan Medis, Kepala Bidang Keperawatan, Kepala Bagian Umum dan Penunjang Medis, Kepala Bagian Keuangan, dan Kepala Bagian Sumber Daya Manusia). Kedua kelompok ini dipilih untuk mendapatkan informasi yang kaya. Secara keseluruhan terdapat 18 orang partisipan.

Tabel 1. Matriks Grading Risiko

No	Skor PXS	Grading Risiko	Label Warna Risiko
1	1-2	Sangat Rendah	Biru
2	3-4	Rendah	Hijau
3	5-9	Moderat	Kuning
4	10-12	Tinggi	Jingga
5	15-25	Sangat Tinggi	Merah

*(Diadopsi dari Pedoman Manajemen Risiko RS yang Diteliti dan telah diolah kembali)

C. Teknik Pengambilan Data

Data dikumpulkan melalui pertemuan *Consensus Decision-Making Group* (CDMG) yang direkam melalui aplikasi Zoom. Sumber data penelitian meliputi sumber data primer, yaitu dari diskusi kelompok, sedangkan sumber data sekunder adalah sistem RME.

D. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan peneliti sebagai instrumen penelitian, yang dilengkapi dengan *Term of Reference* (TOR) CDMG, rekaman video CDMG melalui aplikasi Zoom, kamera, dan lembar kerja HFMEA.

E. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam tiga tahapan, dengan menggunakan lembar kerja HFMEA (VA NCPS, 2021). Pertama adalah tahap analisis identifikasi risiko, yaitu melakukan inventarisasi modus kegagalan di setiap subproses dari diagram alur proses berisiko tinggi yang disepakati. Modus kegagalan disebut juga sebagai risiko. Seluruh risiko yang ada selanjutnya dianalisis dengan mengkategorikan berbagai risiko menjadi beberapa tema,

untuk mengerucutkan data mentah ke poin kritis dengan kondensasi disertai tinjauan pustaka, sehingga tema dibahas secara mendalam, lebih mudah dipahami, dan diimplementasikan.

Kedua adalah tahap analisis penilaian risiko, yaitu menentukan skor probabilitas/P (skala 1-5), skor keparahan/S (skala 1-5), menghitung skor bahaya (PXS) dalam matriks grading risiko (Tabel 1), dan melakukan analisis pohon keputusan sesuai *HFMEA Guidebook*. Ketiga adalah tahap analisis strategi pengendalian risiko, yaitu menentukan tipe tindakan (diterima/kontrol/eliminasi) dan merumuskan rekomendasi pengendalian risiko. Seluruh tahapan analisis diselenggarakan dalam tiga sesi CDMG secara *online*, untuk memenuhi saturasi data.

F. Trustworthiness

Penelitian ini menjamin ketelitian sebagai *trustworthiness* melalui empat kriteria, yaitu *credibility*, *transferability*, *dependability*, dan *confirmability* (Utarini, 2020). *Credibility* dipenuhi dengan dua poin seperti pengecekan anggota oleh peserta dan triangulasi sumber.

Deskripsi tebal latar penelitian dan proses implementasi RME dilakukan untuk memenuhi kriteria *transferability*. Pada sepanjang penelitian, TOR CDMG yang terperinci, rekaman video tiga sesi CDMG, foto sesi, dan lembar kerja HFMEA disiapkan sebagai *dependability*. Penulis kedua sebagai tenaga ahli melakukan audit data untuk mendukung kriteria *dependability*. Memeriksa ulang semua data di setiap akhir sesi rapat CDMG dilakukan untuk memenuhi *confirmability*.

G. Etika Penelitian

Penelitian dilaksanakan setelah memperoleh Izin Etik Nomor 01/EC-RS/II/2023 dari Komite Etik RS dan Izin Penelitian Nomor 127/PCA/RS/II/2023 dari Direktur RS tempat penelitian. Sebelum pengumpulan data, setiap partisipan memberikan persetujuan tertulis.

Selanjutnya, identitas dirahasiakan dan diberikan kode peserta (P1-P18).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh data peserta ditunjukkan pada Tabel 2. Sebagian besar peserta (72%) adalah perempuan. Hal ini tidak mengejutkan karena 189 dari 269 (70%) karyawan RS di tempat penelitian ini adalah perempuan. Sebagian besar partisipan (89%) berusia ≥ 30 tahun karena sebagian besar peserta adalah Kepala Bidang, Kepala Bagian, dan Kepala Unit, yang tentu saja, memiliki pengalaman kerja selama beberapa tahun.

Tingkat pendidikan para peserta, 55% adalah sarjana dari sekelompok dokter, Kepala unit rawat jalan, beberapa layanan dukungan medis dan administrasi, dan 6% Magister dari tingkat manajerial. Sisanya 39% adalah Diploma dari bagian

penunjang medis. Masa kerja seluruh peserta adalah ≥ 3 tahun, sehingga memenuhi kualifikasi sebagai Kepala Bagian atau Kepala Unit. Hal ini juga diseleksi terkait *purposive sampling*, yaitu bahwa peserta memiliki pengalaman sejak rekam medis masih berbasis kertas hingga menjadi elektronik seperti saat ini.

Karakteristik profesi pengguna RME menggambarkan distribusi pekerjaan secara merata dan mewakili semua profesi. Gambaran karakteristik peserta ini menyimpulkan bahwa subjek penelitian memiliki informasi yang kaya sebagai data. Objek penelitian adalah penerapan RME dalam layanan rawat jalan. Keberhasilan HFMEA sangat tergantung pada partisipasi peserta (Taleghani *et al.*, 2018).

Tabel 2. Karakteristik Partisipan

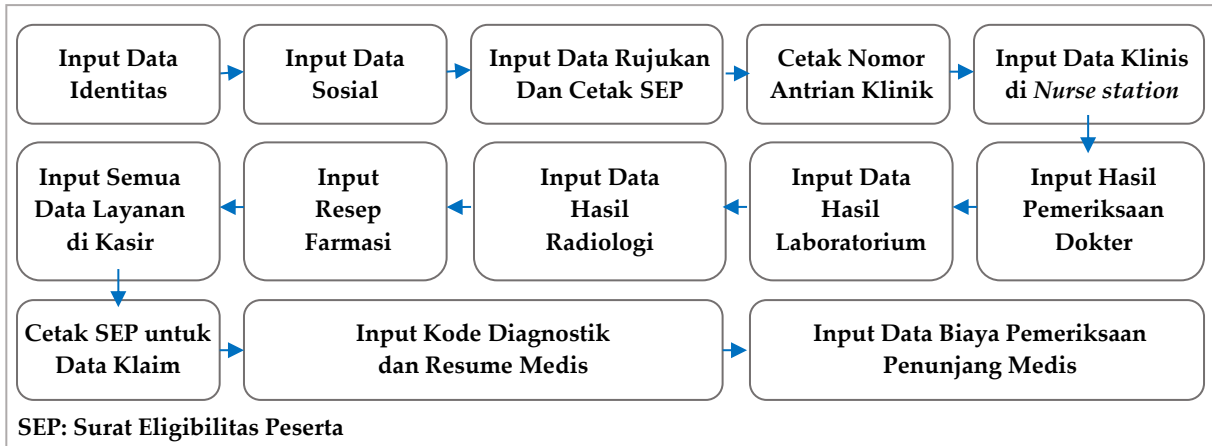
No	Kode Peserta	Jenis Kelamin	Usia (Tahun)	Pendidikan	Profesi/ Kerja	Masa Kerja (Tahun)
1	P 1	Perempuan	69	Magister	Dokter umum	18
2	P 2	Perempuan	53	Sarjana	Dokter umum	23
3	P 3	Perempuan	45	Diploma	Perawat	23
4	P 4	Laki-laki	52	Diploma	Analisis Kesehatan Lingkungan	11
5	P 5	Laki-laki	51	Sarjana	Sumber Daya Manusia	28
6	P 6	Perempuan	50	Sarjana	Keuangan	21
7	P 7	Laki-laki	37	Sarjana	Informasi dan Teknologi	8
8	P 8	Perempuan	26	Diploma	Perekam Medis	4
9	P 9	Perempuan	39	Diploma	Perawat	14
10	P 10	Perempuan	54	Sarjana	Bidan	32
11	P 11	Perempuan	38	Sarjana	Apoteker	13
12	P 12	Perempuan	39	Diploma	Analisis Kesehatan	9
13	P 13	Perempuan	28	Diploma	Radiografer	3
14	P 14	Perempuan	36	Diploma	Perawat Gigi	6
15	P 15	Laki-laki	34	Sarjana	Dokter Ahli	3
16	P 16	Laki-laki	35	Sarjana	Dokter Ahli	4
17	P 17	Perempuan	31	Sarjana	Dokter gigi	7
18	P 18	Perempuan	40	Sarjana	Administrasi	9

RS yang diteliti ini bekerja sama dengan penyedia sarana elektronik untuk mengadopsi SIK yang dipilih dan telah terbukti berhasil diterapkan di beberapa rumah sakit lainnya dengan kelas rumah sakit yang sama. Hal ini dipilih mengingat

besarnya anggaran untuk menyusun sistem informasi secara mandiri. Informasi medis pasien berskala besar dimulai dari kemampuan interoperabilitas SIK yang menjadi prasyarat untuk aplikasi satu data kesehatan yang ditargetkan.

Berdasarkan hasil penelitian, layanan rawat jalan pada RS yang diteliti dimulai dari unit pendaftaran, dilanjutkan 14 klinik, penunjang medis laboratorium, radiologi, farmasi, dan kasir (Gambar 2). Pendaftaran pasien dilayani secara tatap

muka dan *online* untuk semua jenis jaminan kesehatan atau asuransi. Rerata kunjungan rawat jalan bulanan periode Januari-September 2022 mencapai 6050.



Gambar 2. Diagram Alur Dari Tiga Belas Subproses Alur Implementasi RME

A. Identifikasi Risiko

Pada awal tahap identifikasi risiko, seluruh partisipan telah sepakat mengelola tiga belas subproses diagram alur implementasi RME (Gambar 2). Setiap subproses diidentifikasi modus-modus kegagalan yang dapat terjadi. Lima puluh satu risiko diidentifikasi dari subproses ini, dan 49 risiko diproses lebih lanjut dengan tipe tindakan eliminasi dan kontrol (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah Risiko yang Diproses dan Tipe Tindakan

Jumlah Total Risiko yang Diidentifikasi	Jumlah Risiko yang Diproses	Tipe Tindakan
51	8	Eliminasi
	41	Kontrol
	0	Diterima

B. Penilaian Risiko

Penilaian risiko ditentukan dengan memberi skor P, skor S, dan skor bahaya (PXS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa probabilitas risiko penerapan RME berada pada skor 4 (dapat terjadi beberapa

kali dalam satu tahun) dan 5 (hampir selalu terjadi setiap minggu/bulan), sedangkan severitas risiko berada pada skor 1 (tidak signifikan), 2 (minor), dan 3 (moderat).

Sebagian besar severitas risiko berupa penundaan pelayanan namun tidak lebih dari 1 hari. Beberapa risiko berdampak pada 1-4 unit/bidang lainnya, dan berdampak pada risiko keuangan sebesar 5-8%, serta sebagian kecil mempunyai potensi dampak pada keselamatan pasien yaitu kesalahan medikasi akibat salah cetak expertise radiologi pasien lainnya, sehingga dapat dikategorikan sebagai kondisi potensial cedera signifikan (Condro, 2020; Kemenkes RI, 2022a).

Skor bahaya (PXS) berada pada skor 4-15. Berdasarkan Matriks Grading Risiko (Tabel 1), 49 risiko dikategorikan sebagai: 5 risiko rendah dengan label warna hijau, 15 risiko moderat dengan label warna kuning, 26 risiko tinggi dengan label warna jingga, dan 3 risiko sangat tinggi dengan label warna merah.

- (1) Dokter tidak ingin mengisi RME; (2) sebagian besar dokter hanya bersedia mengisi diagnosis pasien; (3) perawat menyelesaikan RME, yang seharusnya menjadi pekerjaan dokter; (4) banyak dokter spesialis menolak untuk input resep elektronik.

Tema 1: Kebijakan Penggunaan RME

- (5) Salah ejaan input nama pasien; (6) salah input tanggal lahir pasien; (7) informasi identitas yang salah bukan milik pasien; (8) data sosial kosong tidak dimasukkan; (9) input ejaan alamat yang salah; (10) salah input data sosial yang bukan milik pasien; (11) informasi yang salah tentang klinik spesialis tujuan; (12) kesalahan cetak tujuan klinik spesialis; (13) input tanda vital yang salah ke data milik pasien lain; (14) pasien menumpuk di ruang perawat, semua petugas membantu dokter; (15) perawat melengkapi RME setelah menyelesaikan asistensi, tidak dalam satu waktu; (16) dokter spesialis belum input permintaan pemeriksaan penunjang di RME, masih manual; (17) klinik gigi tidak menggunakan resep elektronik; (18) permintaan pemeriksaan laboratorium masih manual tidak menggunakan RME; (19) permintaan pemeriksaan radiologi masih manual tidak menggunakan RME; (20) lebih banyak permintaan resep manual; (21) input nama obat yang salah; (22) biaya layanan yang tidak terklaim; (23) diagnosis belum diisi oleh dokter sehingga berkas klaim menunggu dokter mengisi lengkap; (24) resume belum diisi oleh dokter sehingga berkas klaim menunggu dokter melengkapi.

Tema 2: Subjek RME

- (25) Data identitas gagal disimpan; (26) data sosial gagal disimpan; (27) gagal mencetak surat kelayakan peserta; (28) entri ganda pasien di satu klinik spesialis dan waktu yang sama; (29) data riwayat pemeriksaan sebelumnya hilang; (30) hasil laboratorium tidak muncul dalam sistem; (31) dokter telah memasukkan permintaan pemeriksaan laboratorium tetapi tidak muncul dalam sistem informasi laboratorium (LIS); (32) hasil laboratorium tidak muncul dalam sistem RME; (33) dokter telah memasukkan permintaan untuk pemeriksaan radiologi tetapi tidak muncul dalam sistem radiologi; (34) petugas radiologi harus menginput ulang permintaan pemeriksaan karena input dokter tidak muncul dalam sistem radiologi akibat beda kode; (35) data permintaan pemeriksaan rontgen salah dimasukkan ke pasien di unit lain; (36) salah mencetak *expertise* radiologi pasien sebelumnya; (37) dokter telah memasukkan resep elektronik tetapi belum muncul di sistem farmasi; (38) gagal memasukkan permintaan resep elektronik karena tidak muncul stok, secara riil ada stok; (39) surat kelayakan peserta tidak dapat dicetak langsung melalui sistem; (40) hasil laboratorium tidak muncul dalam sistem.

Tema 3: Kualitas Sistem RME

- (41) Nomor antrian cetak tidak terbaca; (42) gagal mencetak nomor antrian; (43) perawat menggunakan perangkat pribadi untuk menyelesaikan RME.

Tema 4: Infrastruktur

- (44) Pasien terdaftar tetapi tidak terpanggil sama sekali; (45) pasien datang tanpa nomor antrian; (46) pasien tidak dipanggil meskipun sudah memiliki nomor antrian; (47) gagal input biaya pemeriksaan penunjang ketika permintaan berbeda hari dengan waktu pelaksanaan; (48) catatan biaya pemeriksaan radiologi tidak dalam satu berkas; (49) biaya layanan yang belum dibayar: pasien tidak ke kasir.

Tema 5: Komunikasi

RME: Rekam Medis Elektronik; LIS: *Laboratory Information System*

Gambar 3. Tema Risiko Implementasi RME

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak semua risiko yang teridentifikasi diproses lebih lanjut: 2 dari 51 dihentikan karena skor bahaya <8 dan bukan merupakan satu-satunya titik kritis. Pertama, kegagalan menemukan data rekam medis dari kunjungan lama karena data alamat yang tidak tepat. Risiko ini tidak diproses lebih lanjut karena alamat seseorang sering mengalami perubahan yang tidak diperbarui ([Dinpendukcapil Kabupaten Kotawaringin Barat, 2021](#)). Risiko ini telah dikendalikan dengan melakukan input data ibu kandung. Laporan keuangan masih manual adalah risiko kedua yang tidak diolah lebih lanjut karena laporan ini sengaja dipisahkan dari SIK untuk keamanan data.

Tindakan eliminasi dan kontrol adalah tipe tindakan yang dipilih berdasarkan HFMEA Guidebook ([VANCPs, 2021](#)). Tindakan eliminasi dipilih untuk mencegah terjadinya risiko ini di masa depan dengan menghilangkan penyebab modus kegagalan, sedangkan tindakan kontrol untuk meminimalkan risiko ini terjadi di kemudian hari.

Empat puluh sembilan risiko yang diproses dikategorikan ke dalam 5 tema berdasarkan fokus masalah dan pengendaliannya (Gambar 3). Kelima tema tersebut adalah (1) kebijakan penggunaan RME, (2) subjek RME, (3) kualitas sistem RME, (4) Infrastruktur, dan (5) Komunikasi.

1. Tema 1: Kebijakan penggunaan RME

Hasil studi ini menunjukkan empat risiko yang diidentifikasi terkait dengan kebijakan RME. Hal ini disebabkan karena belum adanya kebijakan pimpinan tentang penerapan RME di RS tempat penelitian, meskipun kebijakan pemerintah mengenai RME sudah disosialisasikan ([Kemenkes RI, 2022c](#)). Selain itu, sebagian besar dokter RS ini adalah paruh waktu, sehingga mereka enggan mengisi RME yang mungkin cara implementasinya berbeda dengan rumah sakit utama tempat dokter bekerja.

Hasil kajian ini menyiratkan bahwa aspek kebijakan merupakan syarat mutlak penerapan RME di rumah sakit. Seluruh kebijakan pimpinan akan mengikat seluruh civitas rumah sakit untuk dijalankan guna mencapai tujuan organisasi, khususnya dokter sebagai bagian dari ujung tombak pelayanan kesehatan.

Perlu disusun pedoman RME yang lengkap, jelas, dan mampu dilaksanakan oleh subjek RME. Hal ini dilakukan agar semua subjek secara bersama-sama bergerak ke arah peningkatan penerapan RME. Kebijakan dan pedoman ini sejalan dengan penelitian yang menyimpulkan bahwa panduan manual diperlukan untuk mengimplementasikan SIK, mulai dari tahap desain dan perencanaan hingga tahap evaluasi, karena banyak masalah dan tantangan yang pasti akan berkembang ([Setyonugroho et al., 2020](#)).

2. Tema 2: Subjek RME

Subjek RME adalah tema risiko yang paling banyak di antara tema lainnya, dengan skor probabilitas sebagian besar lima. Ini berarti bahwa risiko mungkin terjadi hampir setiap minggu. Subjek RME adalah semua profesi pengguna, baik dokter, perawat, bidan, perekam medis, analis, administrasi, keuangan, dan lain-lain. Risiko kelompok ini terjadi karena beberapa subjek tidak mengetahui kewajiban RME dan sebagian lainnya belum dapat mengoperasionalkan.

Subjek RME ini sejalan dengan penelitian evaluasi penggunaan RME rawat jalan di rumah sakit, yang menyatakan bahwa tingkat penggunaan RME terendah adalah oleh dokter, tertinggi adalah pada bagian penerimaan, dan ada korelasi kuat antara persepsi kemanfaatan dan minat perilaku dalam menggunakan RME ([Ahmed et al., 2020](#); [Maryati and Nurwahyuni, 2021](#); [Mohammed et al., 2021](#)).

Dengan kata lain, semua subjek RME harus memiliki persepsi yang lebih baik tentang kemanfaatan dan minat untuk

menggunakannya. Studi lain yang sejalan dengan tema ini menyimpulkan bahwa kesiapan tenaga kesehatan pada penerapan RME masih perlu ditingkatkan. Sangat penting membangun kapasitas pengetahuan secara keseluruhan untuk meningkatkan pengetahuan, sikap, dan keterampilan komputer petugas (Awol *et al.*, 2020).

Hasil penelitian menyiratkan bahwa peningkatan kemampuan pengguna untuk mengoperasikan RME sangat penting. Sosialisasi tidaklah cukup. Perlu praktik secara langsung sebagai salah satu kunci keberhasilan implementasi. Evaluasi pun diperlukan untuk menilai peningkatan kemampuan, pelatihan ulang diadakan jika diperlukan.

Tema ini pun linier dengan penelitian yang dilakukan di Nevada dan California, yang menyebutkan bahwa sebagian besar perawat setuju bahwa menggunakan RME bermanfaat dan meningkatkan efisiensi. Perihal kemampuan subjek RME ini juga sejalan dengan penelitian Nurhidayah, yang menyimpulkan bahwa berbagai kegiatan yang dilakukan perawat dalam memperoleh, berbagi, mendokumentasikan, dan memanfaatkan pengetahuan sesuai kebutuhan mampu meningkatkan kinerja perawat (Nurhidayah, 2018). Namun, yang lain menganggap RME memakan waktu, dan berdampak pada jumlah RME yang diterapkan oleh pengguna, sehingga penyedia dan rumah sakit harus memberikan pelatihan memadai untuk meringankan beban dokter (Oumer *et al.*, 2021; Upadhyay and Hu, 2022).

3. Tema 3: Kualitas sistem RME

Aspek kritis ketiga adalah kualitas sistem RME. Sistem yang perlu diperbarui, belum terintegrasi dengan yang lain, dan kode sistem yang belum disinkronkan adalah risiko yang mungkin terjadi hampir setiap minggu/bulan. Sistem belum memfasilitasi kebutuhan dan kondisi, seperti kemampuan interoperabilitas

dengan *Laboratory Information System* (LIS) dan data hasil pemeriksaan radiologi, serta resep elektronik, meskipun SIK telah tersertifikasi dan digunakan di beberapa rumah sakit dengan kelas yang sama.

RS yang diteliti ini menggunakan pendekatan *inkremental* dalam implementasi RME, di mana penerapannya dilakukan secara bertahap. Keuntungannya adalah setiap masalah lebih mudah diselesaikan karena terpisah dari modul atau fungsi RME lainnya dan memungkinkan staf belajar dan menguasai kemampuan sistem secara bertahap. Sementara itu, kendala yang mungkin adalah kebingungan staf tentang aturan, sehingga prosedur standar dapat diimplementasikan secara berbeda (Aguirre *et al.*, 2019).

Tiga tantangan yang perlu dipersiapkan terkait kendala ini meliputi: perlu secara ketat mengikuti rencana kerja agar tahap implementasi tetap pada jalurnya; membutuhkan perhatian yang cermat terhadap proses *hybride* manual dan elektronik, karena tidak semua tugas mampu diselesaikan secara elektronik; dan membutuhkan kesadaran akan berbagai fungsi yang diimplementasikan pada waktu lain (Aguirre *et al.*, 2019). Kendala utama yang dirasakan pengguna di RS yang diteliti ini adalah keterlambatan memperbarui kebutuhan akan fitur tambahan. Koordinasi dengan penyedia SIK telah diupayakan. Sayangnya, penyedia akan menambahkan fitur baru jika ada banyak permintaan serupa. Hasil ini linier dengan studi yang menyebutkan bahwa mendesain ulang rekam kesehatan elektronik dan meningkatkan proses implementasinya menjadi solusi potensial untuk meningkatkan kemanfaatannya (Upadhyay and Hu, 2022).

Kemampuan interoperabilitas menjadi syarat penting kualitas sistem RME. Hal ini selaras dengan studi yang menyebutkan bahwa interoperabilitas SIK ke *database* lain, dapat mengurangi

kesalahan transmisi informasi. Mempertimbangkan syarat penting ini, dalam studi ini integrasi langsung dengan LIS harus dipercepat (Khajouei *et al.*, 2018).

Penyedia rekam kesehatan elektronik juga dapat merancang sistem yang tidak kompatibel untuk meningkatkan "penguncian" konsumen dan biaya transisi ke penyedia lainnya (Atasoy *et al.*, 2019). Penting bagi pengguna SIK memperhatikan sudut pandang penguncian ini, yang pada akhirnya, pengguna harus memutuskan yang lebih bermanfaat bagi organisasi, mempertahankan SIK yang telah dipilih dengan pembaruan yang terlambat, atau beralih ke produk SIK lainnya yang dinilai lebih mumpuni.

4. Tema 4: Infrastruktur

Infrastruktur juga berperan penting dalam keberhasilan penerapan RME. *Printer* yang gagal bekerja maksimal dan jumlah perangkat keras yang terbatas mengganggu operasional pelayanan rawat jalan, sehingga harus segera ditindaklanjuti. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Ethiopia tahun 2021, bahwa kesiapan rumah sakit ditentukan oleh sistem RME yang terstandar dan bersertifikat selain peralatan yang memadai, peningkatan infrastruktur, dan komponen tim teknologi informasi di rumah sakit (Bisrat *et al.*, 2021). Studi lain juga sejalan dengan tema ini, yang menyimpulkan implementasi SIK harus direncanakan dengan cermat, mempertimbangkan perangkat keras-perangkat lunak, data, pengguna, dan kebijakan (Setyonugroho *et al.*, 2020).

5. Tema 5: Komunikasi

Komunikasi antar-petugas dan petugas-pasien juga merupakan aspek penting dalam penerapan RME. Komunikasi berupa edukasi kepada pasien harus menjadi kebiasaan untuk memudahkan pasien mendapatkan pelayanan sesuai alur. Beberapa risiko dalam tema ini dapat berdampak pada keuangan dan keluhan pelanggan yang

mempengaruhi citra rumah sakit. Studi di Iran yang sejalan dengan tema komunikasi ini menyebutkan bahwa banyak negara yang baru-baru ini menerapkan RME menghadapi miskomunikasi informasi pasien yang disebabkan kesalahan pendaftaran kode nasional, kode informasi klinis, dan administrasi lainnya (Khajouei *et al.*, 2018).

Pimpinan rumah sakit dan penyedia SIK perlu memperhatikan ketiga hal tersebut, salah satunya dengan koordinasi antara petugas dan penyedia untuk menyusun *co-creation* (Laurisz *et al.*, 2023). Studi analisis risiko harus dilakukan sebelum kegagalan terjadi. Sementara itu, penyedia SIK harus menggunakan kode yang terdaftar nasional, termasuk kode informasi klinis, untuk mempromosikan keunggulan produknya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebocoran data informasi medis pasien, yang cukup meresahkan para pemangku kepentingan, tidak menjadi risiko yang diangkat oleh peserta. Studi lain menguatkan hal ini, yaitu meskipun penggunaan digitalisasi informasi kesehatan memiliki banyak manfaat, ada juga potensi penyalahgunaan, seperti pembelian obat-obatan berbahaya dan kebocoran informasi medis pasien, yang berpotensi menimbulkan kerugian fisik dan finansial (Ahmad *et al.*, 2022).

Sumbu utama transformasi digital kesehatan adalah penggunaan data rekam medis dalam jumlah besar, sehingga sangat penting bahwa *database* harus dilindungi dari serangan *cyber* (E Melo and Araújo, 2020). Penelitian ini menggaris bawahi bahwa pemangku kepentingan RME perlu memperhatikan keamanan data termasuk penyalahgunaan informasi dan kebocoran data terkait target implementasi aplikasi satu data kesehatan (Ahmad *et al.*, 2022).

Para pemangku kepentingan harus menyadari risiko ini dengan memastikan SIK yang dipilih aman dari serangan *cyber* dan kebocoran data. Penting juga bagi penyedia SIK untuk mengetahui beberapa

risiko keamanan aplikasi untuk meningkatkan kualitas produk mereka (The OWASP Foundation, 2021)

C. Strategi Pengendalian Risiko

Kebijakan	(1) Menyusun kebijakan dan pedoman implementasi RME
Penggunaan RME	(2) Pelatihan RME secara <i>hands-on</i> untuk semua dokter, didampingi oleh penyedia;
Subjek RME	(3) menambahkan prosedur validasi kebenaran data identitas pasien dan klinik spesialis tujuan setelah menerima nomor antrian tercetak; (4) sosialisasi kewajiban input data sosial kepada petugas; (5) Setiap petugas wajib memberikan edukasi pemeriksaan tahap selanjutnya sesuai alur dan kebutuhan pasien; (6) penambahan 2 tenaga perawat di klinik rawat jalan
Kualitas Sistem RME	(7) <i>Update system</i> RME berkala serta menyusun <i>co-creation</i> dengan PSE; (8) sinkronisasi dan perbaikan kode sistem; (9) percepatan <i>bridging</i> sistem RME dengan <i>Vclaim</i> dan Sistem Informasi Laboratorium; (10) menambahkan fitur notifikasi untuk mencegah <i>double-entry</i> ; (11) mengisi data yang tidak diinput dalam satu waktu ke <i>notepad</i> untuk memastikan akurasi data; (12) koordinasi dengan asuransi mengenai resep racikan dan usulan tanda tangan dengan kode QR
Infrastruktur	(13) Penambahan perangkat 3 tab di unit rawat jalan; (14) perawatan perangkat keras berkala
Komunikasi	(15) Mengembangkan komunikasi yang efektif antarstaf untuk memastikan semua layanan telah terinput ke sistem RME; (16) membangun komunikasi dan edukasi antara petugas dan pasien tentang alur pelayanan rawat jalan

Gambar 4. Strategi Pengendalian Risiko Implementasi RME

Terdapat 16 langkah rencana pengendalian risiko implementasi RME yang direkomendasikan (Gambar 4). Tipe tindakan yang dipilih adalah kontrol dan eliminasi (Tabel 2). Tipe tindakan “terima” tidak dipilih karena partisipan sepakat bahwa semua risiko yang diidentifikasi dapat dicegah. Partisipan memprioritaskan 3 tindakan dalam jangka pendek berdasarkan kekuatannya (VA NCPS, 2021).

Segera merumuskan kebijakan dan menyusun pedoman pelaksanaan RME adalah rekomendasi pertama, yang mengikat seluruh komunitas rumah sakit untuk dilaksanakan, sejalan dengan kajian lainnya (Setyonugroho *et al.*, 2020). Kedua, pelatihan RME secara *hands-on* untuk semua dokter, bersama penyedia dan pelatihan ulang perlu dilakukan. Pelatihan seperti ini linier dengan beberapa studi (Awol *et al.*, 2020; Oumer *et al.*, 2021).

Kedua rekomendasi ini termasuk kategori *stronger* dalam kekuatan tindakan. Hal ini karena keduanya mengutamakan standardisasi, bersifat mengikat, dan menekankan perubahan sehingga diharapkan dapat menghilangkan risiko secara permanen (VA NCPS, 2021).

Ketiga, pembaruan sistem RME secara berkala bersama penyedia RME selaras dengan studi di Ethiopia (Bisrat *et al.*, 2021). Pembaruan sistem RME secara berkala ini dilaksanakan secara bersamaan dengan mengembangkan *co-creation* tentang fitur tambahan dalam sistem RME yang dilaksanakan oleh pimpinan rumah sakit, staf, dan penyedia sarana elektronik, yang bermanfaat bagi semua pihak. Hal ini dilaksanakan agar rumah sakit dan staf dapat lebih mudah menjalankan fungsi RME. Penyedia RME akan mendapatkan nilai unggul dari produk mereka dengan proses ini. Studi lain pun mendukung hal ini (Laurisz *et al.*, 2023).

Rekomendasi ketiga termasuk dalam kategori tindakan *intermediate*. Strategi ini meminimalkan kekambuhan risiko (VA NCPS, 2021).

Studi ini memiliki kekuatan dan keterbatasan yang perlu diperhatikan. Metode HFMEA dengan 3 sesi CDMG dan melibatkan 18 partisipan aktif yang dipilih secara *purposive sampling* telah menghasilkan informasi yang kaya sehingga menjadi kekuatan dalam penelitian ini. Kategorisasi menjadi tema dengan pembahasan mendalam dari tinjauan pustaka serta keseluruhan tahapan penelitian yang memenuhi 4 kriteria *trustworthiness* pun mendukung kekuatan studi ini

Di sisi lain, keterbatasan penelitian ini adalah, antara lain, masih diperlukan uji coba implementasi rekomendasi strategi pengendalian risiko dan menilai kembali risiko. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi keberhasilan dalam mencegah kegagalan.

PENUTUP

Implementasi RME tidak terlepas dari risiko kegagalan dan HFMEA mampu memotret hal ini dengan mengidentifikasi 51 potensial risiko, menilai risiko dengan skor bahaya yang bervariasi dari rendah sampai sangat tinggi, serta menyusun 16 strategi pengendalian risiko dengan 3 tindakan yang direkomendasikan dalam jangka pendek berdasarkan kekuatannya. Studi selanjutnya melalui analisis survei dan wawancara mendalam beberapa petugas kesehatan di negara atau wilayah lainnya, dengan berbagai tipe SIK, mungkin mencapai hasil empiris yang lebih kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Magister Administrasi Rumah Sakit, Program Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas

dapat meningkatkan deteksi risiko dan akademik yang mumpuni untuk mendukung analisis dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada semua pihak RS tempat penelitian ini dilaksanakan, atas dukungannya dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre, R.R. *et al.* (2019) 'Electronic Health Record Implementation: A Review of Resources and Tools', *Cureus*, 11(9). Available at: <https://doi.org/10.7759/cureus.5649>
- Ahmad, H.J., Mantoro, T. and Yulivan, I. (2022) 'Prevention of Misuse of Information Technology in the Health Industry', in *2022 IEEE 8th International Conference on Computing, Engineering and Design, ICCED 2022*. Sukabumi. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICCED56140.2022.10010457>.
- Ahmed, M.H. *et al.* (2020) 'Intention to use electronic medical record and its predictors among health care providers at referral hospitals, north-West Ethiopia, 2019: Using unified theory of acceptance and use technology 2(UTAUT2) model', *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01222-x>.
- Atasoy, H., Greenwood, B.N. and McCullough, J.S. (2019) 'The Digitization of Patient Care: A Review of the Effects of Electronic Health Records on Health Care Quality and Utilization', *Annual Review of Public Health*, 40, pp. 487–500. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-044206>.
- Awol, S.M. *et al.* (2020) 'Health professionals' readiness and its associated factors to implement electronic medical record system in four selected primary hospitals in

- Ethiopia', *Advances in Medical Education and Practice*, 11, pp. 147–154. Available at: <https://doi.org/10.2147/AMEP.S233368>.
- Ayaad, O. *et al.* (2019) 'The role of electronic medical records in improving the quality of health care services: Comparative study', *International Journal of Medical Informatics*, 127, pp. 63–67. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.04.014>.
- Bisrat, A. *et al.* (2021) 'Implementation challenges and perception of care providers on Electronic Medical Records at St. Paul's and Ayder Hospitals, Ethiopia', *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01670-z>.
- Cheng, C.G. *et al.* (2022) 'Restricted use of copy and paste in electronic health records potentially improves healthcare quality', *Medicine (United States)*, 101(4), p. E28644. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000028644>.
- Condro, L. (2020) *Tinjauan Pelaksanaan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 11 Tahun 2017 Tentang Keselamatan Pasien, Maksigama*. Available at: <https://doi.org/10.37303/maksigama.v12i1.72>.
- Dinas Kependudukan Dan Pencatatan Sipil Kabupaten Kotawaringin Barat (2021) *Domisili dan Alamat KTP, Pemerintah Kabupaten Kotawaringin Barat*. Kabupaten Kotawaringin Barat. Available at: <http://disdukcapil.kotawaringinbaratkab.go.id/berita/vw-domisili-dan-alamat-ktp> (Accessed: 9 April 2023).
- E Melo, J.A.G. de M. e. C. and Araújo, N.M.F. (2020) 'Impact of the fourth industrial revolution on the health sector: A qualitative study', *Healthcare Informatics Research*, 26(4), pp. 328–334. Available at: <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.4.328>.
- Janett, R.S. and Yeracaris, P.P. (2020) 'Electronic medical records in the american health system: Challenges and lessons learned', *Ciencia e Saude Coletiva*, 25(4), pp. 1293–1304. Available at: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020254.28922019>.
- Kemenkes RI (2022a) *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1128 Tahun 2022 Tentang Standar Akreditasi Rumah Sakit*. Indonesia.
- Kemenkes RI (2022b) *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 21 Tahun 2020 Tentang Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Tahun 2020–2024*. Indonesia.
- Kemenkes RI (2022c) *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2022 Tentang Rekam Medis*. Indonesia.
- Khajouei, R., Abbasi, R. and Mirzaee, M. (2018) 'Errors and causes of communication failures from hospital information systems to electronic health record: A record-review study', *International Journal of Medical Informatics*, 119, pp. 47–53. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.09.004>.
- Laurisz, N. *et al.* (2023) 'The Stakeholders' Involvement in Healthcare 4.0 Services Provision: The Perspective of Co-Creation', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph20032416>.
- Lin, C.H. *et al.* (2022) 'Applying Healthcare Failure Mode and Effect Analysis and the Development of a Real-Time

- Mobile Application for Modified Early Warning Score Notification to Improve Patient Safety During at:
<https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000977>.
- Liu, H.-C. (2019) 'FMEA for Proactive Healthcare Risk Analysis: A Systematic Literature Review', *Improved FMEA Methods for Proactive Healthcare Risk Analysis*, pp. 15–45. Available at:
https://doi.org/10.1007/978-981-13-6366-5_2.
- Maryati, Y. and Nurwahyuni, A. (2021) 'Evaluasi Penggunaan Electronic Medical Record Rawat Jalan Di Rumah Sakit Husada Dengan Technology Acceptance Model', *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia*, 9(2), p. 190. Available at:
<https://doi.org/10.33560/jmiki.v9i2.374>.
- Mohammed, A., Mehrez, A. and Aladel, L. (2021) 'Investigating the impact of electronic health record on healthcare professionals', *International Journal of Data and Network Science*, 5(1), pp. 63–74. Available at:
<https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2020.11.001>.
- Murphy, Z.R., Wang, J. and Boland, M. V. (2020) 'Association of Electronic Health Record Use above Meaningful Use Thresholds with Hospital Quality and Safety Outcomes', *JAMA Network Open*, 3(9). Available at:
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.12529>.
- Nisa Srimayarti, B., Leonard, D. and Zhuhriano Yasli, D. (2021) 'Determinants of Health Service Efficiency in Hospi-tal: A Systematic Review', *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 1(3), pp. 87–91. Available at:
<https://doi.org/10.52088/ijesty.v1i3.115>.
- Hemodialysis', *Journal of Patient Safety*, 18(5), pp. 475–485. Available
- Nurhidayah (2018) 'Hubungan Knowledge Management dengan Kinerja Perawat di Ruang Rawat Inap Rumah Sakit Unhas Makassar', *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 1(2), pp. 125–132.
- Oumer, A. et al. (2021) 'Utilization, Determinants, and Prospects of Electronic Medical Records in Ethiopia', *BioMed Research International*, 2021. Available at:
<https://doi.org/10.1155/2021/2230618>.
- Setyonugroho, W. et al. (2020) 'The complexity of the hospital information system (HIS) and obstacles in implementation: A mini-review', *Enfermeria Clinica*, 30, pp. 233–235. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.06.053>.
- Susilo, L.J. and Kaho, V.R. (2018) *Manajemen Risiko: Panduan Untuk Risk Leaders dan Risk Practitioners*. Edited by D. Novita. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Taleghani, Y.M. et al. (2018) *Application of prospective approach of healthcare failure mode and effect analysis in the risk assessment of healthcare systems*, *EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci*.
- The OWASP Foundation (2021) *Top 10 Web Application Security Risks*, OWASP Top 10. Available at:
<https://owasp.org/www-project-top-ten/> (Accessed: 6 August 2023).
- Trout, K.E. et al. (2022) 'The Impact of Meaningful Use and Electronic Health Records on Hospital Patient Safety', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19). Available at:
<https://doi.org/10.3390/ijerph191912525>.
- Upadhyay, S. and Hu, H.F. (2022) 'A Qualitative Analysis of the Impact of

- Electronic Health Records (EHR) on Healthcare Quality and Safety: Clinicians' Lived Experiences', *Health Services Insights*, 15. Available at: <https://doi.org/10.1177/11786329211070722>.
- Utami, A.S., Fahmy, R. and Putri, Z.M. (2020) 'Peran Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) terhadap Mutu Pelayanan Rumah Sakit: Systematik Review', *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(3), p. 932. Available at: <https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i3.1080>.
- Utarini, A. (2020) *Penelitian Kualitatif Dalam Pelayanan Kesehatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Edited by Galih. Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- VA NCPS (2021) *Healthcare Failure Modes and Affects Analysis (HFMEA) Guidebook VHA National Center for Patient Safety* (NCPS).
- Yi, L. *et al.* (2022) 'Application of healthcare failure mode and effect analysis in controlling surgical instrument packaging defects', *Scientific Reports*, 12(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24282-7>.

Penilaian Risiko Paparan Debu Silika terhadap Pekerja di Industri Pengolahan Bijih Mineral

Risk Assessment of Silica Dust Exposure to Workers in the Mineral Ore Processing Industry

Edi Karyono Putro^{1,2}, Saskia Nur Fadhilah Kusnadi^{1,3}✉, Arif Susanto^{1,4,5}, Miftahul Zannah¹, Rizky Mahalisa¹, dan Anthony Andorful Manuel⁶

¹Department HSE Divisi Concentrating PT Freeport Indonesia, Indonesia

²Program Doktor Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

³Program Studi Teknologi Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Indonesia

⁴Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Indonesia

⁵Magister Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

⁶Department Technical Service Divisi Concentrating PT Freeport Indonesia, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Proses industri bijih mineral menghasilkan debu silika yang berbahaya bagi kesehatan pekerja. Komposisinya bersifat karsinogenik dan dapat melebihi Nilai Ambang Batas (NAB).

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko paparan debu silika terhadap tiga jenis sistem rotasi kerja di industri pengolahan bijih mineral.

Metode: Metode yang digunakan adalah metodologi kuantitatif Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan menghitung nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) sesuai dengan kondisi jalur paparan, agen risiko, serta sistem rotasi kerja. Analisis dilakukan pada paparan debu silika tahun 2020 dan 2021. Pengambilan sampel debu silika dilakukan dengan pengukuran yang ditetapkan oleh OSHA-ID142.

Hasil: Konsentrasi debu silika pada proses industri bijih mineral melebihi NAB. Pada tahun 2020, paparan debu silika berkisar antara 0.41-2.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tetapi menurun pada 2021 menjadi 0.05-1.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Baik pada tahun 2020 maupun 2021, perhitungan ECR berada dalam rentang aman yang ditetapkan oleh *United States of Environmental Protection Agency* (US EPA). Hasil perhitungan ECR di bawah 10^{-4} untuk ketiga sistem rotasi kerja di semua lokasi pengukuran.

Kesimpulan: Konsentrasi debu silika di atas NAB tetapi evaluasi ARKL menunjukkan adanya risiko karsinogenik terhadap tiga jenis rotasi kerja yang berada di bawah batas aman, sehingga hal ini tidak membahayakan pekerja. Industri bijih mineral perlu terus meningkatkan pengendalian debu untuk mengurangi konsentrasi debu silika di bawah NAB.

Kata Kunci: bijih; debu; karsinogenik; mineral; silika

ABSTRACT

Background: The mineral ore processing industry produces silica dust that is hazardous to workers' health. The composition of dust, such as silica, can exceed the PEL and is carcinogenic in nature.

Objective: This study aimed to analyze the risk of silica dust exposure on three types of shift rotation systems in the mineral ore processing industry.

Methods: Environmental Health Risk Analysis (EHRA) was used by calculating the Excess Cancer Risk (ECR) value based on exposure pathway, risk agents, and work rotation systems. The analysis was conducted on silica dust exposure in 2020 and 2021. The dust silica sampling method the measurements stipulated by OSHA-ID142.

Results: The concentration of silica dust exceeded the permissible exposure limit (PEL). In 2020, silica dust exposure ranged from 0.41 to 2.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, but decreased in 2021 to 0.05-1.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In both 2020 and 2021, the Excess Cancer Risk (ECR) calculations fell within the safe range established by USEPA, which was below 10^{-4} for all three work rotation systems at all measurement locations.

Conclusion: The concentration of silica dust is above the PEL, but EHRA evaluation indicates that the carcinogenic risk for three types of work rotations is below the safe limit, thus not endangering the workers. The mineral ore processing industry needs to continue improving dust control to reduce silica dust concentration below the PEL.

Keywords: carcinogenic; dust; mineral; ore; silica

✉ Corresponding author: saskia.kusnadi@gmail.com

Diajukan 04 Agustus 2023 **Diperbaiki** 25 Oktober 2023 **Diterima** 06 Desember 2023

PENDAHULUAN

Pengolahan bijih mineral menjadi industri penting untuk mengekstraksi mineral yang bernilai, tetapi dalam pengolahannya terdapat permasalahan lingkungan yang dapat menyebabkan risiko kesehatan. Pengembangan dan penjaagaan kesehatan para pekerja menjadi tugas penting bagi perusahaan. Kepentingan ini dapat dilaksanakan dengan menilai permasalahan kesehatan yang timbul dari proses pengolahan bijih mineral (Shaykhlislamova *et al.*, 2022). Salah satunya adalah permasalahan kualitas udara yang dihasilkan dari beragam sumber emisi dalam industri tersebut (Baluchova *et al.*, 2019).

Proses bisnis pengolahan bijih mineral melakukan tahapan seperti penghancuran, penggilingan dan penanganan bijih yang berpotensi menghasilkan debu atau polutan gas lainnya (Worlanyo & Jiangfeng, 2021). Hadirnya polutan dalam lingkungan kerja akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan membentuk risiko tinggi bagi kesehatan manusia. Polutan dapat menyebabkan berbagai penyakit (Triyadi *et al.*, 2016). Polusi udara hadir dengan bentuk debu di industri pengolahan bijih mineral. Debu berasal dari proses penghacuran ataupun penggilingan bijih mineral di lokasi kerja.

Debu di pabrik pengolahan bijih mineral pada tahun 2021 terukur sebesar 6,1 mg/m³ di salah satu lokasi pengukuran. Walaupun berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan, yaitu sebesar 10 mg/m³ oleh Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No.5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Lingkungan Kerja. Komposisi debu tersebut dapat menimbulkan masalah kesehatan lainnya. Komposisi debu seperti silika dan asbestos dapat meningkatkan risiko Penyakit Akibat Kerja (PAK) (Schlünssen *et al.*, 2023). Riset sebelumnya mengungkapkan bahwa salah satu jenis

polutan, silika dapat berada dalam debu dengan komposisi sebesar 4,5-5,7% untuk debu yang dihasilkan dari tambang emas (Paluchamy *et al.*, 2021). Besaran komposisi tersebut mengindikasikan bahwa terdapat potensi konsentrasi silika sekitar 0,31 mg/m³ dengan rerata komposisi 5,1% di lingkungan kerja pabrik pengolahan bijih mineral. Hal ini menjadi suatu perhatian bagi keselamatan pekerja mengingat NAB bagi silika adalah 0,05 mg/m³.

Bagian dari polutan yang timbul dari industri pengolahan bijih mineral, debu silika menjadi sebuah ancaman bagi kesehatan pekerja (Margan *et al.*, 2022). Berbagai bentuk kristal silika adalah α -kuarsa, β -kuarsa, α -tridimit, β -tridimit, α -kristobalit, β -kristobalit, keatit, coesit, stishovit, dan moganit (Putri *et al.*, 2021). Dalam bentuk kristalin, silika umumnya terdiri dari komponen tanah, pasir, batu, granit, atau material alami lainnya. Debu silika yang dihasilkan dari proses pengolahan memiliki ukuran partikel yang beragam, kurang dari 1 mikrometer hingga partikel yang lebih kasar dan terlihat oleh mata (Thomas & Kelley, 2010).

Bahaya silika akan muncul pada saat para pekerja menghirup partikel silika halus (Putri *et al.*, 2021). Debu silika yang dihirup oleh para pekerja dapat meningkatkan risiko kesehatan kronis ataupun akut (Barnes *et al.*, 2019). Risiko kesehatan meningkat ketika partikel silika berukuran sangat kecil terendap di udara, sehingga membuat partikel tersebut sulit terlihat dan dideteksi oleh mata manusia. Menghirup kristalin silika dengan jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan penyakit yang dikarakterisasi dengan kerusakan paru yang berpotensi fatal (Vanka *et al.*, 2022).

International Agency for Research on Cancer (IARC) telah mengelompokkan silika kristalin sebagai penyebab kanker dalam Kelompok 1 karsinogen (Kim *et al.*, 2018). Selain itu, paparan silika juga ditemukan berasosiasi dengan

peningkatan risiko silikosis, kanker paru, tuberkulosis dan penyakit pernapasan lainnya (Wijaya *et al.*, 2019). Salah satu studi menemukan bahwa paparan silika terhadap pekerja diperkirakan telah menghasilkan 7-94 kematian per 1000 individual (Moghadam *et al.*, 2020).

Beberapa faktor yang menentukan bahaya paparan silika terhadap kesehatan pekerja adalah waktu paparan (Sunaryo & Rhomadhoni, 2021). Pada penelitian ini, analisis paparan debu silika kepada pekerja di industri pengolahan bijih mineral dilakukan. Terdapat tiga jenis sistem rotasi kerja yang berbeda yang mencakup staf reguler, staf *roaster*, serta staf *shift* dengan durasi kerja yang berbeda. Sistem rotasi kerja merupakan aspek penting yang mempengaruhi tingkat paparan pekerja terhadap debu silika, dikarenakan mempengaruhi lamanya waktu paparan debu.

Bahaya paparan silika terhadap kesehatan para pekerja penting untuk diteliti karena dampaknya terhadap kesehatan dan kesejahteraan pekerja. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menilai risiko tersebut adalah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Melalui metode ini, pengukuran risiko kesehatan dapat terlaksana dengan tujuan menilai risiko kesehatan yang timbul dari agen kimia tertentu (Basri *et al.*, 2014). Selain itu, dengan adanya faktor waktu paparan debu silika pada metode ARKL, penelitian ini dapat menggambarkan perbedaan risiko kesehatan dari tiga sistem rotasi kerja.

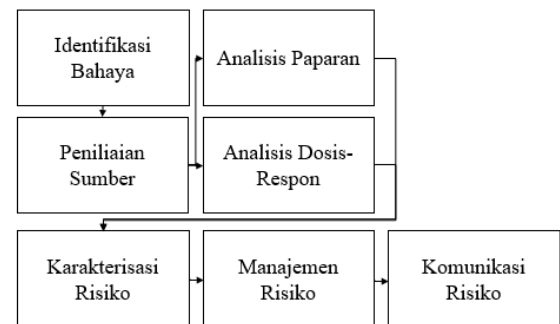
Penelitian ini yaitu menganalisis risiko paparan debu silika terhadap tiga jenis sistem rotasi kerja di industri pengolahan bijih mineral. Pengaplikasian metode ini akan membantu mengidentifikasi risiko, mengurangi risiko, serta meningkatkan kualitas hidup para pekerja industri pengolahan bijih mineral (Menkes RI, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk menilai risiko paparan debu silika

kepada kesehatan para pekerja di lingkungan kerja industri pengolahan bijih mineral.

METODE

A. Desain Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlangsung di area pengolahan bijih mineral di Papua, Indonesia. Studi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Metode ARKL diterapkan karena penilaian risiko dapat menentukan pola paparan terhadap polutan lingkungan dan menyesuaikan standar dengan jalur paparan, agen risiko, serta lama paparan atau rotasi kerja (Kermani *et al.*, 2021).



Gambar 1. Langkah-langkah ARKL
(Sumber: Menkes RI, 2012)

Proses analisis diawali dengan penilaian risiko bahaya yang teridentifikasi, kemudian penilaian paparan dan berakhir dengan karakterisasi risiko menggunakan perhitungan nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) (Basri *et al.*, 2014). Jika perhitungan nilai ECR berada di rentang aman maka manajemen risiko dilakukan, yaitu perhitungan kembali nilai ECR dengan rekayasa faktor ECR tersebut sehingga nilai ECR dapat berada pada rentang aman. Kemudian ARKL diakhiri dengan komunikasi risiko jika ECR tersebut berada di luar batas aman (Rahman, 2017). Penelitian ini menggunakan data sekunder dari pengukuran kualitas udara di beberapa lokasi pada tahun 2020 dan 2021.

B. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini merupakan konsentrasi debu silika di area pengolahan bijih mineral yang berlokasi di Papua, Indonesia. Untuk mendapatkan data yang representatif, sampel diambil dari beberapa lokasi yang mencakup variasi kondisi di lapangan. Pengumpulan sampel dilakukan selama tahun 2020 dan 2021.

Proses pemilihan lokasi pengukuran konsentrasi debu dilakukan dengan pemilihan lokasi di area pengolahan bijih mineral yang mewakili zona kerja dengan potensi bahaya debu. Penentuan titik *sampling* memperhatikan potensi paparan debu silika seperti sumber debu dan lokasi yang dilalui oleh pekerja. Memperhatikan variasi lokasi dan periode waktu, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang komprehensif tentang risiko konsentrasi debu silika di pabrik bijih mineral.

C. Teknik Pengambilan Data

Data primer dikumpulkan dengan pengukuran konsentrasi debu silika yaitu dengan menggunakan pompa *sampling* dengan lajur alir 2,0 L/menit, tubing, dan *filter cassette* PVC berukuran 5 μ . Kalibrasi pompa dilakukan dan dilanjutkan dengan pemilahan area yang akan diobservasi. Pengukuran dilakukan dengan memilih titik *sampling* yang mewakili kondisi area kerja. Setelah seluruh alat *sampling* dipasang di titik *sampling* yang sudah ditentukan, alat tersebut diletakkan 1,5 meter di atas dasar lantai untuk mempertimbangkan zona pernapasan. Selama proses pengukuran, beberapa data juga dicatat, seperti suhu, kelembapan, dan kecepatan angin di sekitar area *sampling* (OSHA, 2016a).

D. Instrumen Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran konsentrasi debu silika serta perhitungan nilai ECR melalui metode ARKL. Pengukuran konsentrasi debu silika dilakukan berdasarkan pada standar OSHA ID-142. Data lainnya yang

dikumpulkan, seperti informasi jenis pekerja, hari kerja, dan jam kerja dilakukan melalui pengambilan data sekunder. Setelah nilai yang dibutuhkan terkumpul, analisis data dilakukan menggunakan ARKL sehingga menghasilkan nilai ECR.

E. Teknik Analisis Data

Proses analisis dimulai dengan identifikasi bahaya yang bertujuan untuk menilai konsentrasi paparan debu silika, kemudian dibandingkan dengan baku mutu. Selanjutnya, nilai *Inhalation Unit Risk* (IUR) dari *Integrated Risk Information System* (IRIS) oleh *United States of Environmental Protection Agency* (USEPAUS EPA) ataupun hasil dari penelitian lain yang kemudian diinvestigasi dengan analisis dosis respon. Rumus yang digunakan untuk analisis memperhitungkan paparan agen risiko melalui jalur inhalasi, sebagai berikut (Maleki *et al.*, 2022).

$$EC = \frac{C \times ET \times ED \times EF}{AT \times 365 \times 24} \quad (1)$$

Exposure Concentration (EC) menunjukkan konsentrasi paparan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau f/m^3). C adalah konsentrasi dari debu silika ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau f/cm^3), ET merepresentasi *exposure time* (jam/hari) atau waktu paparan dengan durasi kerja per hari bagi ketiga sistem rotasi kerja, ED adalah *exposure duration* atau durasi paparan (tahun) dengan asumsi 25 tahun kerja, EF adalah *exposure frequency* atau frekuensi paparan (hari/tahun) dengan data durasi kerja dari tiga sistem rotasi kerja, dan AT adalah *averaging time* atau rerata waktu (tahun). AT untuk bahan karsinogenik adalah 70 tahun dikalikan dengan 365 hari/tahun dan 24 jam/hari (Nahin *et al.*, 2022). Setelah itu, analisis risiko terkait dengan jalur paparan secara inhalasi dapat dikalkulasi menggunakan rumus sebagai berikut.

$$ECR = EC \times IUR \quad (2)$$

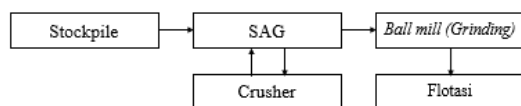
Nilai ECR adalah risiko karsinogenik untuk jalur inhalasi. IUR merujuk kepada risiko unit inhalasi ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ atau $(\text{f}/\text{cm}^3)^{-1}$).

¹⁾). Estimasi yang didapatkan dari ECR dibandingkan dengan kriteria yang ada (Basri *et al.*, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Bahaya Debu Silika

Identifikasi potensi dampak dari paparan debu silika dan perbandingan konsentrasi debu silika di lingkungan kerja dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya dari paparan silika kepada pekerja. Pada area tersebut, pengolahan mineral mencakup proses, seperti *crushing*, *grinding*, dan flotasi, yang memengaruhi udara ambien di sekitarnya, seperti tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pengolahan yang berada di pabrik pengolahan bijih mineral

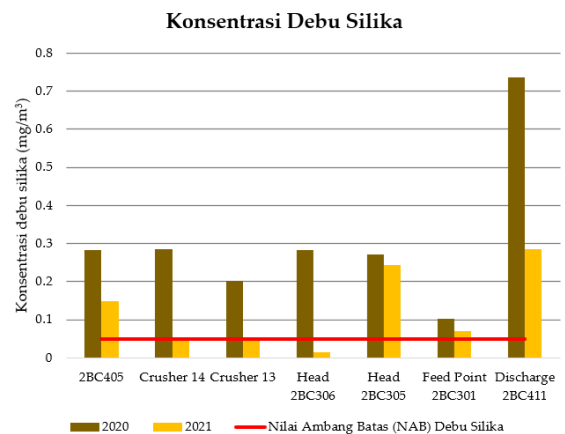
Proses yang dapat mempengaruhi konsentrasi debu silika secara signifikan pada udara ambien, yaitu proses *crushing*. *Crushing* merupakan proses penghancuran bebatuan yang diterima dari *stockpile*. Pada proses penghancuran tersebut, bijih mineral akan dihancurkan dan dijepit di antara dua besi, sehingga ukuran dari bijih mineral akan berkurang sesuai ukuran yang diinginkan. Pada proses ini, dibutuhkan pengolahan kering sehingga akan menghasilkan debu di lokasi sekitar mesin *crusher*.

Berbeda halnya dengan proses penghancuran menggunakan *crusher*, penggunaan *Semi Autogenous Mill* (SAG) menggunakan air dalam prosesnya. Proses SAG di dalamnya terbentuk bubur konsentrat atau *slurry*. Proses ini menghasilkan debu dengan intensitas jauh lebih rendah daripada *crusher*.

Setelah melalui proses penghancuran dengan *crusher* ataupun SAG, hasil penghancuran tersebut kemudian dibawa ke proses penggilingan atau *grinding* menggunakan *Ball Mill*. Proses ini serupa dengan pengolahan menggunakan SAG, di

mana adanya air dalam proses penggilingan batu yang sebelumnya sudah dihancurkan melalui *crusher* ataupun SAG. Proses ini juga berpotensi mengeluarkan emisi debu yang lebih sedikit dibandingkan dengan pengolahan menggunakan *crusher*.

Setelah digiling, bijih mineral tersebut masuk ke dalam tahap flotasi. Proses flotasi merupakan pencampuran reagen kimia ke dalam hasil penggilingan bijih mineral untuk menghasilkan konsentrat tembaga-emas. Potensi debu silika yang tinggi di area *crusher* mendukung pengukuran konsentrasi debu silika di sekitar lokasi tersebut.



Gambar 3. Konsentrasi debu silika di industri pengolahan bijih mineral tahun 2020-2021

Hasil pengukuran debu silika pada proses *crushing* dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, konsentrasi debu silika di industri pengolahan bijih mineral, konsentrasi debu silika tertinggi terlihat pada tahun 2020 di lokasi *Discharge* 2BC411 dengan konsentrasi sebesar 0.73 mg/m³, namun mengalami penurunan pada tahun 2021 menjadi 0,28 mg/m³. Nilai terendah diukur pada tahun 2021, yaitu di lokasi *Head* 2BC306, dengan konsentrasi debu silika sebesar 0,014 mg/m³.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 70 Tahun 2016 tentang *Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri*, nilai konsentrasi debu silika berada di bawah NAB hanya

terdapat pada tiga lokasi di tahun 2022. Lokasi tersebut, yaitu *Crusher 13*, *Crusher 14*, dan *Head 2BC306*, dengan nilai konsentrasi debu silika di bawah 0,05 mg/m³.

Polutan yang dihasilkan, seperti debu silika dapat membahayakan pekerja, sehingga menyebabkan Penyakit Akibat Kerja (PAK) saat terpapar dalam waktu yang berkepanjangan (Raanan *et al.*, 2022). Debu silika yang terhirup dapat terjebak dalam jaringan paru-paru sehingga mengakibatkan peradangan, penurunan fungsi paru, hingga menyebabkan silikosis (Căluțu *et al.*, 2022). Saat silikosis timbul, komplikasi lain dapat terbentuk, seperti fibrosis masif progresif (PMF), yang merupakan jenis penyakit paru akibat kerja (Sharma *et al.*, 2020). Selain itu, paparan terhadap debu silika berhubungan dengan peningkatan angka kanker paru-paru. Hal ini dikemukakan dari sebuah studi yang menemukan nilai *relative risk* (RR) sebesar 1,3-1,5 untuk kejadian kanker-paru-paru dengan paparan terhadap silika kuarsa dan kristobalit yang dapat terhirup (NIOSH, 2021).

B. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon dilakukan dengan merujuk kepada tipe nilai toksisitas yang didapatkan dari IRIS US EPA. Nilai yang tersedia dapat berbentuk nilai konsentrasi referensi (RfC) dan dosis referensi (RfD) untuk efek non-karsinogenik, maupun *cancer slope factor* (CSF), *cancer unit risk* (CUR), atau *inhalation unit risk* (IUR) untuk efek karsinogenik, yang terdapat pada agen risiko yang akan diteliti (Menkes RI, 2012). Dengan adanya analisis dosis respon ini, jalur paparan dari agen risiko, konsentrasi, atau dosis agen risiko dari nilai toksisitas dapat diketahui. Silika memiliki sifat karsinogenik sehingga menggunakan nilai CSF, CUR, atau IUR dalam menentukan konsentrasi referensinya.

Dosis respon terdapat pada studi meta-analisis yang mengungkapkan dosis

respon untuk debu silika sebesar 1,8-6 mg/m³/tahun. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dalam dosis respon untuk silika, pekerja akan menerima bahaya terhadap paparannya, sehingga meningkatkan risiko kanker paru-paru (Sogl *et al.*, 2012). Kemudian dilansir pula oleh Nahin *et al.* (2022) bahwa toksisitas silika juga dapat dikemukakan dengan IUR sebesar 3,8×10⁻⁴ per µg/m³. Berdasarkan Tabel 1, dosis respon agen kimia berisiko menunjukkan bahwa dosis respon silika berada pada rentang 1,8-6 mg/m³/tahun. Dengan adanya dosis tersebut, peningkatan risiko paru-paru akan terjadi.

Tabel 1. Dosis Respon Agen Kimia Berisiko

Agen Kimia	Dosis Respons	Efek Kritis dan Referensi
Silika	1,8-6 mg/m ³ /tahun	Studi meta-analisis mengungkapkan bahwa peningkatan risiko kanker paru-paru dengan paparan silika 1.8 mg/m ³ /tahun hingga 6 mg/m ³ /tahun.

C. Analisis Paparan

Hasil analisis paparan terbagi menjadi tiga, yang menjelaskan tentang paparan yang terjadi pada tiga jenis pekerja yang berbeda. Perbedaan jenis sistem rotasi kerja bergantung pada hari kerja serta jam kerja yang dimiliki oleh tiap jenis pekerja tersebut, seperti pada Tabel 2. Jenis tersebut dibagi menjadi tiga, yaitu staf reguler, staf *roaster*, serta staf *shift*.

Tabel 2. Jenis sistem rotasi kerja di industri pengolahan bijih mineral

No	Jenis Pekerja	Hari kerja	Jam kerja
1	Staf reguler	277 hari	9 jam
2	Staf <i>roaster</i>	233 hari	9 jam
3	Staf <i>Shift</i>	198 hari	11 jam

Staf reguler memiliki jadwal kerja dengan 277 hari kerja dalam setahun dan bekerja selama 9 jam setiap harinya. Staf reguler adalah kelompok pekerja yang hadir sepanjang tahun dengan jam kerja yang relatif konstan. Staf *roaster* bekerja dalam sistem rotasi yang melibatkan 233 hari kerja dalam setahun, dengan jam kerja yang sama yaitu 9 jam per hari, mengikuti pola kerja berputar yang memungkinkan

mereka untuk bekerja secara bergantian setiap enam ataupun delapan minggu. Staf *shift* bekerja selama 198 hari kerja dalam setahun, dengan jam kerja lebih panjang yaitu 11 jam setiap harinya.

Melalui pola bekerja tersebut, staf *shift* memiliki hari istirahat lebih panjang daripada jenis staf lainnya, sehingga berpotensi memiliki risiko lebih rendah pula.

Tabel 3. Hasil perhitungan paparan debu silika (EC) pada tahun 2020 untuk tiga sistem rotasi kerja di berbagai lokasi

No	Tahun	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 2020		
	Jenis Pekerja	EC Staf reguler	EC Staf <i>roaster</i>	EC Staf <i>Shift</i>
1	2BC405	3.27E-03	2.75E-03	2.75E-03
2	<i>Crusher</i> 14	3.31E-03	2.78E-03	2.78E-03
3	<i>Crusher</i> 13	2.33E-03	1.96E-03	1.96E-03
4	<i>Head</i> 2BC306	3.30E-03	2.77E-03	2.77E-03
5	<i>Head</i> 2BC305	3.16E-03	2.65E-03	2.65E-03
6	<i>Feed Point</i> 2BC301	1.18E-03	9.95E-04	9.95E-04
7	<i>Discharge</i> 2BC411	8.53E-03	7.18E-03	7.18E-03

Tabel 4. Hasil perhitungan paparan debu silika (EC) pada tahun 2021 untuk tiga sistem rotasi kerja di berbagai lokasi

No	Tahun	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 2021		
	Jenis Pekerja	Staf reguler	Staf <i>roaster</i>	Staf <i>Shift</i>
1	2BC405	1.74E-03	1.46E-03	1.46E-03
2	<i>Crusher</i> 14	5.09E-04	4.28E-04	4.28E-04
3	<i>Crusher</i> 13	5.70E-04	4.79E-04	4.79E-04
4	<i>Head</i> 2BC306	1.68E-04	1.42E-04	1.42E-04
5	<i>Head</i> 2BC305	2.84E-03	2.39E-03	2.39E-03
6	<i>Feed Point</i> 2BC301	8.25E-04	6.94E-04	6.94E-04
7	<i>Discharge</i> 2BC411	3.31E-03	2.78E-03	2.78E-03

Tabel 5. Hasil perhitungan karakterisasi risiko (ECR) pada tahun 2020 untuk tiga sistem rotasi kerja di berbagai lokasi

No	Tahun	ECR – 2020		
	Jenis Pekerja	Staf reguler	Staf <i>roaster</i>	Staf <i>Shift</i>
1	2BC405	1.24E-06	1.05E-06	1.05E-06
2	<i>Crusher</i> 14	1.26E-06	1.06E-06	1.06E-06
3	<i>Crusher</i> 13	8.86E-07	7.45E-07	7.45E-07
4	<i>Head</i> 2BC306	1.25E-06	1.05E-06	1.05E-06
5	<i>Head</i> 2BC305	1.20E-06	1.01E-06	1.01E-06
6	<i>Feed Point</i> 2BC301	4.50E-07	3.78E-07	3.78E-07
7	<i>Discharge</i> 2BC411	3.24E-06	2.73E-06	2.73E-06

Hasil analisis paparan debu silika melalui jalur inhalasi berdasarkan rumus (1) pada tahun 2020 dan 2021 dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Dari tabel tersebut, hasil paparan silika tertinggi terdapat pada pekerja staf reguler dengan hari kerja 277 hari dan jam kerja 9 jam, terutama di lokasi *Discharge* 2BC411. Nilai maksimum ini terjadi pada tahun 2020 dan 2021 di lokasi dan pada pekerja yang sama. Pada tahun 2020, nilai minimum paparan debu silika ditemukan pada staf *roaster* dan *shift* dengan hari kerja 233 dan 298 hari, secara berurutan dengan jam kerja 9 dan 11 jam, yang berlokasi pada *Feed Point* 2BC301. Kemudian, pada tahun 2021, penurunan signifikan paparan debu silika terjadi, khususnya pada staf *roaster* dan *shift* dengan lokasi kerja *Head* 2BC306, dengan nilai EC sebesar 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 6. Hasil perhitungan karakterisasi risiko (ECR) pada tahun 2021 untuk tiga sistem rotasi kerja di berbagai lokasi

No	Tahun		ECR – 2021	
	Jenis Pekerja	Staf reguler	Staf <i>roaster</i>	Staf <i>Shift</i>
1	2BC405	6.60E-07	5.55E-07	5.55E-07
2	<i>Crusher</i> 14	1.94E-07	1.63E-07	1.63E-07
3	<i>Crusher</i> 13	2.16E-07	1.82E-07	1.82E-07
4	<i>Head</i> 2BC306	6.39E-08	5.38E-08	5.38E-08
5	<i>Head</i> 2BC305	1.08E-06	9.08E-07	9.08E-07
6	<i>Feed Point</i> 2BC301	3.13E-07	2.64E-07	2.64E-07
7	<i>Discharge</i> 2BC411	1.26E-06	1.06E-06	1.06E-06

Pada tahun 2020 dan 2021 seluruh nilai ECR pada tiap lokasi berada di bawah batas aman. Pada tahun 2021, terjadi pengembangan pengendalian debu silika, sehingga menyebabkan penurunan ECR yang signifikan. Penurunan ECR yang signifikan telah terjadi pada lokasi *Crusher* 13, *Crusher* 14, dan *Head* 2BC306 untuk seluruh jenis pekerja. Jika debu silika masih tidak dapat dikendalikan, maka perusahaan harus mengaplikasikan pengendalian risiko (Ramdani *et al.*, 2022). Pengendalian risiko tersebut berkaitan dengan kegiatan proses kerja agar dapat memberikan lingkungan kerja yang sehat,

D. Karakterisasi Risiko

Hasil analisis karakterisasi risiko karsinogenik silika melalui jalur inhalasi dengan menggunakan ECR berdasarkan rumus (2) dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6. Dari hasil tersebut, nilai maksimum ECR pada tahun 2020 dan 2021 terdapat pada *Discharge* 2BC411 dengan ECR 3.24×10^{-6} dan 1.26×10^{-6} . ECR terendah ditemukan pada tahun 2020 di lokasi *Feed Point* 2BC301 dengan nilai 3.78×10^{-7} , sedangkan pada tahun 2021 di lokasi *Head* 2BC306 dengan nilai 5.38×10^{-8} . Dapat dilihat bahwa dari tahun 2020 ke tahun 2021, nilai ECR mengalami penurunan.

Hasil dari analisis karakterisasi risiko menunjukkan bahwa ECR dari tahun 2020 dan 2021 di berbagai lokasi berada pada batas aman sesuai dengan nilai pedoman dari USEPA dengan rentang (10^{-6} - 10^{-4}) (Nahin *et al.*, 2022).

aman, dan nyaman bagi pekerja (Susilawati *et al.*, 2023).

Beberapa pengendalian risiko yang telah diterapkan di lingkungan kerja mengikuti hierarki kontrol risiko adalah eliminasi, substitusi, rekayasa teknologi, pengendalian administratif dan Alat Pelindung Diri (APD) (OSHA, 2016b). Dalam hal ini, pengendalian dalam bentuk eliminasi dan substitusi tidak dilakukan karena sumber dari debu tersebut tidak dapat dihilangkan ataupun diganti. Pengendalian dengan hierarki tertinggi yang diterapkan adalah rekayasa teknologi.

Pada tahun 2021, pabrik pengolahan bijih mineral mengaplikasikan penggunaan unit pengendalian debu, yaitu *dust suppression system* di lokasi tersebut. Teknik supresi debu menggunakan penyemprotan air dengan ukuran tertentu untuk menurunkan partikel debu dari udara ke dasar permukaan (Ivanov & Strizhenok, 2017). Sebuah studi menjelaskan keunggulan sistem tersebut, dengan menurunkan konsentrasi debu hingga 78-93% (Xie *et al.*, 2022).

Pengendalian secara administratif juga terus dilakukan dengan adanya pelatihan tenaga kerja. Pelatihan keselamatan lingkungan kerja untuk meningkatkan kesadaran akan bahaya debu, perawatan unit *dust suppression system* untuk menurunkan konsentrasi debu, serta adanya *medical check up* rutin untuk memantau kesehatan para pekerja. Penggunaan APD juga diterapkan dengan mewajibkan penggunaan alat pelindung pernapasan yang sesuai di lokasi kerja tertentu dengan konsentrasi debu silika yang tinggi (Ahmed *et al.*, 2022).

PENUTUP

Masih terdapat nilai konsentrasi paparan debu silika yang berada diatas NAB yang ditetapkan. Meskipun begitu, hasil ARKL mengungkapkan nilai risiko karsinogenik debu silika terhadap pekerja berada di bawah batas aman yang ditentukan oleh USEPA, dengan nilai ECR kurang dari 10^{-4} , sehingga ketiga sistem rotasi kerja di seluruh lokasi memiliki kategori aman atau tidak memiliki risiko. Maka dari itu, pengendalian debu silika sudah cukup untuk mengurangi risiko karsinogenik terhadap pekerja.

Walaupun nilai ECR dikategorikan aman, penurunan debu silika masih harus dilakukan untuk mencapai NAB yang ditetapkan dengan pengembangan penerapan pengendalian risiko. Pengendalian dilakukan dengan rekayasa teknologi dan penting bagi pekerja untuk

menggunakan alat pelindung diri (APD), seperti respirator, guna melindungi diri dari bahaya debu silika.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Choudhury, S. A. R. A., Dip, A. H., Bose, T., Sarkar, A. K., Rahman, M. A., & Ferdous, J. (2022). Respiratory symptoms, spirometric, and radiological status of stone-cutting workers in Bangladesh: A cross-sectional study. *Health Science Reports*, 5(5). <https://doi.org/10.1002/hsr2.753>
- Baluchova, B., Bačík, P., & Mamova, A. (2019). The Health Impact of Mineral Dust Air Pollution on the Global and Local Scale (on the example from Slovakia). *Neuro Endocrinology Letters*, 40(Suppl1), 24–28.
- Barnes, H., Goh, N. S. L., Leong, T. L., & Hoy, R. (2019). Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*, 24(12), 1165–1175. <https://doi.org/10.1111/resp.13695>
- Basri, S., Bujawati, E., Amansyah, M., Habibi, & Samisana. (2014). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara terhadap Kesehatan). *Jurnal Kesehatan*, 7(2).
- Căluțu, I.-M., Smărandescu, R.-A., & Rașcu, A. (2022). Biomonitoring Exposure and Early Diagnosis in Silicosis: A Comprehensive Review of the Current Literature. *Biomedicines*, 11(1), 100. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11010100>
- Ivanov, A. V., & Strizhenok, A. V. (2017). Efficiency of Dust Suppression with Aerosol Guns–Fogging Machines with Air-and-Fluid Jets. *Journal of Mining Science*, 53(1), 176–180. <https://doi.org/10.1134/S1062739117011994>

- Kermani, M., Jafari, A. J., Gholami, M., Arfaeina, H., Shahsavani, A., & Fanaei, F. (2021). Characterization, possible sources and health risk assessment of PM_{2.5}-bound Heavy Metals in the most industrial city of Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 151–163. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00589-3>
- Kim, H. R., Kim, B., Jo, B. S., & Lee, J. W. (2018). Silica exposure and work-relatedness evaluation for occupational cancer in Korea. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 30(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40557-018-0216-1>
- Maleki, R., Asadgol, Z., Kermani, M., Jafari, A., Arfaeina, H., & Gholami, M. (2022). Monitoring BTEX compounds and asbestos fibers in the ambient air of Tehran, Iran: Seasonal variations, spatial distribution, potential sources, and risk assessment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(16), 4220–4237. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1781836>
- Margan, A., Verlak, D., Roj, G., & Fikfak, M. D. (2022). Occupational exposure to silica dust in Slovenia is grossly underestimated. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 73(4), 297–302. <https://doi.org/10.2478/aiht-2022-73-3668>
- Menkes RI. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan.
- Moghadam, S. R., Khanjani, N., Mohamadyan, M., Emkani, M., Yari, S., Tizabi, M. N. L., & Ganjali, A. (2020). Changes in Spirometry Indices and Lung Cancer Mortality Risk Estimation in Concrete Workers Exposed to Crystalline Silica. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 21(9), 2811–2817. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2020.21.9.2811>
- Nahin, M., Nahian, S., Islam, M., & Salam, A. (2022). Estimation and Health Risk Assessment of Respirable Silica in the Ambient Particulate Matter of Dhaka City. *Dhaka University Journal of Science.*, 70(20), 35–41.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2021). *Silica, Crystalline (Respirable Size) Report on Carcinogens* (15th ed.). National Toxicology Program.
- Occupational Safety and Health Administration. (2016a). *ID-142 Crystalline Silica, Quarts, and Cristobalite*. OSHA.
- Occupational Safety and Health Administration. (2016b). *Recommended Practices for Safety and Health Programs*.
- Paluchamy, B., Mishra, D. P., & Panigrahi, D. C. (2021). Airborne respirable dust in fully mechanised underground metalliferous mines – Generation, health impacts and control measures for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126524. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126524>
- Putri, A. N., Marlia, A., Mar'ah, E. C. F., Suswoyo, F. I. H., Hanief, M. A., & Firdaus, V. A. (2021). Review Sistematis: Identifikasi Bahaya Paparan Debu Silika pada Pekerja Tambang. *CoMPHI Journal: Community Medicine and Public Health of Indonesia Journal*, 1(3), 162–169. <https://doi.org/10.37148/comphijournal.v1i3.30>
- Raanan, R., Zack, O., Ruben, M., Perluk, I., & Moshe, S. (2022). Occupational Silica Exposure and Dose–Response for Related Disorders—Silicosis, Pulmonary TB, AIDs and Renal Diseases: Results of a 15-Year Israeli

- Surveillance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15010. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215010>
- Rahman, A. (2017). *Buku Rancangan Pengajaran Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat UI.
- Ramdani, M., Sunaryo, M., Ayu, F., & Ratriwardhani, R. (2022). Risk Assessment pada Pekerjaan Pengembalian Contoh Uji di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(13).
- Schlünssen, V., Mandrioli, D., Pega, F., Momen, N. C., Ádám, B., Chen, W., ... Scheepers, P. T. J. (2023). The prevalences and levels of occupational exposure to dusts and/or fibres (silica, asbestos and coal): A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment International*, 178, 107980. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107980>
- Sharma, B. B., Mishra, D. K., Singh, T., Nargotra, N., Sharma, R. K., & Gupta, P. (2020). Radiological Manifestation of Progressive Massive Fibrosis as a Complication of Silicosis-Case Report. *Nepalese Journal of Radiology*, 10(1), 34–37. <https://doi.org/10.3126/njr.v10i1.29514>
- Shaykhlislamova, E. R., Karimova, L. K., Beigul, N. A., Muldasheva, N. A., Fagamova, A. Z., Shapoval, I. V., ... Larionova, E. A. (2022). Occupational health risk for workers from basic occupational groups employed at copper and zinc ore mining enterprises: Assessment and management. *Health Risk Analysis*, (2), 107–118. <https://doi.org/10.2166/health.risk/2022.2.10.eng>
- Sogl, M., Taeger, D., Pallapies, D., Brüning, T., Dufey, F., Schnelzer, M., ... Kreuzer, M. (2012). Quantitative relationship between silica exposure and lung cancer mortality in German uranium miners, 1946–2003. *British Journal of Cancer*, 107(7), 1188–1194. <https://doi.org/10.1038/bjc.2012.374>
- Sunaryo, M., & Rhomadhoni, M. (2021). Analisis Kadar Debu Respirabel Terhadap Keluhan Kesehatan Pada Pekerja. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Khatulistiwa*, 8(2), 63–71.
- Susilawati, S., Budiani, R. L., Paramita, I., & Puspitasiwi, P. (2023). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di Puskesmas Umbulharjo II Kota Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Vokasional*, 8(2), 112. <https://doi.org/10.22146/jkesvo.72671>
- Thomas, C. R., & Kelley, T. R. (2010). A Brief Review of Silicosis in the United States. *Environmental Health Insights*, 4, 21–26. <https://doi.org/10.4137/EHI.S4628>
- Triyadi, D., Nurjazuli, & Dangiran, H. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Benzene Melalui Inhalasi pada Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Sekitar Kawasan Universitas Diponegoro Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 907–916.
- Vanka, K. S., Shukla, S., Gomez, H. M., James, C., Palanisami, T., Williams, K., ... Horvat, J. C. (2022). Understanding the pathogenesis of occupational coal and silica dust-associated lung disease. *European Respiratory Review*, 31(165), 210250. <https://doi.org/10.1183/16000617.0250-2021>
- Wijaya, I. P. E. K., Rai, I. B. N., & Andrika, I. P. (2019). Hubungan antara Paparan

- Debu Silika dengan Transforming Growth Factor- β 1 Serum pada Pekerja Industri Pengolahan Batu. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 6(2), 64.
<https://doi.org/10.7454/jpdi.v6i2.311>
- Worlanyo, A. S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental Management*, 279, 111623.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>
- Xie, Z., Huang, C., Zhao, Z., Xiao, Y., Zhao, Q., & Lin, J. (2022). Review and prospect the development of dust suppression technology and influencing factors for blasting construction. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 125, 104532.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104532>