

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR RUANGAN, JENIS KELAMIN, DAN PENGALAMAN TERHADAP GEJALA *CYBERSICKNESS* DAN KELELAHAN FISIK DALAM PENGGUNAAN *VIRTUAL REALITY*

Sintika Puspita¹, Elty Sarvia^{2*}

*E-mail Korespondensi: elty.sarvia@eng.maranatha.edu

^{1,2} Program Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas
Universitas Kristen Maranatha Bandung

Abstrak

Salah satu teknologi yang menarik perhatian dan terus mengalami perkembangan yaitu teknologi *virtual reality* (VR). Namun dalam penggunaannya dapat menimbulkan gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik. Faktor internal dan eksternal dapat berpengaruh terhadap munculnya gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik sehingga adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh faktor internal dan eksternal berupa temperatur ruangan, jenis kelamin, dan pengalaman terhadap munculnya gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik, menganalisis hubungan skor *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ) dan kelelahan fisik dan mengidentifikasi dan menganalisis beban kerja yang dirasakan pengguna, mengidentifikasi serta memberikan usulan untuk meminimasi terjadinya gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik dalam menggunakan *virtual reality*. Adapun aktivitas yang akan dilakukan responden pada penelitian ini yaitu bermain video games *beat saber* selama 30 menit pada temperatur ruangan panas dan dingin. Pada penelitian ini akan digunakan alat pengukur berupa *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ) dan pengukuran denyut jantung. Adapun pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian Mixed ANOVA, Regresi Linear Berganda, dan Korelasi Pearson serta akan dilakukan perhitungan energi. Hasil pengujian Mixed ANOVA menunjukkan bahwa adanya pengaruh temperatur ruangan dan jenis kelamin terhadap skor *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ) dan adanya pengaruh temperatur ruangan terhadap kelelahan fisik. Hasil Regresi Linear Berganda didapatkan bahwa besar pengaruh temperatur ruangan dan jenis kelamin terhadap *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ) sebesar 17,3% dan sisanya sebesar 82,7% dijelaskan oleh faktor penyebab lainnya. Skor VRSQ didapatkan bahwa 9 orang responden pada temperatur ruangan panas dan 6 orang responden pada temperatur ruangan dingin merasakan gejala *cybersickness* lebih dari 50% Tingkat klasifikasi beban kerja yang dirasakan oleh responden berbeda-beda serta hubungan berlawanan arah sangat lemah untuk skor VRSQ dan kelelahan fisik.

Kata Kunci: *cybersickness*, kelelahan fisik, *virtual reality*, *virtual reality sickness questionnaire*

Abstract

One technology that attracts attention and continues to experience development is virtual reality (VR) technology. However, its use can cause symptoms of *cybersickness* and physical fatigue. Internal and external factors can affect the appearance of symptoms of *cybersickness* and physical fatigue so the objectives of this study are to identify and analyze the effect of internal and external factors in the form of room temperature, gender, and experience on the appearance of symptoms of *cybersickness* and physical fatigue, identify and analyze the relationship between Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) scores and physical fatigue, identify and analyze the workload felt by users, and provide suggestions for minimizing the occurrence of symptoms of *cybersickness* and physical fatigue in using virtual reality. Respondents will play beat saber video games for 30 minutes at hot and cold room temperatures in this study. In this study, measuring instruments will be used in the form of the Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) and heart rate measurements. The tests that will be carried out in this study are Mixed ANOVA testing, Multiple Linear Regression, and Pearson Correlation and energy calculations will be carried out. The results of Mixed ANOVA testing show that there is an effect of room temperature and gender on the Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) score and the effect of room temperature on physical fatigue. The results of Multiple Linear Regression found that the effect of room temperature and gender on Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) was 17.3% and the remaining 82.7% was explained by other causal factors. The VRSQ score found that 9 respondents at hot room temperature and 6 respondents at cold room temperature felt *cybersickness* symptoms of more than 50% The level of workload classification felt by respondents varies and the opposite relationship is very weak for VRSQ scores and physical fatigue

keywords: *cybersickness*, physical fatigue, *virtual reality*, *virtual reality sickness questionnaire*

PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 merupakan era yang menerapkan konsep otomatisasi dengan memanfaatkan teknologi sebagai pengganti tenaga kerja manusia dalam melaksanakan tugasnya (Haryanto, 2020). Saat ini, dunia telah memasuki revolusi industri 5.0 yang menekankan penerapan teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), dan teknologi lainnya untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja (Tekno, 2023). Teknologi akan terus berkembang seiring dengan berjalannya waktu, menuntut setiap individu untuk memiliki kesadaran dan kemampuan dalam mengikuti perkembangannya. Salah satu teknologi yang terus berkembang dan menarik perhatian adalah *Virtual Reality* (VR). Teknologi ini memungkinkan pengguna berinteraksi dengan lingkungan virtual yang menyerupai dunia nyata. VR telah banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti medis (Djuria et al., 2021; Suharyono et al., 2021), militer (Rizzo et al., 2011), dan hiburan (Wirayudi Aditama et al., 2019; Yildirim et al., 2018). Salah satu

permainan VR yang populer adalah *Beat Saber*, di mana pengguna harus mengikuti ritme lagu dan menghindari rintangan visual. Gambar 1 menunjukkan *trends* peminat *beat saber* di Indonesia. Meningkatnya penggunaan VR mendorong pengembang untuk memperhatikan kenyamanan pengguna. Paparan yang terlalu lama terhadap dunia virtual dapat memicu *cybersickness*, yaitu gangguan akibat ketidaksesuaian antara apa yang dilihat dengan yang dirasakan tubuh. Gejalanya meliputi mual, pusing, dan pandangan kabur (Irfan et al., 2023). Untuk mengukur gejala tersebut, digunakan instrumen *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ), yang dikembangkan sebagai versi lebih efisien dari *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ), terdiri atas dua komponen utama yaitu okulomotor dan disorientasi. VRSQ ini memiliki sembilan gejala yang dinilai pada skala 0 (tidak ada gejala) hingga 3 (gejala parah) (Kim et al., 2018). Selain *cybersickness*, kelelahan fisik seperti ketegangan mata dan peningkatan denyut jantung juga dapat terjadi selama aktivitas (Yassierli et al., 2020).



Gambar 1. Google Trends Peminat *Beat Saber* di Indonesia (Google Trends, 2023)

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi *cybersickness* dan kelelahan fisik terbagi menjadi dua, yaitu faktor internal (jenis kelamin, usia, pengalaman VR) dan eksternal (temperatur ruangan, pencahayaan, kebisingan). Penelitian ini memfokuskan pada tiga variabel utama: temperatur ruangan sebagai faktor eksternal, serta jenis kelamin dan pengalaman menggunakan VR sebagai faktor internal. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, belum diketahui secara pasti bagaimana pengaruhnya terhadap munculnya gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut. Berdasarkan latar belakang tersebut, pertanyaan penelitian yang ingin dijawab dalam studi ini adalah:

1. Apakah temperatur ruangan, jenis kelamin, dan pengalaman memengaruhi gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik pengguna VR?
2. Seberapa besar hubungan antara skor skor *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ) dan denyut jantung selama aktivitas VR?
3. Bagaimana klasifikasi beban kerja yang dirasakan pengguna VR berdasarkan kondisi lingkungan?

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur ruangan, jenis kelamin, dan pengalaman terhadap gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik pengguna VR; menganalisis

hubungan skor VRSQ dan denyut jantung; serta mengidentifikasi beban kerja saat bermain *Beat Saber*. Temuan ini digunakan untuk menyusun rekomendasi guna mengurangi gejala dan meningkatkan kenyamanan, sehingga dapat mendukung desain lingkungan VR yang lebih aman dan ergonomis.

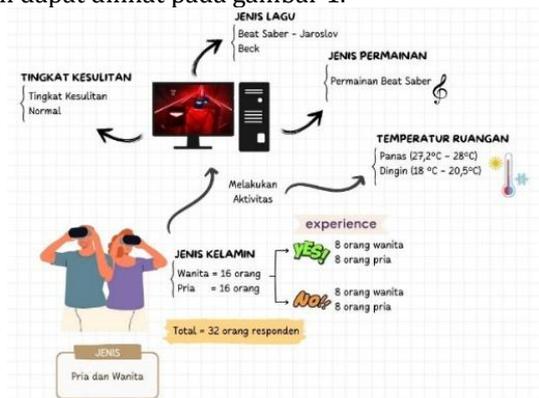
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan variabel independen berupa temperatur ruangan (panas dan dingin), jenis kelamin (pria dan wanita), serta pengalaman menggunakan VR (pernah dan belum pernah), dengan variabel dependen berupa gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik.

Penggemar *esports* umumnya berusia 16-24 tahun dan didominasi oleh pria (Globalwebindex, 2018), mengingat banyak dari mereka yang berusia muda dan sering terpapar teknologi VR. Oleh karena itu, responden dalam penelitian ini berada diantara berusia 21-25 tahun, terdiri dari 32 orang (16 pria dan 16 wanita) yang dibagi berdasarkan pengalaman menggunakan VR. Eksperimen dilakukan di dua kondisi temperatur ruangan: panas (27,2°C-28°C) dan dingin (18°C-20,5°C). Perhitungan jumlah responden menggunakan rumus Federer dalam Supranto (Supranto, 2009), dimana t merupakan jumlah perlakuan setiap responden yaitu 2 dan r merupakan jumlah

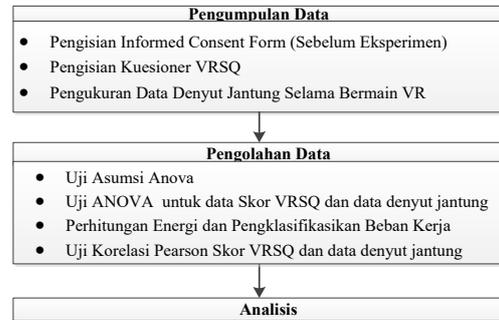
responden, sehingga di dapatkan jumlah responden minimal 16 orang. Responden memainkan permainan *Beat Saber* selama 30 menit menggunakan lagu "*Jaroslav Beck*" pada tingkat kesulitan normal. Penelitian dilaksanakan di Ruang Iklim Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, menggunakan Oculus Quest 2, Wahoo TICKRFIT, dan Mi Temperature and Humidity Monitor 2. Aplikasi Wahoo Fitness digunakan untuk merekam denyut jantung.

Instrumen penelitian meliputi informed consent, dan *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ). Data yang dikumpulkan meliputi skor VRSQ dan denyut jantung. Analisis dilakukan menggunakan Mixed ANOVA setelah uji asumsi normalitas, independensi, dan homogenitas. Jika terdapat pengaruh signifikan, dilanjutkan dengan uji Regresi Linear Berganda. Beban kerja dihitung berdasarkan denyut jantung, dan hubungan antara skor VRSQ dan denyut jantung dianalisis menggunakan Korelasi Pearson. Penelitian ini juga mengevaluasi interaksi antar variabel, membandingkan denyut jantung sebelum dan sesudah aktivitas, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan dalam penggunaan VR. Skema rancangan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Eksperimen

Adapun pengumpulan dan pengolahan data pada penelitian ini sebagai berikut:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Skor VRSQ

Data skor VRSQ dan denyut jantung memenuhi asumsi ANOVA, sehingga analisis dilanjutkan dengan uji Mixed ANOVA. Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa temperatur ruangan dan jenis kelamin berpengaruh signifikan terhadap skor VRSQ ($p < 0,05$), sedangkan pengalaman menggunakan VR tidak menunjukkan pengaruh signifikan ($p > 0,05$). Rata-rata denyut jantung juga berbeda pada kondisi temperatur ruangan yang berbeda. Namun, tidak ditemukan interaksi signifikan antara temperatur ruangan dengan jenis kelamin, pengalaman, atau kombinasi ketiganya terhadap kedua variabel. Demikian pula, interaksi antara jenis kelamin dan pengalaman juga tidak signifikan.

Terkait dengan *cybersickness* dan kelelahan fisik saat bermain VR, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur ruangan, sebagai faktor eksternal, dan jenis kelamin, sebagai faktor internal, mempengaruhi kenyamanan dan risiko mual atau kelelahan. Ruangan yang terlalu panas atau dingin dapat memperburuk perasaan tidak nyaman dan mempengaruhi denyut jantung pengguna, yang merupakan indikator gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik. Oleh karena itu, menjaga temperatur ruangan yang nyaman sangat penting untuk mengurangi risiko *cybersickness* dan menjaga kondisi fisiologis yang stabil. Temuan ini menunjukkan bahwa temperatur ruangan memainkan peran penting dalam pengalaman pengguna VR. Perbedaan signifikan berdasarkan *gender* menunjukkan bahwa laki-laki dan perempuan mungkin memiliki respons yang berbeda terhadap VR.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil Pengujian

Pengukuran	Data	Variabel	Hasil	Batas Kritis	Kriteria Keputusan	Kesimpulan
Cybersickness	Skor VRSQ	Temperatur Ruangan	0,006	0,05	0,006 < 0,05 (Tolak H0)	Terdapat perbedaan rata-rata skor VRSQ terhadap temperatur ruangan
		Jenis Kelamin	0,026	0,06	0,026 < 0,05 (Tolak H0)	Terdapat perbedaan rata-rata skor VRSQ terhadap jenis kelamin
		Pengalaman	0,460	0,07	0,460 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan rata-rata skor VRSQ terhadap pengalaman
		Temperatur Ruangan * Jenis Kelamin	0,228	0,08	0,228 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruangan dan jenis kelamin terhadap rata-rata skor VRSQ
		Temperatur Ruangan * Pengalaman	0,087	0,09	0,087 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruangan dan pengalaman terhadap rata-rata skor VRSQ
		Jenis Kelamin*Pengalaman	0,98	0,10	0,98 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara jenis kelamin dan pengalaman terhadap rata-rata skor VRSQ
		Temperatur Ruangan * Jenis Kelamin*Pengalaman	0,615	0,11	0,615 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruang, jenis kelamin dan pengalaman terhadap rata-rata skor VRSQ
Kelelahan Fisik	Denyut Jantung	Temperatur Ruangan	0,003	0,12	0,003 < 0,05 (Tolak H0)	Terdapat perbedaan rata-rata denyut jantung terhadap temperatur ruangan
		Jenis Kelamin	0,567	0,13	0,567 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan rata-rata denyut jantung terhadap jenis kelamin
		Pengalaman	0,898	0,14	0,898 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan rata-rata denyut jantung terhadap pengalaman
		Temperatur Ruangan * Jenis Kelamin	0,292	0,15	0,292 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruangan dan jenis kelamin terhadap rata-rata denyut jantung
		Temperatur Ruangan * Pengalaman	0,312	0,16	0,312 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruangan dan pengalaman terhadap rata-rata denyut jantung
		Jenis Kelamin*Pengalaman	0,923	0,17	0,923 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara jenis kelamin dan pengalaman terhadap rata-rata denyut jantung
		Temperatur Ruangan * Jenis Kelamin*Pengalaman	0,366	0,18	0,366 > 0,05 (Terima H0)	Tidak terdapat perbedaan interaksi antara temperatur ruang, jenis kelamin dan pengalaman terhadap rata-rata denyut jantung

Tabel 2. Rata-rata Skor VRSQ Variabel Temperatur Ruangan

Temperatur Ruangan	Mean	Interval Kepercayaan 95%	
		Batas bawah	Batas Atas
Panas	40,339	35,39	45,287
Dingin	33,438	27,125	39,75

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata skor VRSQ lebih tinggi pada temperatur ruangan panas (40,339) dibandingkan dengan temperatur dingin (33,438). Karena skor maksimum VRSQ adalah 100 (Kourtesis et al., 2023), maka nilai ini menunjukkan bahwa gejala *cybersickness* lebih terasa pada kondisi panas. Temperatur panas dapat meningkatkan denyut jantung, menyebabkan kelelahan, dan berdampak pada keselamatan kerja (Iridiastadi & Yassierli, 2014), sementara temperatur dingin dapat menimbulkan ketidaknyamanan, gangguan sensorik dan otot, serta risiko cedera (Kuswana, 2014). Responden mengeluhkan rasa pusing, gerah, dan berkeringat pada temperatur panas, serta kaku pada jari tangan saat berada di temperatur dingin. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kondisi sama-sama dapat memicu gejala *cybersickness*.

Perbedaan skor VRSQ yang signifikan antara temperatur panas dan dingin menguatkan bukti bahwa temperatur ruangan berpengaruh terhadap kenyamanan saat menggunakan VR. Gejala *cybersickness* yang lebih tinggi pada temperatur

panas menegaskan pentingnya pengaturan temperatur ruangan. Temuan ini relevan terutama untuk lingkungan kerja atau hiburan yang menggunakan VR, seperti industri *esports*. Pemahaman mengenai pengaruh kondisi termal dapat membantu merancang lingkungan penggunaan VR yang lebih aman dan nyaman bagi pengguna.

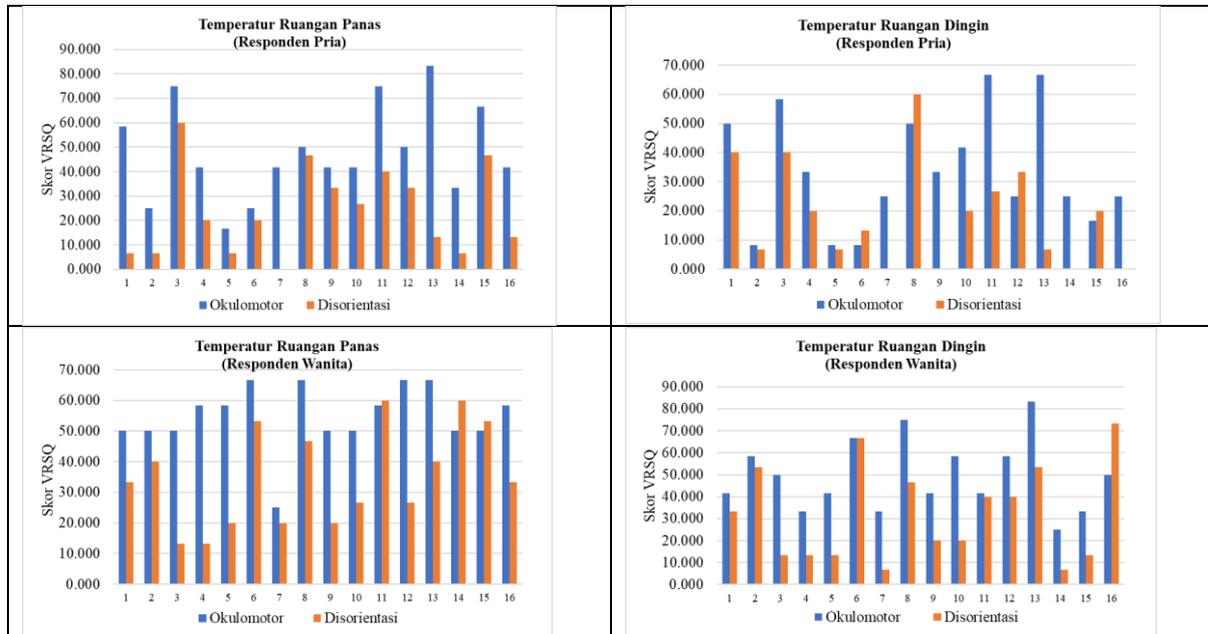
Tabel 3. Rata-rata Skor VRSQ Variabel Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Mean	Interval Kepercayaan 95%	
		Batas bawah	Batas Atas
Pria	30,964	23,67	38,257
Wanita	42,813	35,519	50,106

Pada Tabel 3, hasil rata-rata skor VRSQ berdasarkan jenis kelamin menunjukkan bahwa wanita (42,813) memiliki skor lebih tinggi dibandingkan pria (30,964). Ini berarti wanita lebih rentan mengalami *cybersickness*. Menurut (LaViola, 2000), terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi gejala *cybersickness* yaitu faktor teknologi, dan faktor individu. Salah satu faktor teknologi yang dirasakan oleh responden pada penelitian ini adalah pandangan kabur, dan gelap akibat sensor VR tidak mendeteksi mata. Faktor individu yang dapat mempengaruhi gejala *cybersickness* adalah jenis kelamin, usia, penyakit bawaan, dan posisi saat menggunakan VR. Wanita

lebih rentan terkena *cybersickness* dibandingkan pria karena umumnya wanita memiliki bidang pandang yang lebih luas dibandingkan pria, yang dapat menyebabkan meningkatnya kemungkinan persepsi kedipan (*flicker perception*). Wanita juga lebih rentan terkena *cybersickness* karena faktor hormon (Clemes & Howarth, 2005). Dalam penelitian ini, terbukti bahwa wanita lebih rentan terkena *cybersickness*.

Dalam Kuesioner VRSQ terdiri dari dua komponen, yaitu okulomotor dan disorientasi. Komponen okulomotor mencakup gejala seperti ketegangan mata dan penglihatan kabur, sedangkan disorientasi meliputi pusing dan kehilangan orientasi seperti vertigo (Kim et al., 2018). Gambar 3 menunjukkan total skor kedua komponen tersebut dalam bentuk diagram batang.



Gambar 3. Perbandingan Gejala *Cybersickness* berdasarkan Jenis Kelamin dan Temperatur Ruang

Berdasarkan Gambar 3, pola umum gejala *cybersickness* pada pria dan wanita dalam dua kondisi temperatur dapat diidentifikasi. Pada temperatur panas, semua responden pria (16 responden atau 100 %) menunjukkan skor okulomotor lebih tinggi dibanding disorientasi, dengan skor tertinggi pada responden 13. Ini menunjukkan bahwa pria lebih sering mengalami gejala yang berkaitan dengan sistem visual dibandingkan disorientasi. Pada temperatur dingin, 8 pria (50%) memiliki skor okulomotor lebih tinggi, sedangkan 4 lainnya (25%) lebih tinggi pada disorientasi, dan 4 responden (25%) menunjukkan skor seimbang. Ini menunjukkan gejala yang lebih bervariasi pada kondisi temperatur dingin.

Sementara itu, pada wanita, 13 dari 16 responden (81,25%) pada temperatur panas menunjukkan skor okulomotor lebih tinggi, sedangkan 3 lainnya (18,75%) lebih tinggi pada disorientasi. Di temperatur dingin, 14 wanita (87,5%) masih menunjukkan dominasi gejala okulomotor, hanya 1 responden (6,25%) lebih tinggi pada disorientasi, dan 1 responden (6,25%) menunjukkan skor seimbang.

Temuan ini menunjukkan bahwa wanita cenderung lebih konsisten mengalami gejala visual pada kedua kondisi temperatur.

Selain itu, berdasarkan total skor VRSQ individu, terdapat 9 responden pada temperatur panas (28,1% dari total 32 responden) dan 6 responden pada temperatur dingin (18,75%) yang memiliki skor lebih dari 50, yang menunjukkan gejala *cybersickness* sedang hingga berat. Hal ini menegaskan bahwa kondisi lingkungan, terutama temperatur panas, dapat meningkatkan intensitas gejala. Oleh karena itu, pengaturan temperatur ruangan yang optimal serta desain pengalaman VR juga sebaiknya mempertimbangkan perbedaan karakteristik pengguna dan kondisi lingkungan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi faktor lain yang dapat memengaruhi *cybersickness*, seperti durasi penggunaan, jenis konten, serta intervensi untuk meminimalkan dampak lingkungan.

Tabel 4 merupakan urutan gejala *cybersickness* yang dirasakan oleh responden pada saat melakukan aktivitas yang didapatkan dari total skor gejala pada *Virtual Reality Sickness Questionnaire* (VRSQ):

Tabel 4. Urutan Gejala *Cybersickness* yang dirasakan Responden

No	Gejala	Pria				Wanita			
		Temperatur Panas		Temperatur Dingin		Temperatur Panas		Temperatur Dingin	
		Total Skor	Ranking	Total Skor	Ranking	Total Skor	Ranking	Total Skor	Ranking
1	Ketidaknyamanan	18	5	10	5	22	5	19	6
2	Lelah	29	1	26	1	28	2	30	1
3	Mata Tegang	24	2	19	2	30	1	26	2
4	Sulit Fokus	21	3	12	4	25	4	20	4
5	Sakit Kepala/Pusing	10	6	10	5	14	6	12	8
6	Kepala Terasa Berat	18	5	14	3	26	3	20	5
7	Penglihatan Kabur	20	4	7	7	26	3	24	3
8	Pusing (saat mata tertutup)	7	7	8	6	12	7	13	7
9	Vertigo	2	8	5	8	6	8	8	9

Gejala yang paling dominan dirasakan oleh responden pria pada temperatur panas adalah kelelahan, ketegangan mata, dan kesulitan fokus, sedangkan pada wanita didominasi oleh ketegangan mata dan kelelahan. Sementara itu, pada temperatur ruangan dingin, gejala yang paling dominan pada pria adalah kelelahan, ketegangan mata, dan kepala terasa berat, sedangkan pada wanita didominasi oleh kelelahan, ketegangan mata, dan penglihatan kabur. Pengamatan terhadap data ini mengungkapkan bahwa komponen yang paling dominan dirasakan oleh responden, baik dalam kondisi temperatur panas maupun dingin, adalah komponen okulomotor. Ini menunjukkan bahwa gejala *cybersickness* lebih banyak terkait dengan ketegangan otot mata dan gangguan visual. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ketidaknyamanan dan gejala *cybersickness* saat menggunakan VR sebagian besar disebabkan oleh masalah visual. Upaya untuk mengurangi gejala ini harus difokuskan pada pengelolaan ketegangan mata dan peningkatan kualitas visual dari perangkat VR. Selain itu, menjaga temperatur ruangan pada tingkat yang nyaman juga penting untuk mengurangi intensitas gejala, terutama yang berhubungan dengan sistem visual.

Data Denyut Jantung

Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata denyut jantung pada temperatur panas (103,620 bpm) lebih tinggi dibandingkan temperatur dingin (95,790 bpm), yang menunjukkan respons fisiologis lebih besar pada temperatur panas. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa bekerja di temperatur panas dapat menyebabkan kelelahan dan berdampak pada keselamatan kerja (Lady & Wiyanto, 2019). Dalam penelitian ini, 22 responden (68,75%) mengalami kenaikan denyut jantung pada temperatur panas, 9 responden (28,13%) pada temperatur dingin, dan 1 responden (3,13%) pada keduanya. Ini memperkuat bahwa peningkatan denyut jantung lebih sering terjadi saat temperatur panas. Beberapa responden juga merasa waktu bermain terasa lebih lama pada temperatur panas, yang dapat dikaitkan dengan peningkatan ketidaknyamanan.

Tabel 5. Rata-rata Data Denyut Jantung Variabel Temperatur Ruangan

Temperatur Ruangan	Mean	Interval Kepercayaan 95%	
		Batas bawah	Batas Atas
Panas	103,62	97,626	109,614
Dingin	95,79	89,161	102,418

Peningkatan denyut jantung pada temperatur panas menegaskan pentingnya pengaturan temperatur ruangan dalam penggunaan VR. Lingkungan yang tidak nyaman dapat memperburuk kelelahan dan menurunkan kualitas pengalaman pengguna. Oleh karena itu, penggunaan pendingin ruangan, ventilasi yang baik, serta edukasi pengguna terkait pentingnya temperatur ruangan menjadi langkah penting. Selain itu, pemantauan denyut jantung dapat menjadi indikator awal terhadap risiko *cybersickness*. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi hubungan antara kondisi termal, persepsi waktu, dan kenyamanan fisiologis saat bermain VR, serta mengembangkan strategi pencegahan yang lebih efektif.

Pengujian Regresi Linear Berganda Skor VRSQ

Analisis regresi menunjukkan bahwa temperatur ruangan dan jenis kelamin secara signifikan memengaruhi skor VRSQ, dengan nilai korelasi 0,416 dan koefisien determinasi 0,173. Artinya, 17,3% variasi skor VRSQ dapat dijelaskan oleh kedua variabel ini, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai signifikansi temperatur (0,048) dan jenis kelamin (0,002) keduanya < 0,05, menandakan pengaruh signifikan antara kedua variabel tersebut dengan skor VRSQ.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 29,466 + 6,901x_1 + 11,849x_2 \quad (1)$$

dimana :

x₁ = Temperatur ruangan (panas dan dingin)

x₂ = Jenis kelamin (pria dan wanita)

Y = Gejala *Cybersickness*

Jenis kelamin menunjukkan pengaruh lebih besar (11,849) terhadap skor VRSQ dibandingkan temperatur (6,901), yang berarti perbedaan jenis kelamin lebih signifikan dalam memengaruhi sensitivitas terhadap *cybersickness*.

Hubungan keduanya searah, artinya perubahan pada kedua variabel akan meningkatkan skor VRSQ. Temuan ini mengindikasikan pentingnya mempertimbangkan jenis kelamin dalam studi tentang *cybersickness*, serta perlunya pengaturan temperatur ruangan yang optimal dalam lingkungan.

Perhitungan Energi dan Pengklasifikasian Beban Kerja

Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan regresi hubungan energi dengan kecepatan dengan denyut jantung (Pradini et al., 2019; Rusiani & Nurfajriah, 2015; Susandi & Wikananda, 2018; Wahyuni et al., 2018). Klasifikasi beban kerja berdasarkan konsumsi energi mengacu pada panduan yang membagi beban kerja ke dalam beberapa kategori sesuai tingkat energi yang dibutuhkan (Tarwaka & Sudiajeng, 2004), dan dikaitkan dengan kelelahan fisik (Sugiono & Sari, 2018).

Bentuk hubungan regresi antara energi bekerja dan kecepatan denyut jantung secara umum dinyatakan dengan regresi kuadratis dengan persamaan berikut:

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733.10^{-4} X^2 \dots (2)$$

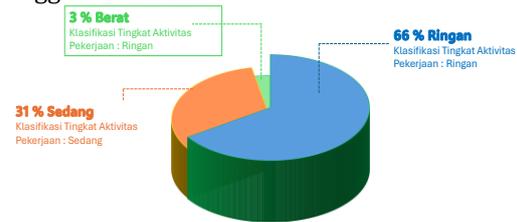
dimana: Y : Energi (kilokalori per menit) ; X : Kecepatan denyut jantung (denyut per menit)

Berdasarkan hasil perhitungan energi yang diformulasikan oleh Kamalakam dalam Hardianto (Iridiastadi & Yassierli, 2014), klasifikasi tingkat pekerjaan yang dirasakan oleh responden menunjukkan variasi yang cukup signifikan antara kondisi temperatur panas dan dingin.

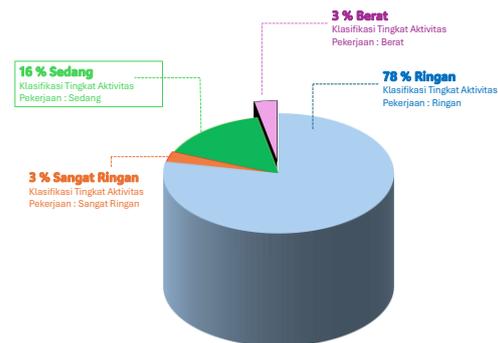
Pada temperatur panas (lihat Gambar 4), mayoritas responden (66%) merasakan tingkat pekerjaan sebagai ringan, sementara 31% merasakan pekerjaan sedang, dan 3% merasakan pekerjaan berat. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar responden menganggap pekerjaan yang dilakukan dalam lingkungan panas sebagai ringan, terdapat pula proporsi signifikan yang merasakan beban kerja meningkat menjadi sedang hingga berat. Hal ini mengindikasikan bahwa temperatur tinggi dapat memengaruhi persepsi beban kerja, kemungkinan akibat peningkatan kelelahan fisik dan stres termal.

Sebaliknya, pada temperatur dingin (lihat Gambar 5), sebagian besar responden (78%) merasakan pekerjaan sebagai ringan, dengan 3% melaporkan beban sangat ringan, 16% merasakan beban sedang, dan 3% merasakan pekerjaan berat. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu rendah (temperatur dingin) cenderung menurunkan persepsi beban kerja dibandingkan suhu tinggi (temperatur panas). Namun demikian, kondisi dingin juga dapat menimbulkan ketidaknyamanan tersendiri, seperti rasa dingin berlebihan atau kekakuan otot, yang perlu diperhatikan dalam pengaturan lingkungan VR.

Temuan ini menekankan pentingnya pengaturan lingkungan termal yang optimal dalam penggunaan VR, guna memastikan kenyamanan dan kinerja pengguna. Desain lingkungan VR juga perlu mempertimbangkan perbedaan individual dalam respons terhadap temperatur, termasuk faktor jenis kelamin dan preferensi pribadi. Strategi seperti kontrol temperatur yang dapat disesuaikan, ventilasi yang memadai, serta penggunaan pakaian yang sesuai, dapat membantu mengelola persepsi beban kerja dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi lebih dalam bagaimana berbagai kondisi lingkungan memengaruhi persepsi beban kerja dan kinerja saat menggunakan VR.



Gambar 4. Klasifikasi Tingkat Pekerjaan Temperatur Ruangan Panas

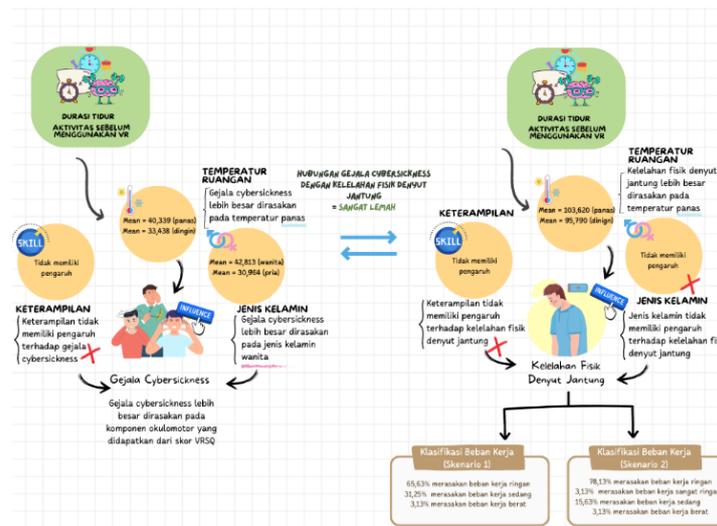


Gambar 5. Klasifikasi Tingkat Pekerjaan Temperatur Ruangan Dingin

Pengujian Korelasi Pearson Skor VRSQ dan Data Denyut Jantung

Uji Korelasi Pearson menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara skor VRSQ dan denyut jantung ($r = -0,089$; Sig. = 0,485). Artinya, gejala *cybersickness* dan kelelahan fisik tidak saling berkaitan langsung dan kemungkinan dipengaruhi oleh faktor berbeda. *Cybersickness* lebih berkaitan dengan faktor psikologis, sedangkan denyut jantung lebih dipengaruhi oleh aspek fisiologis.

Dengan hasil ini, disarankan agar penanganan *cybersickness* dan kelelahan fisik dilakukan secara terpisah. Pengaturan temperatur ruangan, pemantauan kondisi tubuh, serta edukasi pengguna tetap menjadi hal penting untuk menciptakan pengalaman VR yang lebih aman dan nyaman. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi pengaruh durasi penggunaan, jenis konten, dan faktor psikologis terhadap pengalaman pengguna VR.



Gambar 6. Rangkuman hasil analisis penelitian

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan agar lingkungan penggunaan VR dikondisikan pada temperatur yang nyaman, yaitu sekitar 18°C–20,5°C, untuk meminimalkan gejala *cybersickness*, terutama pada pengguna wanita yang belum berpengalaman. Pengaturan temperatur ruangan dalam rentang tersebut terbukti dapat menurunkan skor VRSQ dan denyut jantung yang menunjukkan kelelahan fisik lebih ringan. Selain itu, karena tidak ditemukan hubungan signifikan antara *cybersickness* dan denyut jantung, pendekatan penanganan untuk masing-masing gejala perlu dibedakan. Edukasi pengguna terkait pentingnya istirahat saat bermain, durasi penggunaan, serta kesiapan kondisi fisik sebelum menggunakan VR juga menjadi bagian dari rekomendasi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur ruangan dan jenis kelamin berpengaruh terhadap skor VRSQ, dengan kontribusi sebesar 17,3%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Beban kerja bervariasi berdasarkan perhitungan energi, dan tidak ditemukan hubungan signifikan antara *cybersickness* dan kelelahan fisik.

Hasil ini menegaskan pentingnya pengaturan lingkungan fisik, khususnya temperatur, dalam mendukung kenyamanan dan kesehatan pengguna VR. Disarankan agar pengguna berada dalam ruangan yang terkendali dan memperhatikan durasi bermain serta waktu istirahat. Wanita, terutama yang belum terbiasa dengan VR, cenderung lebih sensitif terhadap perubahan fisiologis, terutama dalam kondisi panas. Faktor lain seperti pengalaman dan jenis kelamin juga memengaruhi pengalaman penggunaan VR. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi variabel lain seperti jenis musik,

tingkat kesulitan permainan, waktu munculnya gejala, serta melibatkan rentang usia yang lebih luas untuk hasil yang lebih komprehensif. Selain itu, faktor-faktor seperti durasi tidur dan aktivitas sebelumnya juga perlu dipertimbangkan karena dapat memengaruhi kenyamanan dan tingkat kelelahan. Pengaturan lingkungan yang baik, teknologi yang sesuai, serta kesiapan fisik pengguna menjadi aspek penting dalam meningkatkan pengalaman VR dan mencegah gejala negatif.

Ke depan, penelitian dapat mengkaji lebih dalam tentang variasi kondisi lingkungan, penggunaan teknologi terbaru, serta kontribusi faktor psikologis dan fisiologis terhadap pengalaman VR. Studi ini memberikan gambaran awal tentang pentingnya memperhatikan temperatur dan karakteristik individu, sekaligus membuka peluang riset lanjutan untuk meningkatkan kenyamanan dan kesehatan pengguna.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain dilakukan di laboratorium dengan temperatur terkendali dan hanya menggunakan satu jenis permainan (*Beat Saber*). Oleh karena itu, hasil belum dapat digeneralisasi ke jenis game VR lainnya yang memiliki karakteristik berbeda. Keterbatasan ini menjadi pertimbangan untuk pengembangan studi di masa depan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi Program Sarjana Teknik Industri-Universitas Kristen Maranatha Bandung atas fasilitas yang disediakan untuk eksperimen ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua responden yang telah meluangkan waktu dan berpartisipasi dalam eksperimen ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Clemes, S. A., & Howarth, P. A. (2005). The Menstrual Cycle and Susceptibility to Virtual Simulation Sickness. *JOURNAL OF BIOLOGICAL RHYTHMS*, 20(1), 71–82. <https://doi.org/10.1177/0748730404272567>
- Djuria, S. A., Ode, L., & Rahman, A. (2021). EFEKTIFITAS PENERAPAN TEKNOLOGI VIRTUAL REALITY TERHADAP MANAJEMEN NYERI DAN ANSIETAS PADA PASIEN KANKER: LITERATUR REVIEW Ansietas Kanker Nyeri Teknologi Virtual Reality. *Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1).
- Globalwebindex. (2018). *Esports Trends Report 2018*. <https://strivesponsorship.com/wp-content/uploads/2019/11/Esports-Trends-Report-2018.pdf>
- Google Trends. (2023, April). *Beat Saber, Interest over time*.
- Haryanto, A. (2020). *Revolusi Industri – Pengertian, Sejarah dan Perkembangannya*. <https://www.jojonomic.com/blog/pengertian-revolusi-industri/#:~:text=Revolusi industri 4.0 sudah menerapkan konsep otomatisasi yang,dilakukan on time saat dibutuhkan melalui jaringan internet.>
- Irfan, Primasari, C. H., Sidhi, T. A. P., Wibisono, Y. P., Setyohadi, D. B., & Cininta, M. (2023). ANALISIS CYBERSICKNESS PADA PERMAINAN METAVERSE GAMELAN DEMUNG VIRTUAL REALITY. *Jurnal Informatika Dan Komputer*, 7(1), 126–136. <https://doi.org/dx.doi.org/10.26798/jiko.v7i1.1754>
- Iridiastadi, H., & Yassierli. (2014). Ergonomi Suatu Pengantar. In *Ergonomi suatu pengantar*. PT. Remaja Rosdakarya: Bandung.
- Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied Ergonomics*, 69, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.12.016>
- Kourtesis, P., Linnell, J., Amir, R., Argelaguet, F., & MacPherson, S. E. (2023). Cybersickness in Virtual Reality Questionnaire (CSQ-VR): A Validation and Comparison against SSQ and VRSQ. *Virtual Worlds*, 2, 16–35.
- Kuswana, W. S. (2014). Ergonomi dan k3 kesehatan keselamatan kerja. *Bandung: PT Remaja Rosdakarya*.
- Lady, L., & Wiyanto, A. S. (2019). Tingkat Kelelahan Kerja Pada Pekerja Luar Ruangan Dan Pengaruh Lingkungan Fisik Terhadap Peningkatan Kelelahan. *Journal Industrial Servicess*, 5(1), 58–64.
- LaViola, J. (2000). A Discussion of Cybersickness in Encironments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47–56.
- Pradini, A. H., Lucitasari, D. R., & Putro, G. M. (2019). Perbaikan sistem kerja dengan pendekatan macroergonomic analysis and design (MEAD) untuk meningkatkan produktifitas pekerja (Studi kasus di UD Majid Jaya, Sarang, Rembang, Jawa Tengah). *Opsi*, 12(1), 36–47.
- Rizzo, A., Parsons, T. D., Lange, B., Kenny, P., Buckwalter, J. G., Rothbaum, B., Difede, J., Frazier, J., Newman, B., & Williams, J. (2011). Virtual reality goes to war: A brief review of the future of military behavioral healthcare. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 18, 176–187.
- Rusiani, L., & Nurfajriah. (2015). Analisis Beban Kerja Fisiologi dan Psikologi Karyawan Pembuatan Baju di PT.Jaba Garmino Majalengka. *BINA TEKNIKA*, 11(2), 114–123.
- Sugiono, P. W. W., & Sari, S. I. K. (2018). Ergonomi untuk pemula (prinsip dasar & aplikasinya). *UB Pres, Malang*.
- Suharyono, S., Setiya Dewi, Y., & Nur Pratiwi, I. (2021). Pengaruh Rehabilitasi Berbasis Virtual Reality dalam Menurunkan Intensitas Nyeri pada Pasien Pasca Bedah Ortopedi: Systematic Review. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 12(4). <https://doi.org/10.33846/sf12405>
- Supranto, J. (2009). *Statistik: Teori dan aplikasi*. Erlangga.
- Susandi, D., & Wikananda, R. (2018). Analisis Beban Pada Olahraga Panahan Dengan Menggunakan Metode Fisiologi. *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 433–437.
- Tarwaka, S., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi untuk keselamatan, kesehatan kerja dan produktivitas*. Surakarta: Uniba Press.

- Tekno, I. A. dan. (2023). *Revolusi Industri 5.0: Integrating Technology and Humanity*. <https://www.kompasiana.com/saikoichirou1878/6435ff4308a8b526cf090172/revolusi-industri-5-0-integrating-technology-and-humanity>
- Wirayudi Aditama, P., Nyoman Widhi Adnyana, I., & Ayu Ariningsih, K. (2019). AUGMENTED REALITY DALAM MULTIMEDIA PEMBELAJARAN. *Prosiding Seminar Nasional Desain Dan Arsitektur (SENADA)*, 2.
- Wahyuni, D., Budiman, I., Tryana Sembiring, M., Sitorus, E., & Nasution, H. (2018). The workload analysis in welding workshop. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012095>
- Yassierli, Pratama, G. B., Pujiartati, D. A., & Yamin, P. A. R. (2020). *Ergonomi Industri* (P. Latifah, Ed.).
- Yildirim, G., Elban, M., & Yildirim, S. (2018). Analysis of Use of Virtual Reality Technologies in History Education: A Case Study. *Asian Journal of Education and Training*, 4(2), 62–69. <https://doi.org/10.20448/journal.522.2018.42.62.69>