

**REKOMENDASI PENYESUAIAN SISTEM KERJA
UNTUK JENIS PEKERJAAN REPETITIF PADA
VIRTUAL REALITY BERDASARKAN TINGKAT
KESULITAN TASK**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Debora Angela

NPM : 6131801136



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**

**WORK SYSTEM ADJUSTMENTS
RECOMMENDATION FOR REPETITIVE TASK IN
VIRTUAL REALITY BASED ON TASK DIFFICULTY
LEVEL**

THESIS

Submitted to fulfill one of the requirements to obtain industrial engineering bachelor's
degree

Arranged by:

Name : Debora Angela

NPM : 6131801136



**INDUSTRIAL ENGINEERING UNDERGRADUATE
STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL ENGINEERING MAJOR
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
BANDUNG
2022**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Debora Angela
NPM : 6131801136
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : Rekomendasi Penyesuaian Sistem Kerja untuk Jenis Pekerjaan Repetitif pada *Virtual Reality* Berdasarkan Tingkat Kesulitan *Task*

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, 5 September 2022

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri

(Dr. Ceicalia Tesavrita, S.T., M.T.)

Pembimbing Pertama

(Clara Theresia, S.T., M.T.)

Pembimbing Kedua

(Yansen Theophilus, S.T., M.T.)



Program Studi Sarjana Teknik Industri
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Debora Angela

NPM : 6131801136

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**“Rekomendasi Penyesuaian Sistem Kerja untuk Jenis Pekerjaan Repetitif
pada *Virtual Reality* Berdasarkan Tingkat Kesulitan *Task*”**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung,

Debora Angela
6131801136

ABSTRAK

Perkembangan *virtual reality* serta penggunaannya dalam kehidupan tidak dapat dihindarkan. Dalam bidang industri manufaktur, penggunaan teknologi *virtual reality* dapat mengurangi hingga menghilangkan resiko pada saat *training* dan membantu mengurangi *cost* dari *trial and error*. Walaupun begitu, masih terdapat perbedaan hasil penelitian mengenai efek dari *virtual reality* terhadap aspek fisiologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh realitas dan kesulitan *task* terhadap tingkat kinerja yang diukur melalui *time completion*, dan *task completion* serta pengaruhnya terhadap , tingkat stress dan tingkat kewaspadaan. Dilakukan studi literatur dan rancangan eksperimen awal sebelum mengadakan *pilot study*. Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan setelah mengetahui kebutuhan jumlah sample yang dibutuhkan. Terdapat total 28 partisipan yang dilibatkan dengan menggunakan *between subject design*. Seluruh partisipan akan melakukan pengambilan data dasar GSR untuk mengukur keadaan konduktansi kulit pada saat istirahat selama 5 menit, diteruskan dengan melakukan PC-PVT selama 5 menit, dan dilanjutkan dengan latihan hingga melakukan *task* dengan tingkat kesulitan yang ditentukan. Pengolahan data secara statistika deskriptif dan uji pengaruh dengan menggunakan *two-way ANOVA* dilakukan pada setiap aspek yang diukur. Berdasarkan uji yang dilakukan tidak ditemukan adanya pengaruh signifikan ($p\text{-value} > 0,05$) antara faktor realitas atau faktor kesulitan *task* terhadap tingkat kinerja, tingkat *stress*, maupun tingkat kewaspadaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh *virtual reality* terhadap aspek kinerja dan fisiologis. Usulan rekomendasi penyesuaian diberikan untuk memberikan waktu pelatihan realitas virtual, kemampuan dalam membuat lingkungan virtual, serta tingkat keterampilan.

ABSTRACT

Virtual reality has already been used and implemented in many sectors as of right now. In the manufacturing field, virtual reality is being used as one of the instruments that helps in training, and it could reduce or even eliminate some risks of trials and errors even in training phase. Research on this subject has been done for some time now, but there are still some variations about effect of virtual reality towards physiological aspects. This research aims to find out the effect of virtual reality on humans. Studies and designing experiment were done before conducting pilot study. Data gathering were conducted after calculating the minimum amount of sample needed. There were 28 participants in total. Each participant will be doing 5 minutes vigilance task before and after activities, 5 minutes skin conductance baseline, and doing activities according to the task difficulty. Descriptive statistics and test to check the influence of the two independent variables were done using Two-way ANOVA for all of the aspects that are taken into account. This research resulted in no influence (p -value $>0,05$) from either reality or task difficulty toward performance, stress level, or alertness. More research should be done in order to know more if there are some influences from virtual reality to human aspects. Some recommendations were made about giving time to train on virtual environments, the ability to develop virtual environments, and what type of skills needed by using virtual environments.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang telah senantiasa Ia curahkan, pembuatan laporan penelitian skripsi ini yang berjudul “Rekomendasi Penyesuaian Sistem Untuk Jenis Pekerjaan Repetitif pada *Virtual Reality* Berdasarkan Tingkat Kesulitan *Task*” dan selama proses dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari faktor realitas terhadap aspek-aspek dalam diri manusia, serta sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat terjadi perkembangan terhadap pengaplikasian teknologi *virtual reality* kedepannya untuk membantu perkembangan terutama dalam bidang industri dengan memberikan pertimbangan-pertimbangan terhadap aspek yang ditemukan berpengaruh dalam *virtual reality*.

Dalam penelitian dan penyusunan laporan skripsi yang dilakukan, tidak dilakukan dengan tanpa halangan. Dalam halangan tersebut, terdapat banyak dukungan yang didapatkan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini mampu diselesaikan. Dengan mengingat dukungan yang diberikan dari berbagai pihak, Ucapan terima kasih banyak ingin diucapkan kepada:

1. Bapak Yansen Theopilus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak dukungan, motivasi, dan masukan terhadap penelitian ini.
2. Ibu Clara Theresia, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mendukung, dan memberikan bantuan terhadap penelitian yang dilakukan.
3. Ibu Loren Pratiwi, S.T., M.T., Ibu Kristiana Asih Damayanti, S.T., M.T., dan Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, pendapat, dan kritik dalam penelitian dan penulisan laporan ini.
4. Orang tua dari Debora Angela sebagai peneliti yang selalu memberikan *support* dan mau membantu untuk kelancaran skripsi ini.

5. Marcelyn Angela, adik peneliti yang telah mau membantu dalam proses perancangan *environment*, membantu memberikan *input* terhadap *environment* yang dirancang, hingga membantu dalam mencari partisipan dalam untuk penelitian ini.
6. Para partisipan dalam penelitian ini yang telah dengan sukarela mau membantu untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.
7. Livia Nathania, Cornelius, Aubrey Dimitri, dan Sherly Putri Dewi yang memberikan *support* dan menemani setiap malam dalam mengerjakan penelitian ini.
8. Agnes Zefanya Yonatan dan Shafani Putri Nanita yang menjadi teman seperjuangan di dalam jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan.

Selama melakukan penelitian untuk skripsi ini, disadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan yang diakibatkan oleh keterbatasan akan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki. Hal tersebut membuat peneliti terbuka untuk komentar dan saran terhadap penelitian ini. Akhir kata, diharapkan penelitian ini dapat membantu untuk mengetahui efek dari realitas virtual dan rekomendasi yang diberikan dapat membantu untuk mengimplementasikan *virtual reality* dalam industri.

Bandung, 26 Juli 2022

Debora Angela

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	I-6
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	I-16
I.4 Tujuan Penelitian	I-17
I.5 Manfaat Penelitian	I-17
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-18
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Virtual Reality</i>	II-1
II.2 Tingkat Kewaspadaan	II-2
II.3 <i>Stress</i>	II-3
II.4 Tingkat Kinerja	II-5
II.5 Unity.....	II-6
II.6 NASA-TLX.	II-7
II.7 <i>Between Subject Design Experiment</i>	II-9
II.8 Cohen's d dan <i>Sample Size Table</i>	II-9
II.8 <i>Two-way ANOVA</i>	II-10
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	III-1
III.1 Operasionalisasi Variabel	III-1
III.2 Rancangan Eksperimen.....	III-4
III.3 Perancangan Lingkungan Virtual.....	III-9
III.4 Alat dan Bahan	III-14

III.5	Prosedur Penelitian.....	III-17
III.6	<i>Pilot study</i>	III-20
III.7	Perhitungan <i>Sample Size</i>	III-23
III.8	Pengumpulan data.....	III-25
III.9	Pengolahan data.....	III-35
III.9.1	Pengolahan Statistika Deskriptif.....	III-36
III.9.2	Uji Asumsi Klasik.....	III-37
III.9.3	<i>Two-way ANOVA</i>	III-44
III.10	Usulan Rekomendasi Penyesuaian Sistem Kerja.....	III-50
BAB IV	ANALISIS.....	IV-1
IV.1	Analisis Deskriptif Data.....	IV-1
IV.2	Analisis Hasil Uji Pengaruh.....	IV-4
IV.3	Analisis <i>Time Completion</i> dan <i>Task Completion</i>	IV-9
IV.4	Analisis Tingkat Kewaspadaan.....	IV-10
IV.5	Keterbatasan Penelitian.....	IV-11
IV.6	Analisis Usulan Rekomendasi Hasil Penelitian.....	IV-12
IV.7	Analisis Kontribusi Temuan Penelitian.....	IV-16
IV.8	Analisis Tingkat Kesulitan <i>Task</i>	IV-17
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
RIWAYAT HIDUP PENULIS		

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 <i>State of The Art</i>	I-8
Tabel I. 2 Rancangan Desain Eksperimen	I-21
Tabel II. 1 Parameter Kategori <i>Stress</i>	II-4
Tabel II. 2 Parameter Kategori <i>Stress</i> Berdasarkan SCR/MIN.....	II-5
Tabel II. 3 Parameter Kategori WWL.....	II-8
Tabel III. 1 Operasionalisasi Variabel.....	III-2
Tabel III. 2 Data <i>Completion Time Pilot Study</i>	III-21
Tabel III. 3 Nilai Rata-rata <i>Completion Time Pilot Study</i>	III-23
Tabel III. 4 Nilai Standar Deviasi dari <i>Completion Time Pilot Study</i>	III-23
Tabel III. 5 Data Mentah Realitas Virtual dengan <i>Task Berat</i>	III-28
Tabel III. 6 Data Mentah Realitas Virtual dengan <i>Task Ringan</i>	III-29
Tabel III. 7 Data Mentah Realitas Nyata dengan <i>Task Berat</i>	III-30
Tabel III. 8 Data Mentah Realitas Nyata dengan <i>Task Ringan</i>	III-32
Tabel III. 9 Data NASA-TLX	III-35
Tabel III. 10 Pengolahan Statistika Deskriptif.....	III-36
Tabel III. 11 Rekapitan <i>Normality Test</i>	III-39
Tabel III. 12 Rekapitan Uji Homogenitas.....	III-43
Tabel III. 13 Rekapitan Hasil Uji <i>Two-way ANOVA</i>	III-49

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Grafik Jumlah Publikasi Riset VR dengan Biosensors	I-5
Gambar I. 2 Grafik Rate Kinerja Fisik <i>Welding</i>	I-7
Gambar I. 3 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	I-19
Gambar III. 1 Model Konseptual.....	III-1
Gambar III. 2 Badan Senter	III-5
Gambar III. 3 Tutup Bawah Senter	III-5
Gambar III. 4 Adaptor Baterai Senter	III-6
Gambar III. 5 Kepala Senter.....	III-6
Gambar III. 6 Bohlam Senter.....	III-7
Gambar III. 7 Kaca Senter.....	III-7
Gambar III. 8 Penutup Senter	III-8
Gambar III. 9 Lingkungan Virtual pada Unity 2020.....	III-8
Gambar III. 10 <i>Layout</i> Perakitan Dunia Nyata.....	III-9
Gambar III. 11 <i>Set Up XR Plug-in Management</i>	III-10
Gambar III. 12 <i>Unity Project Settings Physics Set-Up</i>	III-11
Gambar III. 13 Tampilan <i>Settings Preset Manager</i>	III-11
Gambar III. 14 Tampilan <i>Set-up Interaction Layer Mask</i>	III-12
Gambar III. 15 Animasi Tangan pada Unity	III-12
Gambar III. 16 <i>Animator</i> pada Unity	III-13
Gambar III. 17 Tampilan Layar Perancangan Pada Unity.....	III-14
Gambar III. 18 Oculus Rift s	III-15
Gambar III. 19 Mindfield eSense Skin Response.....	III-15
Gambar III. 20 <i>Lotion Skin Conductance Electrode</i>	III-16
Gambar III. 21 <i>Adaptor Display Port to C</i>	III-16
Gambar III. 22 Alat Bantu Penyimpanan <i>Handphone</i>	III-17
Gambar III. 23 Grafik Contoh <i>Learning Curve</i> Partisipan.....	III-18
Gambar III. 24 Tahapan Pengambilan Data.....	III-19
Gambar III. 25 Grafik Estimasi Waktu Pengambilan Data <i>Task Berat</i>	III-19
Gambar III. 26 Grafik Estimasi Waktu Pengambilan Data <i>Task Ringan</i>	III-20
Gambar III. 27 Partisipan Melakukan PC-PVT	III-25

Gambar III. 28 Pengambilan Data untuk Realitas Virtual	III-26
Gambar III. 29 Pengambilan Data untuk Realitas Nyata	III-27
Gambar III. 30 Grafik GSR	III-34
Gambar III. 31 Grafik <i>Task Completion</i>	III-37
Gambar III. 32 <i>Probability Plot Average Completion Time</i> VR Berat.....	III-38
Gambar III. 33 <i>Levene's Test Data Rata-rata Completion Time</i>	III-43
Gambar III. 34 <i>Two Way ANOVA for Average Completion Time</i>	III-45
Gambar III. 35 <i>Two Way ANOVA for Delta Average GSR</i>	III-46
Gambar III. 36 <i>Two Way ANOVA for Average MRT PVT</i>	III-47
Gambar III. 37 <i>Two Way ANOVA for WWL NASA-TLX</i>	III-48

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A: REKAPAN DATA PENGOLAHAN DATA

LAMPIRAN B: REKAPAN DATA MENTAH NASA-TLX

LAMPIRAN C: CODING UNITY

LAMPIRAN D: TABEL *SAMPLE SIZE* COHEN

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian ini berisikan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan dan asumsi penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, hingga metodologi penelitian dan sistematika penulisan. Pada Bab 1 ini akan diberikan penjelasan mengenai penelitian untuk membandingkan antar realitas dan kebutuhannya dalam industrh yang berkembang saat ini, penelitian ini akan berfokus pada penggunaan *virtual reality* dalam industri manufaktur pada pelatihan pekerja, ataupun pekerjaan lain yang memiliki relevansi yang sesuai.

I.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang sangat pesat merupakan sesuatu yang tidak terhindarkan. Pengembangan teknologi untuk interaksi antar manusia melalui dunia maya dengan perangkat komputer menjadi sesuatu hal yang penting. Sudah terdapat beberapa pengembangan interaksi antar manusia melalui ruang *virtual* secara 3D dengan menggunakan teknologi *virtual reality* yang sekarang umum dikenal sebagai *metaverse* (Dionisio et al., 2013) hingga pada perkembangan *cryptocurrency* dan NFT (*Non-Fungible Tokens*) yang sudah akan digunakan di dalam beberapa *metaverse* (Kaur & Gupta, 2021). Dengan maraknya pengenalan dan masyarakat mengenai pembahasan *cryptocurrency*, *metaverse*, dan NFT, pengembangan *virtual reality* menjadi hal yang marak diperbincangkan pada saat ini.

Dalam perkembangannya, *virtual reality* sudah banyak digunakan, terutama dalam bidang hiburan dan medis. Tetapi, pemanfaatan *virtual reality* tidak hanya digunakan dalam bidang medis saja. *Virtual reality* sudah mulai digunakan didalam bidang edukasi, militer, manufaktur, marketing, dan sebagainya (Weech et al., 2019). Dalam bidang industri dan manufaktur, *virtual reality* (VR) banyak digunakan untuk pelatihan pekerja, membantu dalam meminimalisir kecelakaan, membantu dalam meningkatkan produktivitas, mengurangi risiko cedera bagi pekerja pada saat pelatihan, serta dapat mengurangi biaya pelatihan yang dibutuhkan untuk pekerja. Data penggunaan *immersive technologies* yang

mencakup *virtual reality*, *augmented reality*, dan lainnya didapatkan melalui hasil survei Statista (2020) dimana sebanyak 45% pemanfaatan teknologi ini digunakan untuk mengurangi kesalahan dalam perakitan, sebanyak 48% digunakan untuk pelatihan pekerja, sebanyak 40% digunakan untuk mencegah kecelakaan kerja, dan lainnya.

Sebelumnya, telah terdapat beberapa penelitian untuk membandingkan konsistensi kinerja manusia dalam melakukan hal atau tugas di dalam dunia *virtual* dengan dunia nyata yang identik atau serupa. Tetapi, jumlah riset yang dilakukan masih terbatas. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kalantari et al. (2021) yang membandingkan reaksi secara fisiologis responden ketika melakukan *cognitive tests* pada ruang *virtual* dengan dunia nyata memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan signifikan terhadap hasil *test* dengan menggunakan *virtual environment* dengan dunia nyata. Tetapi, dalam *virtual environment* didapatkan hasil bahwa responden menjawab soal *test* secara lebih cepat dalam *virtual environment* dibandingkan dengan *real world* (RW). Hasil *test* reaksi fisiologis dengan menggunakan *galvanic skin response* (GSR), *electroencephalography* (EEG), *electrocardiogram* (ECG), dan *electrooculography* EOG tidak berbeda secara signifikan antara *real world* dengan *virtual environment*.

Penelitian lain yang terkait dilakukan oleh Khademi et al. (2013) yang membandingkan antara penggunaan *virtual reality* dengan *augmented reality* pada *pick and place task* yang dilakukan untuk rehabilitasi. Dalam penelitian yang dilakukan, dibuat dua jenis *set up* yaitu *set up* pertama untuk penggunaan *virtual reality*, dan pada *set up* berikutnya digunakan untuk mengakomodasi penggunaan *augmented reality*. Dalam *set up virtual reality*, media yang digunakan adalah monitor untuk menampilkan *display*, kamera, serta menggunakan *computer vision* untuk melacak pergerakan objek dengan kamera. Untuk *augmented reality*, *set up* dibuat menggunakan proyektor yang akan memproyeksikan visual pada meja sehingga subjek akan melihat ke meja yang telah diproyeksikan visualisasi ketika melakukan *task*, untuk pergerakan tangan ketika melakukan *task*, akan ditangkap oleh kamera yang dipasangkan dengan menggunakan *computer vision* sama seperti *set up* pada VR.

Sebagai pembanding, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Khademi et al. (2013) mengenai perbandingan antara penggunaan *non-immersive VR* dengan *spatial AR*, didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan signifikan

berdasarkan hasil uji statistik menggunakan *paired t-test* pada data hasil kinerja untuk penggunaan *non-immersive VR* dengan *spatial AR* dalam hal *pick and place task*. Hasil penelitian menjelaskan bahwa penggunaan AR menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan *non-immersive VR*. Hal ini disebabkan karena pada penggunaan *non-immersive VR* dengan *set up* yang digunakan, arah gerakan yang dilakukan dan yang terbaca pada layar monitor tidak seakurat ketika menggunakan AR dimana subjek langsung melihat pada visualisasi proyeksi pada meja, sehingga pada penggunaan *non-immersive VR* seringkali perlu dilakukan perbaikan posisi tangan yang menyebabkan hasil kinerja yang kurang baik dibandingkan dengan penggunaan AR. Selain itu, adanya *hand-eye coordination* yang tidak berkesinambungan dalam penggunaan *non-immersive VR* sedangkan hal ini tidak terjadi pada penggunaan *spatial AR* juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi hasil penelitian ini dimana hasil kinerja yang didapatkan dengan menggunakan *spatial AR* lebih baik dibandingkan dengan *non-immersive VR* yang digunakan.

Penelitian lainnya yang berkaitan dilakukan oleh Frederiksen et al. (2019) dengan membandingkan antara penggunaan *immersive virtual reality* dengan *conventional virtual reality* pada simulasi pelatihan *laparoscopic surgery*. Penelitian tersebut memberikan hasil bahwa pada penggunaan *immersive VR* *cognitive load* meningkat sebesar 66% sedangkan pada penggunaan *conventional VR* pada simulasi meningkatkan *cognitive load* sebesar 58%. Selain itu didapatkan bahwa pemberian *light stressor* meningkatkan *cognitive load* sebesar 15,2% sedangkan pemberian *severe stressor* meningkatkan *cognitive load* hingga 43,1% pada *immersive VR* dan 23% pada *conventional VR*. Selain itu, hasil kinerja dari penggunaan *immersive VR* secara signifikan memberikan hasil yang lebih buruk dibandingkan dengan *conventional VR* pada hampir seluruh *metrics* yang digunakan pada simulasi. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa *immersive VR* memberikan nilai *cognitive load* yang lebih tinggi tetapi menghasilkan nilai kinerja yang lebih buruk dibandingkan dengan *conventional VR*. Dalam penelitian ini diberikan saran bahwa penggunaan *immersive VR* baru digunakan setelah dilakukannya *initial training* dengan menggunakan *conventional VR*, hal ini dikarenakan *immersive VR* memberikan beberapa keuntungan untuk digunakan dikarenakan penggunaan *immersive VR* lebih mendekati kondisi sesungguhnya dan akan berguna dalam pelatihan untuk meningkatkan kemampuan atau *skill*.

Penggunaan VR dalam pelatihan dapat memberikan banyak keuntungan seperti yang dikatakan sebelumnya, salah satunya adalah mereduksi biaya yang dibutuhkan untuk membuat ruang pelatihan atau pembelajaran dengan menginvestasikan hal tersebut dengan pelatihan atau pembelajaran dalam virtual reality. Dilansir dari penelitian yang dilakukan oleh Soliman et al. (2021), pengaplikasian VR dalam *engineering education* memberikan keuntungan terutama pada masa pandemi Covid-19 ini dimana penggunaan VR dapat mengganti ruang belajar secara langsung dengan tetap memberikan pengalaman belajar yang serupa dengan pembelajaran tatap muka langsung walaupun dilakukan secara *remote learning* atau daring.

Dalam bidang manufaktur *virtual reality* sudah mulai digunakan sejak lama untuk membuat suatu sistem terintegrasi mengenai lingkungan pada proses produksi atau manufaktur untuk melatih dan meningkatkan seluruh *level* untuk pemilihan keputusan dan kontrol yang dapat disebut dengan istilah *virtual manufacturing* (Lawrence Associates, 1995). VR dalam bidang manufaktur digunakan untuk pelatihan, desain *assembly*, *virtual prototyping*, hingga *virtual factory*. Pada dasarnya penggunaan VR merupakan alat bantu untuk menggambarkan atau mensimulasikan proses hingga sistem manufaktur (Shiratuddin & Zulkifli, 2001).

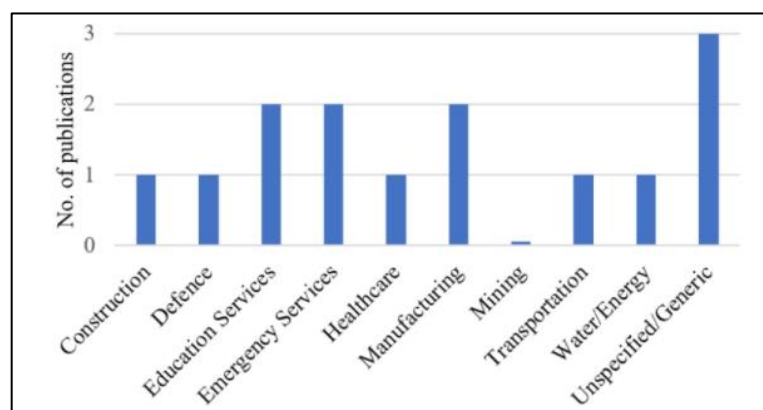
Pelatihan yang berbasis VR merupakan salah satu metode yang paling canggih di dunia untuk melatih dan juga mengajarkan skill manufaktur dan juga proses kepada pekerja dengan *environment* dan juga peralatan yang memadai, *virtual environment* yang dibuat dapat menyerupai keadaan pada dunia nyata dengan melibatkan beberapa panca indera. Penggunaan VR secara luas dalam dunia manufaktur akan banyak memberikan *benefit* mulai dari mengurangi *cost*, menyelesaikan masalah tanpa perlu menghadapi konsekuensi pada dunia nyata dengan mensimulasikannya terlebih dahulu dalam VR, dan lain halnya (Mujiber et al., 2004).

Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Biao Xie et al. (2021), banyak pelajar atau mahasiswa dan industri serta perusahaan melakukan penelitian untuk mengintegrasikan lingkungan virtual dengan *real world* dengan menyediakan alat untuk mensimulasikan dunia virtual dengan ketepatan yang tinggi untuk dapat mengatasi evolusi dari produk, serta proses dan sistem produksi. Perkembangan pelatihan *assembly* dalam konteks manufaktur dengan menggunakan VR juga

meningkat pesat. Dalam sebuah studi yang dilakukan didapatkan hasil evaluasi bahwa pelatihan *assembly* dengan menggunakan VR dapat mengurangi waktu yang digunakan untuk melakukan *assembly* dibandingkan dengan pelatihan secara tradisional (Abidi et al., 2019).

Terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh Boud, Baber, dan Steiner (1999) yang membandingkan antara penggunaan *virtual reality* dengan *augmented reality*, didapatkan bahwa *virtual reality* memberikan fleksibilitas lebih tinggi dan cocok untuk digunakan dalam bidang manufaktur karena objek dapat dengan mudah dimanipulasi dengan menggunakan VR. Tetapi, penggunaan AR dapat meningkatkan kinerja ketika dilakukan pelatihan, dikarenakan objek yang digunakan adalah objek yang nyata.

Selain itu, dilansir dari jurnal yang ditulis oleh Unnikrishnan et al. (2021), masih sedikit penelitian tentang *virtual reality* untuk pelatihan dalam bidang industri yang menggunakan *biosensors* seperti konduktansi kulit, denyut jantung, sinyal otak, *eye tracking*, dan suhu. Sejak tahun 2018 hingga 2021 ketika jurnal tersebut ditulis, riset mengenai penggunaan *virtual reality* yang menggunakan data *biosensors* hanya sebanyak 18% (N=14) dari 78 publikasi yang digunakan sebagai representasi menggunakan data *biosensors* dan dalam bidang manufaktur hanya terdapat 2 riset terpublikasi yang menggunakan data *biosensors*. Gambar I.1 menunjukkan grafik banyaknya publikasi yang menggunakan data *biosensors*.



Gambar I. 1 Grafik Jumlah Publikasi Riset VR dengan Biosensors (sumber : Unnikrishnan et al., 2021)

Penggunaan *virtual reality* dan sejenisnya masih menjadi perbincangan para peneliti pada penggunaan VR secara luas untuk bidang industri manufaktur.

Beberapa penelitian mengatakan penggunaan VR dapat mengubah industri manufaktur ke arah yang lebih positif dan *profitable*. Beberapa penelitian lain masih ragu akan efektifitas dari penggunaan VR terutama pada bidang pelatihan dikarenakan terdapat beberapa batasan dalam teknologi VR yang ada untuk dapat mereplikasi dunia nyata, hal ini dapat faktor yang menyebabkan penggunaan VR untuk pelatihan kemungkinan dapat memberikan dampak terhadap kinerja operator akibat perbedaan yang ada pada VR dengan RW. Di sisi lain, penelitian dengan menggunakan *augmented reality* (AR) menunjukkan hasil yang positif dalam peningkatan kinerja operator dikarenakan masih berbasis dari objek nyata yang dirubah dengan sistem teknologi komputer. Tetapi, penggunaan AR tidak memiliki fleksibilitas perubahan skenario sebaik dengan penggunaan VR. Hal ini menjadi suatu topik penelitian yang menarik untuk diteliti, melihat perkembangan penggunaan teknologi *virtual reality* yang semakin pesat dan kemungkinan penggunaan teknologi *virtual reality* kedepannya akan semakin luas bahkan untuk sektor-sektor yang mungkin tidak terpikirkan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian mengenai efek *virtual reality* terhadap manusia menjadi hal yang memiliki *urgency* untuk diteliti melihat manusia merupakan subjek utama yang menggunakan *virtual reality*. Penelitian yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui efek dari realitas virtual dengan membandingkannya dengan dunia nyata terhadap aspek aspek fisiologis dan pengaruhnya terhadap kinerja manusia terutama dalam bidang industri.

I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

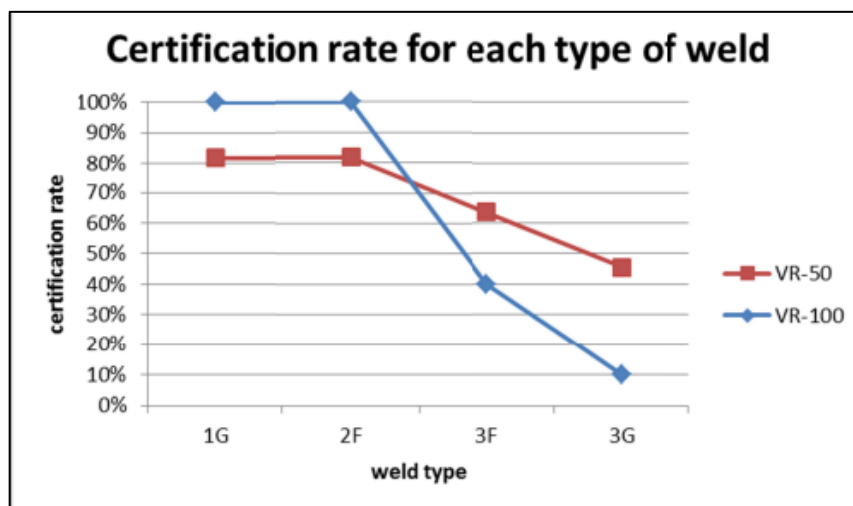
Penggunaan *virtual reality* akan semakin marak digunakan di dalam kegiatan manusia baik dari bisnis, produksi atau manufaktur, sosial, dan lainnya. Perkembangan teknologi *virtual reality* ini akan sangat berhubungan dengan manusia. Dasar dari *immersive virtual reality* adalah membuat dunia *immersive* yang sebisa mungkin melibatkan seluruh indra dalam tubuh manusia sehingga terasa seperti di dalam dunia yang baru. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa manusia termasuk dalam salah satu tokoh utama yang memiliki peran penting dalam pengembangan *virtual reality*.

Virtual reality sendiri sudah banyak digunakan dan dikembangkan di dalam dunia medis untuk membantu pasien dalam terapi, salah satunya terapi sebelum penggunaan prostetik. Dalam industri sendiri VR juga sudah mulai

digunakan untuk pelatihan operator, perbaikan sistem, dan lain halnya. Hal ini menunjukkan perlunya studi atau penelitian terkait *human study* pada pengembangan atau penggunaan teknologi *virtual reality*.

Salah satu penggunaan atau manfaat VR dalam dunia industri dan manufaktur adalah untuk pelatihan operator dimana operator akan dilatih dengan menggunakan media VR sebelum akhirnya dipekerjakan pada RW. Tetapi, dalam praktiknya, penggunaan VR ini masih memiliki beberapa perbedaan yang tidak terdapat dalam fitur-fitur VR dan hanya terdapat dalam RW saja. Sebagai contoh, gaya gesek, beban atau berat, dan sebagainya. Hal ini memungkinkan terjadinya perbedaan antara tingkat kinerja yang dihasilkan pada saat menggunakan VR dengan tingkat kinerja saat melakukan pekerjaan di RW.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh McLaurin dan Stone (2012) yang meneliti mengenai efektivitas atau penggunaan *virtual reality* terhadap perkembangan keterampilan fisik dengan membandingkannya terhadap pelatihan terintegrasi yang biasa dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh McLaurin dan Stone (2012) memberikan kesimpulan bahwa penggunaan VR untuk pelatihan dapat digunakan dan memberikan hasil yang baik, tetapi dengan batasan bahwa semakin tinggi *level*/kesulitan *task* yang diberikan, penggunaan VR tidak lagi efektif untuk pelatihan dalam konteks pengembangan *skill*.



Gambar I. 2 Grafik Rate Kinerja Fisik *Welding*
(sumber : McLaurin & Stone, 2012)

Terlihat terdapat penurunan kinerja yang dilihat dari grafik *certification rate* pada Gambar I. 2 diatas. Semakin sulit *task* yang diberikan, penggunaan VR dapat dikatakan tidak lagi efektif untuk digunakan. VR-50 menandakan bahwa partisipan tersebut melakukan 50% pelatihan dalam VR dan 50% pelatihan melalui *integrated training* pada dunia nyata, sedangkan VR-100 menandakan bahwa partisipan melakukan pelatihan 100% dalam dunia virtual. Melihat partisipan VR-50 memiliki tingkat *certification rate* yang lebih tinggi dibandingkan VR-100 untuk tingkat kesulitan *task* yang lebih sulit, pelatihan dengan menggunakan VR kurang baik untuk dilakukan pada tingkat sertifikasi yang lebih tinggi dan harus diintegrasikan dengan *integrated training* pada dunia nyata. Tetapi, pada tingkat kesulitan *task* yang lebih rendah, penggunaan VR menunjukkan adanya tingkat kinerja yang lebih baik.

Mempertimbangkan hal tersebut, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Joyner, Vaughn-Cooke, dan Benz (2021) mengatakan bahwa kinerja yang dihasilkan oleh para partisipan sangat bergantung terhadap kemiripan antara desain dunia *virtual* dengan dunia nyata. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini, desain pada dunia nyata akan dibuat semirip mungkin dengan desain yang dibuat pada dunia *virtual*. Dalam penelitian ini disertakan 5 jurnal penelitian sebelumnya yang meneliti mengenai efek dan penggunaan *virtual reality*. Pada Tabel I.1 merupakan *state of the art* untuk penelitian kali ini.

Tabel I. 1 *State of The Art*

Author and Release Year	Pembahasan Hasil Penelitian	Relevansi Jurnal dengan Penelitian
Dongwoo Yeom, Joon-Ho, Choi, Sin-Hwa Kang. (2019)	Pembahasan: <ul style="list-style-type: none"> • Dilakukan untuk melihat perbedaan secara fisiologis pada manusia dalam <i>immersive virtual reality</i> dengan ruangan <i>indoor</i> pada dunia nyata. • Berfokus pada perbedaan suhu tubuh / <i>temperature</i> dan <i>thermal sensations</i>. • Suhu ruangan di <i>control</i> secara berkala antara 20°C - 30°C, dengan suhu <i>control</i> 24°C • <i>Thermal sensations</i> merupakan respons subjektif dengan menggunakan <i>survey</i>. 	Jurnal ini ingin mengetahui reaksi fisiologis manusia terhadap <i>virtual reality</i> dari segi suhu tubuh dan <i>thermal sensations</i> . Jurnal ini dapat menjadi acuan dan juga membantu dalam membandingkan hasil penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian kali ini mengenai perbedaan respons fisiologis manusia terutama pada kulit dengan menggunakan GSR yang mengukur <i>electrical resistance</i> pada kulit pada <i>immersive virtual reality</i> dengan <i>real world environment</i> .

(lanjutan)

Tabel I. 1 *State of The Art* (lanjutan)

Author and Release Year	Pembahasan Hasil Penelitian	Relevansi Jurnal dengan Penelitian
Dongwoo Yeom, Joon-Ho, Choi, Sin-Hwa Kang. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu badan diukur dengan menggunakan <i>surface sensors</i> (STS-BTA). Data untuk suhu tubuh diukur setiap 10 detik. <p>Hasil Penelitian:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasil <i>thermal sensations</i> pada <i>immersive virtual reality</i> 12% lebih tinggi. • Suhu tubuh lebih tinggi pada 7 bagian kulit yang diteliti pada <i>immersive virtual environment</i> terutama pada <i>core body area</i>. <p>Dapat disimpulkan bahwa bisa saja <i>immersive virtual reality</i> mempengaruhi tanggapan fisiologis manusia.</p>	
Angus Antley, Maia Garau, Andrea Brogni, Doron Friedman. (2006)	<p>Pembahasan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui respons fisiologis manusia terhadap situasi sosial pada <i>immersive virtual environment</i>. • Aspek fisiologis diukur dengan menggunakan ECG dan GSR. <p>Hasil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada <i>heart rate</i> dan <i>heart rate variability</i> yang terlihat pada parameter ECG antara fase <i>training</i> dan <i>experimental</i>, <i>heart rate</i> serta <i>heart rate variability</i> berbeda antara partisipan yang memberikan nilai <i>social anxiety</i> lebih tinggi dan lebih rendah. • GSR menunjukkan tanggapan yang terjadi ketika terjadi anomali yang membuat partisipan terkejut. 	Jurnal ini dapat digunakan sebagai referensi penggunaan metode seperti GSR dan ECG untuk mengukur respons fisiologis pada <i>immersive virtual environment</i> . Serta, hasil yang didapatkan pada penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk metodologi penelitian yang akan dilakukan, dimana dalam hal ini GSR <i>signal</i> yang didapatkan dihitung sepanjang <i>experiment</i> berlangsung untuk melihat perubahan pada respons fisiologis yang terjadi.

(lanjutan)

Tabel I. 1 *State of The Art* (lanjutan)

Author and Release Year	Pembahasan Hasil Penelitian	Relevansi Jurnal dengan Penelitian
Mustufa Haider Abidi, Abdulrahman Al-Ahmari, Ali Ahmad, Wadea Ameen, Hisham Alkhalefah. (2019)	Pembahasan: <ul style="list-style-type: none"> • Bertujuan untuk memperluas aplikasi penggunaan VR dalam bidang manufaktur dengan mengintegrasikan konsep dan pembelajaran dari simulasi pelatihan hingga evaluasi efektivitas pada pelatihan <i>assembly</i> dan peralihan pelatihan. Hasil: <ul style="list-style-type: none"> • Partisipan yang dilatih dengan menggunakan VR menunjukkan lebih sedikit kesalahan dalam kinerja dan waktu yang lebih singkat dalam melakukan <i>assembly</i>. • Pelatihan menggunakan VR memberikan pelatihan dengan <i>learning by doing</i> dibandingkan pelatihan yang didasarkan pada observasi, melihat, dan mendengarkan saja. 	Jurnal ini dapat membantu melihat kegunaan <i>virtual reality</i> dan penggunaannya dalam pelatihan di bidang manufaktur. Hal ini berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu melihat perbedaan antara kinerja dengan dalam <i>virtual reality</i> dengan <i>real world</i> , sehingga jurnal ini dapat menjadi acuan dalam penelitian yang dilakukan.
Zhengsi Chang, Brandon Pires, Daniel Krawczyk. (2020)	Pembahasan: <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menggunakan <i>VR-based functional task</i> dengan membedakan <i>executive functional load levels (working memory, flexible thinking, and inhibitory control)</i>. • Dilakukan dengan menggunakan <i>modified version of kitchen test (MVKT)</i> dari <i>Virtual Reality Functional Capacity Assessment (VRFCAT)</i>. 	Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam penelitian yang akan dilakukan mengenai <i>task</i> ataupun tingkat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk menentukan <i>performance measures</i> dalam penelitian yang akan dilakukan kali ini.

(lanjutan)

Tabel I. 1 *State of The Art* (lanjutan)

Author and Release Year	Pembahasan Hasil Penelitian	Relevansi Jurnal dengan Penelitian
Zhengsi Chang, Brandon Pires, Daniel Krawczyk. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Partisipan diberikan waktu 8 menit untuk melakukan <i>grocery trip</i> dan <i>shopping</i>, setelah itu partisipan akan melakukan <i>working memory test</i> dengan menghafal sejumlah digit angka, dan kemudian melakukan <i>post-task questionnaire</i>. <p>Hasil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan <i>demand</i> pada <i>executive function</i> mempengaruhi <i>gross functional performance</i> yang meliputi durasi waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan <i>task</i>, persentase <i>error</i>, dan berapa kali partisipan harus melihat ulang catatan dalam hal ini resep yang diberikan. • Proses dalam melakukan tugas akan berbeda untuk setiap tingkat dan setiap individu, karena setiap orang memiliki <i>approach</i> atau strategi penyelesaian yang berbeda <p><i>Working memory capacity</i> tidak dapat memprediksi kinerja pada kelompok anak muda.</p>	
S. J. Lackey, J. N. Salcedo, J.L. Szalma & P.A. Hancock. (2016)	<p>Pembahasan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini meneliti mengenai efek dari pelatihan dengan menggunakan <i>virtual reality</i> terhadap kinerja, persepsi beban kerja, dan respon <i>stress</i> terhadap <i>live training</i>. 	<p>Penelitian yang dilakukan dalam jurnal ini dapat menjadi acuan mengenai pengaruh pengalaman <i>overall</i> dalam menggunakan <i>virtual reality</i> terhadap <i>stress</i> dan juga <i>workload</i>. Dalam penelitian ini, tingkat <i>stress</i> dan <i>workload</i> diukur dengan menggunakan kuesioner atau <i>self-report data</i>. Hal ini dapat digunakan sebagai pembandingan untuk hasil data mengenai <i>stress</i> yang didapatkan.</p>

(lanjutan)

Tabel I. 1 *State of The Art* (lanjutan)

Author and Release Year	Pembahasan Hasil Penelitian	Relevansi Jurnal dengan Penelitian
S. J. Lackey, J. N. Salcedo, J.L. Szalma & P.A. Hancock. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Meneliti hubungan antara persepsi pada <i>virtual reality</i> yang dengan mengukur <i>engagement, immersion, presence, flow, perceived utility</i>, dan <i>ease of use</i> yang diukur dengan menggunakan skor NASA-TLX dengan kinerja, beban kerja, serta <i>stress</i>. <p>Hasil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secara umum dalam pelatihan dengan menggunakan <i>virtual reality</i> jika memiliki pengalaman partisipasi yang baik, imersi, persepsi kegunaan, kemudahan dalam penggunaan. • <i>Sense of control</i> yang lebih tinggi dapat mengurangi <i>stress</i> dan juga persepsi beban kerja yang dirasakan oleh partisipan. <p>Jika pengalaman dalam menggunakan VR secara keseluruhan baik, maka akan memberikan hasil tingkat <i>stress</i> dan persepsi beban kerja yang lebih rendah, begitu pula sebaliknya.</p>	berdasarkan reaksi fisiologis dengan menggunakan GSR

Dalam *state of the art* pada Tabel I.1 diatas, terdapat penelitian yang menguji apakah terdapat perbedaan tingkat kinerja dengan memberikan *executive functional levels* yang berbeda pada *virtual reality* (Zhengsi et al., 2020). Tetapi, penelitian tersebut tidak menunjukkan perbedaan terhadap tingkat kinerja untuk perbedaan *level* tersebut juga akan berbeda jika dilakukan pada *real environment* dan dibandingkan dengan kinerja dalam *virtual environment*. Membandingkannya dengan penelitian yang dilakukan oleh McLaurin dan Stone (2012) yang menyimpulkan bahwa penggunaan VR akan memberikan *benefit* pada *task* yang cenderung lebih mudah, dan kurang efektif untuk digunakan pada *task* yang lebih kompleks. Melihat bahwa penelitian yang dilakukan oleh Zhengsi et al., (2020) lebih mengedepankan aspek kognitif sedangkan penelitian yang dilakukan oleh McLaurin dan Stone (2012) melihat efektivitas penggunaan *virtual reality* untuk

training dan melihat pengaruhnya terhadap *certification rate* yang dilakukan pada dunia nyata.

Masih terdapat banyak penelitian lain yang tidak masuk dalam *state of the art* pada Tabel I.1 diatas. Tetapi, berdasarkan *state of the art* dan studi literatur yang telah dilakukan, masih banyak terdapat aspek yang perlu diteliti mengenai efek *virtual reality* terhadap kinerja. Beberapa penelitian mengatakan bahwa penggunaan *virtual reality* dapat meningkatkan kinerja dalam dunia nyata, penelitian lain yang mengatakan hal serupa dengan batasan tingkat kesulitan yang diberikan. Hal ini dapat menjadi dasar dilakukannya penelitian untuk melihat efek *virtual reality* terhadap kinerja dan aspek fisiologis yang terjadi serta membandingkannya apakah kinerja dalam dunia nyata dengan aspek fisiologis yang terpengaruh dalam dunia nyata akan berbeda dalam dunia virtual dengan melihat kinerja dalam dunia virtual yang serupa.

Selain itu, beberapa penelitian telah melakukan *assessment* terhadap respon fisiologis yang diberikan ketika berada dalam dunia *virtual*. Untuk aspek seperti tingkat *stress*, terdapat beberapa penelitian yang mengukur tingkat *stress* dalam dunia virtual, tetapi untuk pengukuran tingkat *stress* pada dunia virtual dan membandingkannya dengan dunia nyata masih sangat terbatas. Pengukuran aspek fisiologis dengan mengukur tingkat konduktansi kulit dengan menggunakan GSR pada penelitian yang ada lebih diarahkan untuk melihat efek rangsangan yang diberikan pada VR terhadap efek fisiologis. Pengukuran terhadap tingkat *stress* yang dirasakan ketika menggunakan VR dengan menggunakan GSR dan membandingkannya dengan RW masih jarang ditemukan. Hal ini menjadi suatu aspek yang dapat diteliti untuk melihat apakah terdapat perbedaan terkait tingkat *stress* berdasarkan tingkat konduktansi kulit pada RW dibandingkan dengan VR.

Data yang didapatkan dengan menggunakan GSR merupakan data yang *subject dependent*, dan data yang didapatkan dalam GSR hanya mengukur peningkatan intensitas emosi dan hal ini juga dapat dipengaruhi oleh gerakan fisik yang memberikan *stress* terhadap tubuh. Dalam mengukur tingkat *stress* untuk mendukung data yang didapatkan dengan menggunakan GSR, maka dilakukan pengambilan data subjektif dengan menggunakan NASA-TLX untuk membantu membandingkan hasil yang didapatkan melalui alat sensor GSR.

Mengenai penelitian untuk meneliti tingkat kewaspadaan pada *virtual reality* masih sangat jarang dilakukan. Penelitian terhadap VR banyak dilakukan

untuk mengukur kinerja, dilansir dari jurnal yang ditulis oleh Unnikrishnan Radhakrishnan, Konstantinos Koumaditis & Francesco Chinello (2021) data yang kebanyakan diambil untuk mengukur efektifitas dari eksperimen atau teknologi yang digunakan menggunakan pengukuran objektif yaitu data waktu reaksi dan data waktu penyelesaian tugas. Sedangkan untuk *biosensors*, data yang diambil banyak menggunakan GSR untuk mengukur konduktansi kulit dan mengukur tingkat stress, pengukuran detak jantung, sinyal otak, dan terakhir adalah penggunaan *eye tracking*. Dalam hal ini, *eye tracking* yang digunakan kebanyakan untuk *tracking* gerakan mata dan ukuran pupil, dan jarang untuk mengukur tingkat kewaspadaan. Tingkat kewaspadaan yang akan diukur menggunakan *Psychomotor Vigilance Task* (PVT) dikarenakan belum terdapat riset yang mengukur pengaruh *virtual reality* terhadap tingkat kewaspadaan dengan menggunakan PVT. PVT sudah banyak digunakan di dalam riset atau penelitian untuk meneliti efek kafein dan *sleep deprivation* maupun *sleep loss* terhadap tingkat kewaspadaan (*alertness*) pada seseorang (Reifman et al., 2018).

Tingkat *stress* dan tingkat kewaspadaan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh MingMing Qi dan Heming Gao (2020), terdapat peningkatan *vigilance* atau kewaspadaan serta *intensive attention* ketika partisipan berada dalam keadaan *acute stress*. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Matthews et al., (1998) mengenai efek *stress* pada *driver* terhadap *driving performance*. Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa *stress* yang diakibatkan oleh ketidaksukaan atau *stressful situation* terhadap *driver* memberikan dampak terhadap kinerja dari *driver* yang ditunjukkan dengan *less control*, *error-prone*, dan lain halnya. Sedangkan, *alertness* atau kewaspadaan dalam penelitian ini dikatakan sebagai *weakest predictor*. Efek penurunan *alertness* lebih terlihat pada *driver* yang lebih tua. Dengan mempertimbangkan hasil dari penelitian-penelitian ini, maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah tingkat kesulitan task dan perbedaan realitas dapat mempengaruhi tingkat kewaspadaan dan *stress*.

Berdasarkan definisi yang dikemukakan oleh Dr. Roger W. Pease Jr. ergonomi merupakan suatu aplikasi dari ilmu pengetahuan yang memperhatikan dan mempertimbangkan karakteristik manusia dalam perancangan dan penataan sesuatu yang digunakan sehingga terjadi interaksi yang lebih nyaman dan efektif untuk digunakan antara manusia dengan sesuatu yang digunakan. (Sander &

McCormick, 1987). Sistem kerja merupakan suatu sistem yang terdiri dari manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan. Hal-hal tersebut akan berinteraksi antara satu dengan yang lainnya yang dapat mempengaruhi kinerja dari sistem kerja tersebut (Husein et al., 2009). Pekerjaan repetitif merupakan suatu pekerjaan yang dilakukan berulang kali. Dalam hal ini, sistem kerja untuk pekerjaan repetitif meliputi manusia, lingkungan kerja, alat yang digunakan dalam melakukan pekerjaan, Langkah pengerjaan tugas, dan objek yang dikerjakan.

Berdasarkan definisi sistem kerja yang didapatkan, interaksi antara manusia dengan objek dan lingkungan menjadi suatu hal yang mempengaruhi kinerja yang didapatkan. Penggunaan *virtual reality* dapat memberikan banyak *benefit* dalam dunia industri yang mungkin tidak dapat didapatkan pada dunia nyata. Walaupun teknologi *virtual reality* dewasa ini dapat menyerupai dunia nyata dengan cukup baik, terdapat beberapa perbedaan dan batasan yang terjadi di dalam penggunaan *virtual reality* dan dari beberapa penelitian yang didapatkan, penggunaan *virtual reality* mempengaruhi aspek fisiologis manusia. Hal ini menjadi suatu hal yang perlu untuk diteliti apakah penggunaan *virtual reality* mempengaruhi fisiologis manusia secara signifikan dan dapat mempengaruhi kinerja yang dihasilkan berdasarkan interaksi yang terjadi dalam lingkungan virtual dengan membandingkan sistem kerja dalam lingkungan virtual dengan sistem kerja yang dibuat serupa pada dunia nyata.

Dalam penelitian ini, digunakan metode *between subject design experiment* dikarenakan setiap individu atau partisipan hanya akan melakukan atau diberikan satu jenis *treatment*. Penelitian ini menggunakan *performance measure* berupa *task completion*, *time completion*, dan *percentage error*. Dalam penelitian ini *task difficulty* hanya dibagi menjadi 2 *level* yaitu berat dan ringan. Sehingga, *treatment* yang dilakukan adalah *task* ringan pada RW, *task* berat pada RW, *task* ringan pada VR, dan *task* berat pada VR. Dalam penelitian yang dilakukan kali ini, metode PVT yang akan digunakan adalah PC-PVT 2.0 yang merupakan versi alternatif dari PVT-192 yang menjadi "*gold standard*".

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang dijelaskan diatas, maka untuk penelitian yang dilakukan menggunakan perbedaan tingkat kesulitan pada *task* yang diberikan serta *virtual reality environment* dan *real world environment* sebagai *variable independent*. Untuk variabel dependen yang

digunakan dalam penelitian kali ini adalah hasil kinerja, tingkat kewaspadaan, dan *stress* kerja. Berikut merupakan rumusan masalah yang dibuat.

1. Bagaimana pengaruh faktor realitas dan perbedaan kesulitan *task* untuk *virtual reality* dan *real world* pada hasil kinerja, tingkat kewaspadaan dan stres pada aktivitas simulasi perakitan dan pemindahan objek sektor manufaktur?
2. Bagaimana rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian mengenai *repetitive task* dalam mengembangkan VR untuk digunakan dalam pelatihan untuk *single user* di sektor manufaktur?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Ditentukan beberapa batasan masalah dan asumsi penelitian. Hal ini dilakukan untuk memberikan batasan terhadap hal yang diteliti agar lebih terarah dan berfokus pada tujuan yang ingin dicapai, dan asumsi dilakukan untuk menyederhanakan model penelitian. Berikut ini merupakan batasan masalah yang ditentukan untuk penelitian kali ini.

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan responden berupa dewasa awal dengan rentang umur 18 – 25 tahun dengan mempertimbangkan UU No.13 Tahun 2003 tentang ketenagakerjaan.
2. Pembuatan *environment* dilakukan dengan menggunakan *software* Unity
3. Tugas perakitan dan pemindahan senter yang dilakukan diperuntukkan untuk *single user*.
4. Tugas perakitan dan pemindahan dibuat untuk tugas repetitif dalam industri manufaktur.
5. Responden yang melakukan penelitian merupakan individu yang cukup paham terhadap teknologi
6. Karakteristik pekerjaan atau tugas yang dilakukan merupakan pekerjaan *repetitive*.

Berikut ini merupakan asumsi penelitian yang ditentukan dalam melakukan penelitian kali ini.

1. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara pria dan wanita yang dapat mempengaruhi kinerja.
2. Hal-hal pada dunia nyata yang tidak dapat dibuat di dalam dunia *virtual* akan diabaikan atau diasumsikan sama.

3. Kondisi responden dalam keadaan normal yang dapat mempengaruhi performansi dalam penggunaan teknologi *virtual reality*.
4. Responden dianggap tidak mengalami *cybersickness* selama melakukan aktivitas menggunakan *headmounted display* untuk *virtual reality*.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dibuat berdasarkan perumusan masalah yang telah dibuat. Tujuan penelitian merupakan hal yang ingin dicapai dengan dilakukannya penelitian ini beserta menjadi tolak ukur keberhasilan penelitian ini. Berikut ini merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Mengetahui apakah terdapat pengaruh antara realitas virtual maupun realitas nyata dengan tingkat kesulitan *task* berat atau ringan yang diberikan terhadap tingkat kinerja, tingkat *stress*, dan tingkat kewaspadaan
2. Memberikan rekomendasi penyesuaian sistem kerja pada VR berdasarkan hasil penelitian terhadap tingkat kewaspadaan, *stress*, dan kinerja berdasarkan tingkat kesulitan *task*.

I.5 Manfaat Penelitian

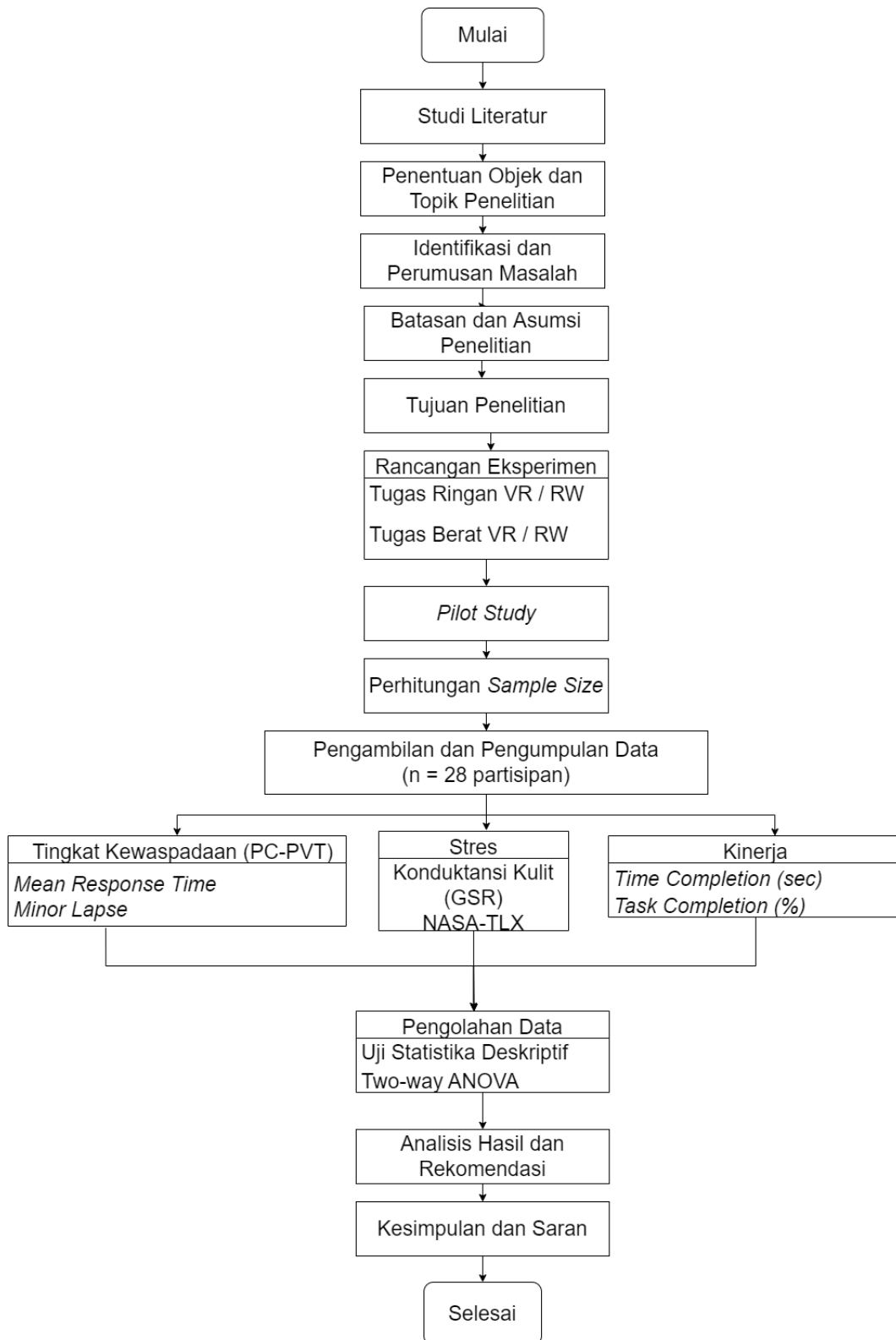
Manfaat dari penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh perbedaan tingkat kesulitan *task* pada kinerja, tingkat kewaspadaan, dan *stress* antara *immersive virtual reality environment* dengan lingkungan fisik nyata. Berikut ini manfaat yang bisa didapatkan oleh pembaca, peneliti, ataupun perusahaan yang ingin menerapkan penggunaan *virtual reality* dalam aspek pelatihan terutama *assembly*.

1. Memberikan pertimbangan peneliti berikutnya terhadap faktor-faktor dalam dunia *virtual* yang berbeda dengan dunia nyata yang mungkin dapat mempengaruhi hasil kinerja, tingkat *stress*, dan tingkat kewaspadaan
2. Menjadi pertimbangan pada perusahaan yang ingin mengadopsi penggunaan VR terutama perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur dalam menentukan jenis *immersive technologies* yang sesuai untuk digunakan dalam aspek atau bidang tersebut.

3. Membantu pembaca memahami lebih dalam mengenai penggunaan *virtual reality* serta manfaat dan penggunaannya untuk kedepannya.
4. Menjadi pertimbangan untuk perusahaan atau organisasi yang ingin mengimplementasikan *virtual reality* dalam perusahaan terutama dalam bidang pelatihan.
5. Membantu bagi pengguna *virtual reality* untuk mengetahui efek yang mungkin terjadi terhadap aspek fisiologis dalam penggunaan *virtual reality*.

I.6 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa langkah dimulai dari studi literatur mengenai topik yang akan diteliti serta penelitian yang telah dilakukan mengenai *virtual reality*, dimulai dari studi literatur yang dilakukan hingga pada penentuan rancangan eksperimen yang akan dilakukan, *metrics* serta metode yang digunakan untuk pengambilan data, metode dan uji yang dilakukan untuk melakukan pengolahan data serta asumsi dasar yang diperlukan untuk melakukan pengujian data yang diinginkan demi menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian, melakukan analisis terhadap hasil pengolahan data, memberi rekomendasi berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan hingga memberikan kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan dan saran terhadap penelitian berikutnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Berikut ini pada Gambar I.3 merupakan *flowchart* langkah-langkah yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian.



Gambar I. 3 Flowchart Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk memberikan pengetahuan awal mengenai penelitian yang sudah dilakukan dan juga kesimpulan-kesimpulan yang didapatkan. Studi literatur dilakukan diawal untuk dapat mengidentifikasi permasalahan dan juga membantu dalam merancang model eksperimen yang akan dilakukan.

2. Penentuan Objek dan Topik Penelitian

Langkah berikutnya yang dilakukan adalah menentukan objek penelitian dan juga topik penelitian. Objek dan topik penelitian perlu dapat ditentukan berdasarkan permasalahan dan juga kebutuhan eksperimen yang ingin dilakukan.

3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap identifikasi dan perumusan masalah dilakukan identifikasi terhadap masalah dan juga objek yang ingin diamati. Dalam hal ini identifikasi masalah yang didapatkan adalah ingin diketahui apakah terdapat perbedaan pada hasil kinerja, tingkat kewaspadaan, dan *stress* yang dihasilkan antara pekerjaan yang dilakukan pada *virtual reality* dengan *real world*, serta apakah perbedaan tingkat kesulitan pada task yang diberikan juga mempengaruhi hasil kinerja, tingkat kewaspadaan, dan *stress* pada manusia. Setelah dilakukan identifikasi masalah maka dibuat perumusan masalah.

4. Batasan dan Asumsi Penelitian

Batasan penelitian ditentukan untuk memberikan batasan guna membantu agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan terfokus pada suatu hal yang ingin dicapai dan tidak terlalu luas. Asumsi penelitian diberikan untuk membantu menyederhanakan model penelitian serta membantu dalam memberikan kesimpulan dan usulan penelitian.

5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan target yang ingin dicapai dari dilakukannya penelitian ini serta hal yang bisa didapatkan dari dilakukan penelitian ini. Tujuan penelitian akan dapat menjawab rumusan masalah yang ada.

6. Rancangan Eksperimen

Rancangan eksperimen yang dilakukan dalam hal ini merupakan rancangan untuk penelitian yang dibuat guna mencapai tujuan penelitian

berdasarkan rumusan masalah yang ada. Dalam hal ini rancangan eksperimen dilakukan dengan menggunakan *between subject design experiment* untuk membandingkan antara *task* ringan *real world* dengan *virtual reality* dan *task* berat *real world* dengan *virtual reality*. Berikut ini pada Tabel I.2 merupakan desain rancangan eksperimen yang akan dilakukan.

Tabel I. 2 Rancangan Desain Eksperimen

2 x 2	<i>Virtual Reality</i> (B1)	<i>Real World</i> (B2)
Tugas ringan (A1)	A1B1p1..p7	A1B2C1p1..p14
Tugas berat (A2)	A2B1p1..p21	A1B2C2p1..p28

Variabel independen pada penelitian kali ini adalah tugas ringan (A1), tugas berat (A2), *virtual reality* (B1) dan *real world* (B2), dan untuk variabel dependen yang digunakan pada penelitian kali ini meliputi tingkat kinerja, PVT, dan GSR, dan data GSR akan didukung dengan skor yang didapatkan berdasarkan NASA-TLX. Pada penelitian yang akan dilakukan kali ini, responden akan diberikan 2 jenis tugas yaitu tugas ringan dan tugas berat. Tugas ringan dan tugas berat dikategorikan berdasarkan dengan waktu dan *effort* yang diberikan untuk menyelesaikan masing-masing *task*. Pada *task* ringan diberikan waktu 10 menit sedangkan pada *task* berat diberikan waktu 5 menit untuk *assembly* 20 buah senter.

7. *Pilot Study*

Pilot study dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui *feasibility* dari eksperimen yang dilakukan serta memberikan gambaran mengenai eksperimen yang dilakukan. *Pilot study* dalam penelitian ini juga digunakan sebagai data awal untuk menghitung jumlah data yang dibutuhkan dalam eksperimen ini.

8. Perhitungan *Sample Size*

Perhitungan *sample size* dilakukan dengan menggunakan Cohen. Perhitungan *sample size* dilakukan untuk mencari tahu jumlah sampel minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi tingkat signifikansi dan *power* yang diinginkan. Dalam hal ini digunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 dengan *power* sebesar 0,8

9. Pengumpulan Data

Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan dengan mencari responden yang bersedia untuk melakukan *task* ringan atau *task* berat baik pada *real world* dan *virtual reality* dengan target responden yang didapatkan sebanyak 7 orang untuk melakukan *task* berat maupun ringan, terdapat 4 *treatment* yang dilakukan sehingga dibutuhkan total 28 orang partisipan. Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan dalam Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi (Lab APK&E) Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan untuk memberikan lingkungan yang identik baik secara *virtual reality* maupun dunia nyata bagi setiap responden.

10. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data secara statistik untuk data-data yang telah didapatkan untuk mendapatkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Pengolahan data dilakukan untuk melihat apakah terdapat pengaruh antara realitas nyata dengan realitas virtual dan faktor tingkat kesulitan *task*. Dilakukan pengolahan data dengan menggunakan uji statistika deskriptif, kemudian dilakukan uji asumsi klasik sebelum melakukan pengujian dengan menggunakan *two-way ANOVA* untuk menguji apakah ada pengaruh antara faktor realitas dan faktor *task* terhadap kinerja, tingkat *stress*, dan tingkat kewaspadaan.

11. Analisis Hasil dan Rekomendasi

Pada tahap ini akan dilakukan analisis mengenai hasil yang dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, faktor-faktor apa saja yang kira-kira mempengaruhi hasil yang didapatkan. Hasil yang didapatkan akan dianalisis dengan membandingkannya terhadap hasil penelitian lain yang telah dilakukan. Pada tahap ini juga akan dilakukan pembuatan rekomendasi berdasarkan hasil penelitian yang didapat.

12. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan diberikan kesimpulan terhadap hasil penelitian berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang dilakukan, serta diberikan saran untuk penelitian-penelitian yang membandingkan *virtual reality* kedepannya.

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berguna sebagai panduan untuk menulis laporan penelitian untuk dapat memberikan rekomendasi penyesuaian sistem untuk jenis pekerjaan *repetitive* pada *virtual reality* berdasarkan tingkat kesulitan *task*. Penulisan akan dibagi menjadi 5 bab yang terdiri atas pendahuluan, tinjauan pustaka, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, dan kesimpulan dan saran. Berikut ini merupakan penjelasan lebih rinci mengenai apa yang akan tertulis pada setiap bab:

BAB I PENDAHULUAN

Diberikan penjelasan mengenai latar belakang penelitian untuk mengetahui pengaruh realitas dan kesulitan *task* terhadap kinerja, tingkat stress, dan tingkat kewaspadaan ketika melakukan pekerjaan *repetitive* untuk dapat memberikan rekomendasi penyesuaian untuk *virtual reality* yang digunakan. Selain itu, pada bagian ini akan diberikan penjelasan mengenai rumusan masalah dan manfaat penelitian yang dapat didapatkan, penjelasan metodologi penelitian hingga sistematika penulisan. Pada bagian ini juga dilakukan studi literatur awal untuk mengetahui permasalahan dan hal yang ingin diketahui melalui penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan dasar-dasar teori singkat yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam bab tinjauan pustaka ini akan dibahas secara singkat teori mengenai *virtual reality*, definisi kinerja, tingkat *stress*, PC-PVT, NASA-TLX, perhitungan *sample size* dengan menggunakan *Cohen*, *Two-way ANOVA* sebagai uji statistik yang digunakan. Pada dasarnya, bab ini akan memberikan teori singkat yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini dan rumus yang akan digunakan dalam pengolahan data yang digunakan.

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisikan penjelasan mengenai seluruh proses dan hasil dari penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini akan dijelaskan mulai dari objek yang digunakan dalam aktivitas perakitan sebagai pekerjaan *repetitif* yang dilakukan. Pada bagian ini juga akan dibahas mengenai pembuatan *environment virtual* dengan

menggunakan *software* Unity, perancangan lingkungan pada realitas nyata, Rincian urutan eksperimen dan estimasi waktu yang diperlukan untuk mengambil 1 buah data, hingga pengolahan data secara statistika deskriptif dan uji pengaruh dengan *two-way ANOVA* serta penjelasan hasilnya.

BAB IV ANALISIS

Berisikan penjelasan mengenai hasil analisis terhadap keseluruhan proses penelitian dan hasil dari pengolahan data yang dilakukan. Pada bagian ini akan dilakukan analisis mengapa hasil yang didapatkan pada pengolahan data memberikan kesimpulan tersebut, analisis batasan yang ada dalam penelitian ini, perbandingan dan analisis dengan penelitian lain yang berkaitan, dan pada bagian ini akan diberikan rekomendasi untuk penyesuaian terhadap sistem untuk pekerjaan repetitif pada *virtual reality* berdasarkan tingkat kesulitan *task* berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan yang akan menjawab rumusan masalah yang ada pada penelitian ini. Kesimpulan akan menjawab apakah ada pengaruh antara realitas dan *task* terhadap kinerja, tingkat *stress*, dan tingkat kewaspadaan, dan rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan. Pada bagian ini juga akan diberikan saran untuk membantu memberikan pertimbangan bagi penelitian-penelitian kedepannya yang berkaitan dengan penelitian ini.