

## DAFTAR ISI

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| HALAMAN JUDUL                                         | i   |
| HALAMAN SETELAH HALAMAN JUDUL                         | ii  |
| HALAMAN PENGESAHAN                                    | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI                             | iv  |
| PRAKATA                                               | v   |
| DAFTAR ISI                                            | vi  |
| DAFTAR TABEL                                          | x   |
| DAFTAR GAMBAR                                         | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN                                       | xiv |
| INTISARI                                              | xv  |
| <i>ABSTRACT</i>                                       | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN                                     | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                    | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                   | 6   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                                 | 6   |
| 1.4 Batasan Penelitian                                | 7   |
| 1.5 Manfaat Penelitian                                | 8   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                               | 9   |
| 2.1 Pelatihan Perakitan di Industri                   | 10  |
| 2.1.1 Kebutuhan pergeseran pelatihan perakitan        | 10  |
| 2.1.2 Kompleksitas tugas perakitan                    | 12  |
| 2.1.3 Indikator kinerja pelatihan perakitan           | 15  |
| 2.2 Gamifikasi di Industri                            | 19  |
| 2.2.1 Konsep gamifikasi di industri                   | 19  |
| 2.2.2 Elemen gamifikasi di industri                   | 22  |
| 2.2.3 Faktor memengaruhi kinerja pelatihan gamifikasi | 23  |
| 2.3 Pengukuran Kognitif dan Neuroergonomi             | 25  |
| 2.3.1 Instrumen pengukuran kognitif                   | 25  |
| 2.3.2 Metode pengukuran neuroergonomi                 | 28  |
| 2.3.3 Indikator pengukuran neuroergonomi kognitif     | 31  |
| 2.3.4 Perkembangan pengukuran neuroergonomi kognitif  | 34  |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4 Peluang Penelitian                                                           | 37        |
| <b>BAB III LANDASAN TEORI</b>                                                    | <b>41</b> |
| 3.1 <i>Skills Rule Knowledge</i> (SRK) pada Kinerja Kognitif Pekerjaan Perakitan | 41        |
| 3.2 Teori Beban Kognitif, Deteksi Sinyal, dan Keterlibatan                       | 43        |
| 3.2.1 <i>Cognitive Load Theory</i> (CLT)                                         | 43        |
| 3.2.2 <i>Signal Detection Theory</i> (SDT)                                       | 44        |
| 3.2.3 <i>Engagement theory</i>                                                   | 45        |
| 3.2.4 Sintesis dan kebaruan integrasi teori                                      | 45        |
| 3.3 Perkembangan dan Pemilihan Elemen Gamifikasi                                 | 46        |
| 3.4 Pelatihan Perakitan Virtual                                                  | 50        |
| 3.5 Konsep Gamifikasi                                                            | 51        |
| 3.6 Kerangka Kerja Pengembangan Gamifikasi Terintegrasi                          | 52        |
| 3.6.1 Tahap analisis kebutuhan                                                   | 55        |
| 3.6.2 Tahap perancangan                                                          | 55        |
| 3.6.3 Tahap penyediaan                                                           | 56        |
| 3.6.4 Tahap penerapan dan evaluasi                                               | 56        |
| <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>                                                  | <b>57</b> |
| 4.1 <i>Framework</i> Penelitian                                                  | 57        |
| 4.2 Tahapan Penelitian                                                           | 58        |
| 4.3 Desain dan Prosedur Eksperimen                                               | 59        |
| 4.3.1 Variabel dan definisi operasional                                          | 59        |
| 4.3.2 <i>Design of Experiment</i> (DoE)                                          | 61        |
| 4.3.3 Paradigma tugas kognitif ( <i>Active Visual Oddball</i> )                  | 64        |
| 4.3.4 Prosedur pelaksanaan eksperimen                                            | 65        |
| 4.3.5 Pengendalian Variabel Perancu dan Validitas Internal                       | 66        |
| 4.4 Partisipan dan Lokasi Penelitian                                             | 68        |
| 4.4.1 Partisipan                                                                 | 68        |
| 4.4.2 Lokasi penelitian                                                          | 70        |
| 4.5 Perangkat Lunak                                                              | 70        |
| 4.5.1 <i>ARCarEngine</i>                                                         | 70        |
| 4.5.2 NBS Presentation                                                           | 75        |
| 4.5.3 OpenBCI GUI                                                                | 75        |
| 4.5.4 MATLAB dan EEGLAB                                                          | 76        |
| 4.5.5 Microsoft Excel                                                            | 76        |
| 4.5.6 JASP versi 0.95.4                                                          | 76        |
| 4.6 Perangkat Keras                                                              | 76        |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6.1 Perangkat komputasi                                                                             | 76  |
| 4.6.2 Perangkat EEG                                                                                   | 77  |
| 4.7 Kuesioner                                                                                         | 78  |
| 4.7.1 <i>Index of Learning Styles (ILS)</i>                                                           | 81  |
| 4.7.2 <i>International Personality Item Pool-Big Five Factor Marker (IPIP-BFM)</i>                    | 85  |
| 4.7.3 <i>Hexad User Types</i>                                                                         | 85  |
| 4.7.4 <i>Rating Scale Mental Effort (RSME)</i>                                                        | 88  |
| 4.7.5 <i>Two-Item Scale</i>                                                                           | 88  |
| 4.7.6 <i>Affective Slider</i>                                                                         | 89  |
| 4.8 Uji reliabilitas dan validitas kuesioner                                                          | 90  |
| 4.8.1 Uji reliabilitas dan validitas ILS                                                              | 92  |
| 4.8.2 Uji reliabilitas dan validitas IPIP-BFM                                                         | 94  |
| 4.8.3 Uji reliabilitas dan validitas <i>Hexad User Types</i>                                          | 95  |
| 4.8.4 Uji reliabilitas dan validitas <i>Two-Item Scale</i>                                            | 97  |
| 4.8.5 Uji reliabilitas dan validitas <i>Affective Slider</i>                                          | 98  |
| 4.9 Teknik Pengolahan dan Analisis Data                                                               | 99  |
| 4.9.1 Pra-pemrosesan data EEG                                                                         | 99  |
| 4.9.2 Ekstraksi fitur                                                                                 | 100 |
| 4.9.3 Uji statistik                                                                                   | 101 |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                                                     | 103 |
| 5.1 Analisis Kinerja Perakitan dan Respons Subjektif                                                  | 103 |
| 5.1.1 Evaluasi kinerja berdasarkan kompleksitas tugas dan perbedaan individu                          | 103 |
| 5.1.2 Dampak interaksi elemen gamifikasi dan perbedaan individu terhadap respons kognitif dan kinerja | 105 |
| 5.1.3 Hubungan antara respons kognitif-keterlibatan emosional dan kinerja perakitan                   | 109 |
| 5.2. Analisis Respons Neurofisiologis (EEG)                                                           | 112 |
| 5.2.1 Daya relatif EEG pada berbagai kondisi                                                          | 112 |
| 5.2.2 Dinamika indeks beban kognitif                                                                  | 112 |
| 5.2.3 Analisis indeks keterlibatan ( <i>EI</i> )                                                      | 113 |
| 5.2.4 Evaluasi <i>Frontal Alpha Asymmetry</i> (FAA)                                                   | 114 |
| 5.2.5 Korelasi kinerja perakitan                                                                      | 115 |
| 5.3 Pembahasan                                                                                        | 116 |
| 5.3.1 Analisis kinerja perakitan, respons subjektif, dan objektif                                     | 116 |
| 5.3.2 Analisis respons neurofisiologis EEG                                                            | 123 |
| 5.3.3 Integrasi hasil antar eksperimen                                                                | 128 |



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Kajian Aspek Kognitif Efektivitas Gamifikasi Pada Pelatihan Perakitan Virtual**

Niko Siameva Uletika, Prof. Ir. Budi Hartono, S.T., MPM., Ph.D., IPU., ASEAN Eng; Dr. Eng. I<sub>IX</sub> Titis Wijayanto, S.T.,  
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.3.4 Kontribusi teoretis | 132 |
| 5.3.5 Kontribusi praktis  | 135 |
| BAB VI                    | 138 |
| PENUTUP                   | 138 |
| 6.1 Kesimpulan            | 138 |
| 6.2 Saran                 | 139 |
| DAFTAR PUSTAKA            | 142 |
| LAMPIRAN                  | 163 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Penilaian Kompleksitas Perakitan (Falck dkk., 2017a)                | 13 |
| Tabel 2.2 Kriteria Kompleksitas Perakitan (Falck dkk., 2017a)                 | 13 |
| Tabel 2.3 Operasionalisasi Kriteria Kompleksitas Tugas Berdasarkan Metode CXB | 15 |
| Tabel 2.4 Metode Pengukuran Pelatihan Perakitan Gamifikasi                    | 17 |
| Tabel 2.5 Parameter Efektivitas Penelitian Pelatihan Perakitan                | 18 |
| Tabel 2.6 Hasil Studi Gamifikasi di Industri                                  | 20 |
| Tabel 2.7 Aktivitas Signifikan Positif Studi Gamifikasi Virtual               | 21 |
| Tabel 2.8 Aktivitas Sebagian Signifikan Positif Studi Gamifikasi Virtual      | 22 |
| Tabel 2.9 Elemen Gamifikasi pada Studi Perakitan dan Aktivitas Lain           | 23 |
| Tabel 2.10 Instrumen Metode Pengukuran Kognitif                               | 27 |
| Tabel 2.11 Pengukuran Neuroergonomi dan Fitur Utama (Mehta dkk., 2013)        | 30 |
| Tabel 2.12 Metode Pengukuran Fisiologi Kognitif dengan EEG                    | 36 |
| Tabel 2.13 Peta Posisi Penelitian Perakitan Gamifikasi Kognitif Fisiologis    | 39 |
| Tabel 3.1 Karakteristik Istilah <i>Game</i> (Darejeh dan Salim, 2016)         | 51 |
| Tabel 4.1 Variabel dan Definisi Operasional Penelitian                        | 61 |
| Tabel 4.2 <i>Design of Experiment 2<sup>3</sup></i>                           | 63 |
| Tabel 4.3 Spesifikasi perangkat komputasi                                     | 77 |
| Tabel 4.4 Ketersediaan Instrumen Penelitian Berbahasa Indonesia               | 79 |
| Tabel 4.5 Kode dan Item ILS                                                   | 82 |
| Tabel 4.6 Tipe Kepribadian, Definisi, Coding dan Item IPIP-BFM.               | 86 |
| Tabel 4.7 Definisi dan Item <i>Hexad User Types</i>                           | 87 |
| Tabel 4.8 Indeks Batas Minimum Model Fit Jumlah Responden Kurang dari 250     | 91 |
| Tabel 4.9 Reliabilitas dan Validitas Instrumen                                | 92 |
| Tabel 4.10 Uji Reliabilitas ILS                                               | 93 |
| Tabel 4.11 ILS Model Fit (CFA)                                                | 94 |
| Tabel 4.12 Uji Reliabilitas IPIP-BFM                                          | 94 |
| Tabel 4.13 IPIP-BFM Model Fit (CFA)                                           | 95 |
| Tabel 4.14 Uji Reliabilitas <i>Hexad User Types</i>                           | 95 |
| Tabel 4.15 Uji Validitas <i>Factor Loading</i> (EFA) <i>Hexad User Types</i>  | 96 |
| Tabel 4.16 <i>Hexad User Types</i> Model Fit                                  | 96 |



|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.17 Uji Reliabilitas <i>Two-Item Scale</i>                          | 97 |
| Tabel 4.18 Uji Validitas <i>Factor Loading</i> (EFA) <i>Two-Item Scale</i> | 97 |
| Tabel 4.19 <i>Two-Item Scale</i> Model Fit                                 | 98 |
| Tabel 4.20 Uji Reliabilitas <i>Affective Slider</i>                        | 98 |
| Tabel 4.21 <i>Affective Slider Factor Loadings</i> (EFA)                   | 98 |
| Tabel 4.22 <i>Affective Slider Model Fit</i>                               | 98 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2.1 Studi Pengaruh Negatif Penambahan Elemen Gamifikasi                                   | 24  |
| Gambar 2.2 Faktor Yang Memengaruhi Kinerja Pelatihan Gamifikasi                                  | 25  |
| Gambar 2.3 Waktu dan Metode Pengukuran Beban Kerja Kognitif                                      | 27  |
| Gambar 2.4 Lokasi Kanal Pengukuran Beban Kognitif                                                | 32  |
| Gambar 2.5 Lokasi Kanal Pengukuran Keterlibatan Kognitif                                         | 33  |
| Gambar 2.6 Lokasi Kanal Pengukuran Keterlibatan Emosional                                        | 33  |
| Gambar 3.1 SRK dan Keterampilan Pekerja Perakitan                                                | 43  |
| Gambar 3.2 Taksonomi Gamifikasi Edukasi (Toda dkk., 2019)                                        | 47  |
| Gambar 3.3 Elemen Gamifikasi yang Menghasilkan Kinerja Negatif                                   | 48  |
| Gambar 3.4 Teknologi xR di Lingkungan Perakitan (Fast-Berglund dkk., 2018)                       | 50  |
| Gambar 3.5 Tahapan Pengembangan Gamifikasi RUP (Herzig dkk., 2015).                              | 53  |
| Gambar 4.1 <i>Framework</i> Penelitian                                                           | 57  |
| Gambar 4.2 Tahapan Penelitian                                                                    | 58  |
| Gambar 4.3 <i>Design of Experiment</i>                                                           | 64  |
| Gambar 4.4 <i>Active Visual Oddball</i>                                                          | 64  |
| Gambar 4.5 Prosedur Penelitian                                                                   | 65  |
| Gambar 4.6 Prosedur Eksperimen Utama                                                             | 67  |
| Gambar 4.7 Situasi eksperimen                                                                    | 70  |
| Gambar 4.8 Surat Pencatatan Ciptaan Aplikasi <i>ARCarEngine</i>                                  | 72  |
| Gambar 4.9 Tampilan <i>ARCarEngine</i>                                                           | 73  |
| Gambar 4.10 Perlengkapan Ganglion 4 Kanal                                                        | 78  |
| Gambar 4.11 Langkah Adaptasi Instrumen Psikologis                                                | 80  |
| Gambar 4.12 Adaptasi RSME (Widyanti dkk., 2013)                                                  | 88  |
| Gambar 4.13 <i>Two-Item Scale</i>                                                                | 89  |
| Gambar 4.14 <i>Affective Slider</i>                                                              | 89  |
| Gambar 4.15 Alur pengolahan sinyal EEG (Atici-ulusu, dkk., 2019; Mijović, dkk., 2019)            | 99  |
| Gambar 5.1 Pengaruh kompleksitas perakitan terhadap. a. waktu perakitan, dan b. skor perakitan   | 104 |
| Gambar 5.2 Pengaruh poin, rencana, dan kompleksitas pada (a) waktu perakitan; (b) skor perakitan | 106 |
| Gambar 5.3 Pengaruh elemen gamifikasi dan kompleksitas terhadap kognitif                         | 107 |

|                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5.4 Analisis korelasi kinerja dengan: (a) jumlah respons salah, (b) waktu respons, (c) beban kognitif, (d) keterlibatan kognitif, dan (e) keterlibatan emosional.                                                                | 110 |
| Gambar 5.5 Perubahan kognisi dan emosi selama tugas repetitif                                                                                                                                                                           | 111 |
| Gambar 5.6 Tren kinerja di seluruh tugas repetitif                                                                                                                                                                                      | 111 |
| Gambar 5.7 Daya relatif EEG (%) (a) Pz pada <i>band</i> alfa, beta, dan teta untuk tanpa poin vs poin; (b) Pz pada <i>band</i> delta untuk tanpa poin vs poin; dan (c) F3 pada <i>band</i> beta untuk tugas sederhana vs tugas kompleks | 113 |
| Gambar 5.8 Pengaruh lencana dan kompleksitas pada indeks beban kognitif                                                                                                                                                                 | 113 |
| Gambar 5.9 Pengaruh lencana dan kompleksitas pada keterlibatan kognitif                                                                                                                                                                 | 114 |
| Gambar 5.10 Pengaruh poin dan kompleksitas pada keterlibatan emosional                                                                                                                                                                  | 115 |
| Gambar 5.11. Korelasi antara indikator elektrofisiologis dan waktu perakitan. (a) Daya relatif alfa sentral (alfa Cz); (b) <i>Frontal Alpha Asymmetry</i> .                                                                             | 116 |