

INTISARI

Kemajuan teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) dalam industri manufaktur menuntut ketersediaan operator yang terampil. Namun, kebutuhan tersebut sering kali terhambat oleh berbagai tantangan dalam proses pelatihan. Sebagai solusi, teknologi *Augmented Reality* (AR) menawarkan potensi besar dalam pelatihan pengoperasian khususnya mesin CNC TU 3A melalui pengalaman visualisasi dan interaksi. Studi-studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa teknologi AR dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan motivasi dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan suatu media pelatihan yang efektif untuk menjembatani kesenjangan keterampilan antara teori dan praktik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi serta menyempurnakan versi awal atau v1 dari media pelatihan berbasis AR yang telah dirancang oleh Mukti (2024) dengan fokus pada pengalaman pengguna. Tujuan akhir dari pengembangan ini adalah untuk meningkatkan efektivitas pelatihan, khususnya dalam meningkatkan performa operator pemula dalam mengoperasikan mesin secara lebih efisien dan akurat. Proses pengembangan diawali dengan melakukan *expert judgment* menggunakan sepuluh prinsip heuristik Nielsen untuk mengevaluasi aspek permasalahan *usability*. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dilakukan pengembangan ulang yaitu dengan memanfaatkan perangkat lunak Unity, Blender, dan Vuforia. Hasil pengembangan AR terbaru atau v2 kemudian dilakukan uji pengalaman pengguna untuk mengetahui apakah AR v2 tersebut memiliki pengalaman pengguna yang baik. Kemudian untuk mengetahui performa operator berdasarkan pelatihan AR dilakukan uji *A/B testing* yaitu membandingkan AR v1 dan AR v2. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat perbedaan dalam waktu siklus operasi, tingkat kesalahan pemotongan, serta tingkat motivasi operator.

Kualitas pengalaman pengguna pada media AR v2 terbukti sangat baik, sebagaimana divalidasi melalui hasil pengujian menggunakan *User Experience Questionnaire-Short* (UEQ-S), dengan nilai rata-rata aspek pragmatis sebesar 1,917 dan aspek hedonis sebesar 2,073, keduanya menunjukkan persepsi yang sangat positif dari pengguna. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan AR v2 secara signifikan mampu meningkatkan performa operator pemula dibandingkan dengan versi sebelumnya. Peningkatan ini tercermin dari penurunan rata-rata waktu siklus sebesar 50,17 detik, penurunan tingkat kesalahan pengoperasian sebanyak 9 poin, serta peningkatan skor motivasi sebesar 1,44 poin. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan media pelatihan AR dengan fokus yang kuat pada kualitas pengalaman pengguna merupakan strategi yang efektif dan terukur dalam meningkatkan kompetensi serta kesiapan kerja operator mesin CNC TU 3A.

Kata kunci: AR, Pengalaman Pengguna, Waktu Siklus, Tingkat Kesalahan, Motivasi.

ABSTRACT

The advancement of Computer Numerical Control (CNC) technology in the manufacturing industry demands the availability of skilled operators. However, this need is often hampered by various challenges in the training process. As a solution, Augmented Reality (AR) technology offers great potential in operation training specifically TU 3A CNC machines through visualization and interaction experiences. Previous studies have shown that AR technology can improve efficiency, accuracy, and motivation in the learning process. Therefore, an effective training medium is needed to bridge the skills gap between theory and practice.

This research aims to evaluate and improve the initial version or v1 of the AR-based training media designed by Mukti (2024) with a focus on user experience. The ultimate goal of this development is to increase the effectiveness of training, especially in improving the performance of novice operators in operating machines more efficiently and accurately. The development process began with expert judgment using Nielsen's ten heuristic principles to evaluate aspects of usability issues. Based on the evaluation results, a redevelopment was carried out by utilizing Unity, Blender, and Vuforia software. The results of the latest AR development or v2 are then carried out a user experience test to find out whether the AR v2 has a good user experience. Then to find out the operator's performance based on AR training, A/B testing is carried out, namely comparing AR v1 and AR v2. This comparison aims to see the difference in operation cycle time, cutting error rate, and operator motivation level.

The quality of user experience in the AR v2 media proved to be very good, as validated through test results using the User Experience Questionnaire-Short (UEQ-S), with an average value of the pragmatic aspect of 1.917 and the hedonic aspect of 2.073, both indicating very positive perceptions from users. The analysis showed that the use of AR v2 significantly improved the performance of novice operators compared to the previous version. This improvement is reflected in a decrease in the average cycle time by 50.17 seconds, a decrease in the operating error rate by 9 points, and an increase in the motivation score by 1.44 points. These findings confirm that the development of AR training media with a strong focus on the quality of user experience is an effective and scalable strategy in improving the competence and work readiness of TU 3A CNC machine operators.

Keywords: AR, User Experience, Cycle Time, Error Rate, Motivation.