

TRANSFORMASI DESAIN FESYEN VIRTUAL 3D DENGAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE LUMA

Ajeng Atma Kusuma¹⁾, Rizka Sarah Heydarina Fathima Ahsan^{*2)}, Nurul Hidayati³⁾, Agus Sunandar⁴⁾, Sri Eko Puji Rahayu⁵⁾, Rizki Yulianingrum Pradani⁶⁾

1. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia
2. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia
3. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia
4. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia
5. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia
6. Program Studi Desain Mode, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Artificial Intelligence; LUMA; virtual 3D; sustainable fashion; transformasi digital.

Keywords: Artificial Intelligence; LUMA; virtual 3D; sustainable fashion; transformasi digital.

Article history:

Received 29 July 2025

Revised 15 August 2025

Accepted 29 August 2025

Available online 1 September 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v10i3.8885>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

Rizka.ahsan.fv@um.ac.id

ABSTRAK

Industri fesyen masih banyak yang belum menerapkan prinsip keberlanjutan baik dari segi produksi maupun hasil produk. Tujuan pemanfaatan teknologi artificial intelligence LUMA untuk membantu mengubah desain fesyen dari model 2D statis ke model 3D bergerak yang outputnya berupa video virtual show. Hal ini merupakan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi produksi dan prinsip fashion yang berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan metode mixed metode, pengambilan data kualitatif menggunakan observasi, dokumentasi, dan wawancara terstruktur yang dilakukan pada dua puluh tiga fesyen desainer yang tergabung dalam anggota IFC Chapter Malang. Metode kuantitatif digunakan untuk validasi hasil desain LUMA yang dilakukan oleh validator ahli menggunakan angket dengan skala likert. Proses digitalisasi desain dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap, dimulai dengan analisis tren, mind mapping dan storyboard, moodboard digital, ilustrasi digital menggunakan Ibispaint dan teknologi LUMA untuk mengubah gambar visual menjadi video 3D, total waktu keseluruhan yang dibutuhkan hanya sekitar 56 menit. Hasil video LUMA menampilkan visual 3D yang realistis seperti model berjalan di atas runway dengan tidak merubah desain awal. Keuntungan lain adalah proses revisi desain dapat dilakukan dengan mudah tanpa menghasilkan limbah material. Video desain hasil generate LUMA juga dapat dijadikan sebagai digital sample produksi untuk komunikasi dengan konsumen secara efektif dan efisien. Teknologi LUMA mrnunjukkan dapat digunakan dalam desain fesyen untuk mempercepat siklus produksi, meningkatkan kualitas visual, dan mendukung prinsip keberlanjutan dengan mengurangi limbah tekstil dan kertas. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini dapat menjadi pilihan yang tepat bagi pelaku industri fesyen untuk beralih ke proses produksi yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan.

ABSTRACT

There are still many fashion industries that have not applied the principle of sustainability both in terms of production and product results. The purpose of utilizing LUMA's artificial intelligence technology is to help change fashion design from static 2D models to mobile 3D models whose output is in the form of virtual show videos. It is an innovative solution to improve production efficiency and sustainable fashion principles. This study uses a mixed method method, qualitative data collection using observation, documentation, and structured interviews conducted on twenty-three fashion designers who are members of the IFC Malang Chapter. Quantitative methods were used to validate the results of LUMA design carried out by expert validators using a questionnaire with a Likert scale. The process of digitizing the design in this study was carried out in stages, starting with trend analysis, mind mapping and storyboard, digital moodboard, digital illustration using Ibispaint and LUMA technology to convert visual images into 3D videos, the total total time needed is only about 56 minutes. The LUMA video results show realistic

3D visuals such as a model walking on the runway without changing the initial design. Another advantage is that the design revision process can be done easily without generating material waste. The design video generated by LUMA can also be used as a digital production sample for effective and efficient communication with consumers. LUMA technology can be used in fashion design to speed up the production cycle, improve visual quality, and support sustainability principles by reducing textile and paper waste. The results show that this technology can be the right choice for fashion industry players to switch to a more cost-effective and environmentally friendly production process.

I. PENDAHULUAN

INDUSTRI *fashion* mengalami perkembangan yang sangat pesat dan berdampak pada perekonomian [1]. Industri *fashion* terus berkembang sesuai dengan tren global yang menuntut kualitas, kecepatan, dan efisiensi [2]. Hal ini kurang selaras dengan pelaku Industri fesyen skala UMKM di Indonesia khususnya di Kota Malang yang masih mengandalkan metode konvensional dalam pembuatan produksi pakaian khususnya dalam proses pembuatan desain dan sample produk. Proses tersebut melibatkan pembuatan sample produk fisik yang berulang dan membutuhkan banyak waktu, biaya dan sumber daya manusia yang cukup besar, serta berpotensi menimbulkan limbah tekstil yang signifikan [3]. Hal ini juga bertentangan dengan prinsip keberlanjutan yang menjadi tuntutan Industri modern. Metode konvensional memiliki beberapa keterbatasan antara lain dari segi efisiensi, jika terjadi perubahan desain setelah sampel selesai maka memerlukan pembuatan ulang sampel fisik yang membutuhkan waktu cukup lama sehingga menghambat respon cepat terhadap perubahan tren pasar. Proses ini juga membutuhkan biaya produksi tinggi akibat penggunaan bahan dan tenaga kerja berulang. Kedua, dari aspek keberlanjutan, metode konvensional cenderung menghasilkan limbah tekstil dalam jumlah besar berupa sisa potongan kain, sampel salah yang tidak terpakai, hingga mockup produk yang akhirnya terbuang. Hal ini bertolak belakang dengan prinsip sustainable fashion yang menuntut minimnya limbah dan optimalisasi penggunaan sumber daya. Ketiga, dari segi skalabilitas, metode konvensional sulit beradaptasi untuk memenuhi permintaan pasar yang memiliki variasi desain tinggi, karena setiap desain baru harus melalui tahapan produksi fisik yang cukup panjang. Kondisi ini menjadi penghambat bagi UMKM yang ingin bersaing di pasar global yang menuntut kecepatan, fleksibilitas dan inovasi.

Beberapa penelitian terdahulu memberikan alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti potensi penerapan teknologi digital seperti 3D dan artificial intelligence (AI) dalam mempercepat proses desain dan mengurangi biaya produksi [4] [5] [6]. Penelitian tersebut umumnya berfokus pada pengenalan teknologi atau manfaatnya secara umum dan kurang menyajikan analisis empiris yang mendalam terkait penerapan artificial intelligence khususnya LUMA AI berbasis 3D dalam konteks UMKM fesyen. Peneliti terdahulu menjelaskan bahwa integrasi teknologi digital dalam proses bisnis esensial untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing UMKM [7]. Dengan demikian, terdapat kesenjangan yang perlu diisi oleh peneliti lain yang mengintegrasikan aspek efisiensi, keberlanjutan, dan daya saing global secara simultan dalam konteks Industri fesyen berskala kecil dan menengah di Indonesia [8]. Selain itu, teknologi artificial intelligence terutama dalam pembuatan desain, memiliki potensi signifikan untuk mempercepat proses produksi dan dapat menggantikan kebutuhan pembuatan sampel fisik, serta memberikan visualisasi desain yang dapat langsung dipresentasikan kepada konsumen [4][6]. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu menguji secara konkret penerapan teknologi artificial intelligence untuk transformasi desain fesyen virtual 3D pada UMKM fesyen di Kota Malang, dan juga mengetahui kontribusinya terhadap percepatan produksi dan penerapan prinsip keberlanjutan dalam fesyen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis bagi pengembangan literatur tentang fesyen berbasis artificial intelligence di Indonesia, serta menyajikan model implementasi praktis yang dapat diadopsi oleh pelaku UMKM fesyen untuk meningkatkan daya saing di pasar domestik maupun internasional [9].

Seiring perkembangan teknologi, penggunaan artificial intelligence dalam desain pakaian mulai menjadi trend [10]. Pada penelitian ini memilih teknologi artificial intelligence LUMA yang dapat merubah desain statis menjadi bentuk 3D dan dapat bergerak berjalan di *runway* seperti professional model yang sedang *fashion show*. Pembuatan desain fesyen dengan menggunakan teknologi LUMA, selain mendapatkan visual bagus juga dapat menghemat waktu serta tidak perlu membuat sampel produk lagi untuk menawarkan produk yang akan dijual. Hal ini tentu berdampak terhadap *sustainable goals* yang menjadi tuntutan bagi setiap produsen pakaian. Industri fesyen masih banyak yang belum menerapkan prinsip keberlanjutan baik dari segi produksi maupun hasil produk [11]. Terbukti pada penelitian ini yang dilakukan di 23 responden yang merupakan fesyen desainer UMKM di Kota Malang

(anggota IFC Chapter Malang) banyak belum menerapkan *sustainable fashion* khususnya pada saat proses produksi. Namun demikian, produk yang dihasilkan oleh desainer tersebut sudah menerapkan prinsip *sustainable fashion*, pemilihan bahan produk pakaian yang ramah lingkungan, penggunaan bahan ecoprint, kualitas produk yang tahan lama, sampai pemilihan *accessories* dan *packaging* juga diperhitungkan. Permasalahan membutuhkan perhatian khusus adalah pada rangkaian produksinya karena masih menggunakan metode konvensional membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih lama dan limbah yang dihasilkan juga masih cukup banyak. Solusi yang diberikan peneliti salah satunya dengan cara merubah proses desain yang selama ini dilakukan para desainer fesyen secara konvensional menjadi berbasis digital menggunakan bantuan teknologi *artificial intelligence*. Proses pembuatan desain fesyen menggunakan teknologi *artificial intelligence* akan lebih cepat, efektif, tampilan visualnya lebih bagus dan dapat memotong rangkaian produksi khususnya pada saat proses pembuatan sample produk yang ditawarkan ke pembeli. Menurut penelitian terdahulu penerapan teknologi AI dalam desain pakaian dapat mempersingkat proses produksi dan menjadi efisien karena kualitas produk yang dihasilkan lebih maksimal [12]. Namun, adopsi teknologi seperti LUMA masih menghadapi beberapa tantangan di Indonesia. Beberapa di antaranya adalah kurangnya infrastruktur teknologi dan kurangnya pengetahuan teknis di kalangan pelaku industri fesyen.

Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa masih banyak produsen fesyen di Indonesia khususnya industri skala UMKM (Usaha Mikro, Kecil dan Menengah) yang masih menggunakan metode konvensional, yang relatif membutuhkan waktu dan tenaga lebih banyak sehingga kesulitan untuk mengikuti persaingan global. Terdapat kesenjangan yang signifikan antara kemajuan teknologi dan metode konvensional yang diterapkan dalam industri ini, sehingga meningkatkan urgensi untuk melakukan transformasi dari metode konvensional ke metode yang lebih modern [13]. Peneliti lain juga menunjukkan bahwa menggunakan teknologi *artificial intelligence* dalam desain pakaian dapat membantu bisnis menjadi lebih kompetitif di pasar global. Sebagai contoh, meskipun tidak ditemukan referensi yang tepat berkenaan dengan angka spesifik, teknologi 3D dan *artificial intelligence* secara umum dalam industri fashion diyakini berpotensi untuk meningkatkan efisiensi produksi, termasuk waktu yang diperlukan dalam proses tersebut [6].

Penelitian lebih lanjut menjelaskan bahwa teknologi berbasis kecerdasan buatan telah menunjukkan pengaruh besar pada desain produk. Beberapa studi menyimpulkan bahwa penggunaan teknologi *artificial intelligence* dalam desain pakaian dapat memungkinkan pengembangan desain adaptif secara otomatis dan dapat menyesuaikan tren mode berdasarkan data historis, meskipun tidak semua sumber menyatakan bahwa teknologi *artificial intelligence* sebagai satu-satunya faktor keberhasilan desain tersebut [14]. Kebutuhan desain model 3D yang berkualitas tinggi membutuhkan teknik rendering yang canggih dengan mempertimbangkan aspek kecepatan yang tinggi. Walaupun belum terdapat referensi spesifik di industri fesyen, hal ini menunjukkan bahwa teknologi ini memungkinkan desainer untuk membuat sampel digital tanpa menggunakan bahan fisik, yang dapat mengurangi biaya produksi. Peneliti lain juga mengemukakan bahwa visualisasi 3D dapat meningkatkan komunikasi antara tim desain dan produksi, sehingga mengurangi kemungkinan kesalahan selama proses produksi [15]. Secara keseluruhan, perubahan ke teknologi *artificial intelligence* di industri pakaian tidak hanya berdampak pada efisiensi dalam proses produksi tetapi juga berpotensi untuk memodernisasi desainer dalam berinteraksi dan berkolaborasi dengan teknologi. Penerapan *artificial intelligence* dalam desain dapat membuka peluang baru bagi para produsen pakaian Indonesia untuk bersaing, baik di tingkat domestik maupun global, dan menerapkan pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam pemanfaatan sumber daya [16].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods dan bertujuan untuk mempelajari secara mendalam transformasi desain fesyen virtual 3D dengan teknologi *artificial intelligence* LUMA untuk mencapai prinsip fesyen yang berkelanjutan. Untuk memberikan gambaran komprehensif fenomena yang dikaji, penelitian ini mengintegrasikan data kualitatif dan kuantitatif. Tiga metode utama yang digunakan untuk pengumpulan data kualitatif berupa dokumentasi proses desain, wawancara terstruktur dan observasi mendalam. Desainer yang tergabung dalam asosiasi Indonesian Fashion Chamber (IFC) Chapter Malang diwawancarai untuk mendapatkan pemahaman tentang persepsi dan pengalaman mereka dengan teknologi LUMA. Sementara observasi mendalam dilakukan untuk mengidentifikasi dinamika dan praktik yang berlangsung selama proses pembuatan desain. Selain itu, dokumentasi digunakan untuk mengevaluasi hasil karya desain para desainer.

Pendekatan triangulasi digunakan untuk mengintegrasikan data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif dari wawancara dan observasi dianalisis bersamaan dengan data kuantitatif dari penilaian visual hasil LUMA AI yang dilakukan oleh validator ahli. Dalam analisis ini, data kualitatif akan dihubungkan dengan hasil kuantitatif untuk membangun pemahaman yang lebih holistik terhadap efisiensi waktu, kualitas visual dan penerapan prinsip

keberlanjutan dalam produksi fesyen. Triangulasi ini penting untuk memastikan validitas temuan. Data kualitatif akan menjadi alat untuk konfirmasi atau penjelasan dari data kuantitatif yang diperoleh dari instrument penilaian.

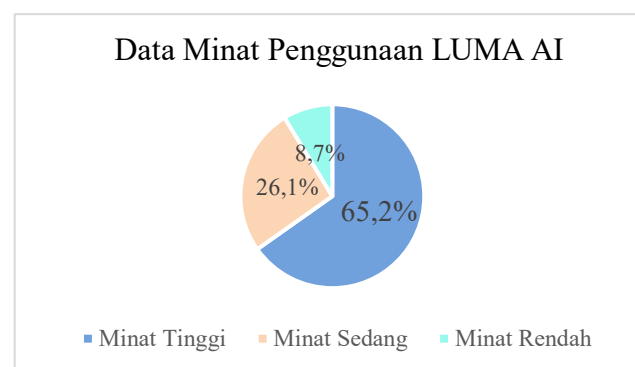
Penilaian visual hasil desain menggunakan LUMA AI dilakukan oleh validator ahli yang telah dipilih berdasarkan kriteria spesifik, terukur dan relevan terhadap bidang keahlian guna menjamin objektivitas dan validitas hasil evaluasi. Kriteria pemilihan validator meliputi latar belakang Pendidikan di bidang desain fesyen, pengalaman kerja yang relevan di Industri fesyen, serta keahlian dalam penilaian kualitas visual dan estetika. Validator harus memiliki pengalaman minimal sepuluh tahun dalam industri fesyen dan akademik fesyen untuk menjamin kompetensi mereka dalam menilai desain yang dihasilkan oleh teknologi LUMA. Justifikasi pemilihan ini bertujuan untuk memastikan bahwa penilaian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan dan akurat.

Instrumen penelitian yang digunakan untuk penilaian hasil desain 3D LUMA oleh validator ahli pada penelitian ini telah melalui uji validitas dan reliabilitas untuk memastikan keakuratannya dalam mengukur variable yang diteliti. Uji validitas dilakukan melalui validitas konstruk menggunakan analisis Pearson Product Moment dan validitas isi dengan membandingkan butir instrument terhadap kisi-kisi indikator penelitian. Uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan koefisien Cronbach Alpha dengan bantuan IBM SPSS Statistics 31. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh butir instrumen memenuhi kriteria validitas dan memiliki nilai Cronbach Alpha di atas 0,482 sehingga dinyatakan layak dan konsisten digunakan dalam pengumpulan data.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Masalah dan Analisis Kebutuhan

Tahapan awal pada penelitian dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara terstruktur dengan 23 responden yang merupakan desainer fesyen anggota IFC Chapter Malang, sebuah asosiasi profesional desainer fesyen Indonesia. Tujuan observasi adalah untuk mengetahui proses pembuatan desain fesyen yang dilakukan responden dan seberapa sering teknologi *artificial intelligence* khususnya LUMA, digunakan dalam prosesnya. Studi menunjukkan bahwa sebagian besar responden masih menggunakan metode konvensional, yang mencakup proses manual mulai dari analisis tren menggunakan prediksi tren, eksplorasi bentuk, hingga finalisasi desain. Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu desain adalah dua belas hari, yang menunjukkan bahwa proses ini masih dianggap lama dan tidak efisien. Wawancara terstruktur dilakukan pada 23 responden, 12 responden tetap menggunakan metode manual selama seluruh tahapan desain, dan 11 responden mulai menggunakan teknologi digital seperti Ibispaint, tetapi desain mereka masih dalam format 2D. Ini menunjukkan bahwa proses digitalisasi belum ideal dan masih membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Hasilnya menunjukkan bahwa untuk mempercepat dan menyederhanakan proses desain secara lebih efisien dan berkelanjutan, metode pembuatan desain berbasis *artificial intelligence* dapat dimanfaatkan. Wawancara juga dilakukan kepada responden untuk mengetahui minat awal mempelajari teknologi *artificial intelligence* LUMA AI untuk pembuatan desain fesyen, hasilnya pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Lingkaran Minat Penggunaan LUMA AI

Gambar 1 menjelaskan bahwa dari 23 responden yang menyatakan memiliki minat tinggi untuk mempelajari pembuatan desain menggunakan LUMA AI sebanyak 65,2% . Responden yang memiliki minat sedang sebanyak 26,1% dan yang memiliki minat rendah sebanyak 8,7%. Berdasarkan data tersebut peneliti ingin membuat pemahaman terhadap responden secara terstruktur detail proses pembuatan desain fesyen menggunakan teknologi digital dan *artificial intelligence* agar responden memiliki minat yang lebih tinggi. Tahapan pembuatan desain fesyen secara global dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Desain Fesyen Konvensional

Gambar 2 menjelaskan tahapan yang dilakukan responden dalam pembuatan desain fesyen secara konvensional, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk tahap satu sampai tahap enam adalah dua belas hari. Tahap pertama, analisis tren dilakukan berdasarkan hasil riset pasar dan *fashion trend forecasting* 2025/2026. Selanjutnya, dibuat peta pikiran untuk membuat kerangka konsep berdasarkan tren, dan pada tahap ketiga, studi benchmark, storyboard, dan moodboard digunakan untuk mengembangkan ide. Tahap selanjutnya adalah pembuatan desain sketsa, pada tahap ini ilustrasi dibuat secara manual, termasuk *fashion* figur, bentuk busana, pewarnaan, detail motif, dan aksesoris. Pada tahap kelima, gambar dibuat secara digital menggunakan perangkat lunak seperti Ibispaint, yang menghasilkan desain 2D statis. Tahap akhir adalah evaluasi desain untuk memastikan konsep sesuai, kemudian finalisasi dan perbaikan apabila ada kesalahan. Berikut ini adalah contoh desain yang biasa digunakan oleh responden.



Gambar 3. Contoh Hasil Desain Responden Penelitian

Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil desain dari 12 responden yang digunakan di Industrinya berupa sketsa desain yang dibuat secara manual dan hasil desain dari 11 responden berupa digital desain dalam bentuk 2D yang dibuat menggunakan Ibispaint mobile. Proses pembuatan desain fesyen secara konvensional memerlukan waktu rata-rata dua belas hari. Proses ini menyita waktu yang cukup lama karena jika dilanjutkan dengan proses pembuatan *pattern*, *sewing* sampai *finishing* total waktu yang dibutuhkan untuk satu desain sekitar tiga puluh hari [35] [36]. Hal ini sejalan dengan pemahaman bahwa tahapan awal dalam desain sangat penting dalam mengatasi dampak lingkungan dan sosial, yang pada akhirnya mempengaruhi efektivitas proses desain secara keseluruhan [37]. Hambatan lain yang ditemukan adalah lamanya proses pencarian ide dan penyusunan storyboard, serta waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan sketsa manual. Peneliti lain menjelaskan bahwa kesulitan dalam mengeksplorasi dan mengembangkan kreativitas ketika mendesain bisa dihubungkan dengan kebutuhann untuk sumber inspirasi yang baik, beberapa kasus mengalami kesulitan untuk mencapai hal ini [38]. Revisi desain sering kali menghasilkan limbah berupa kertas bekas yang tidak terpakai, yang berdampak terhadap banyaknya limbah yang dihasilkan [39]. Kesulitan dalam mengevaluasi kesesuaian konsep secara visual juga memperpanjang waktu proses desain. Temuan pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode desain konvensional kurang mendukung *sustainable fashion*, baik dari aspek waktu, pemanfaatan sumber daya, maupun limbah yang dihasilkan [40]. Maka dari itu dibutuhkan transformasi digital dalam proses desain yang lebih efisien, cepat dan ramah lingkungan untuk menjawab tantangan dunia fesyen di era Industri global saat ini. Hal ini sejalan dengan penelitian lain yang

menjelaskan bahwa digitalisasi diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi, mempercepat proses, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan [41][42].

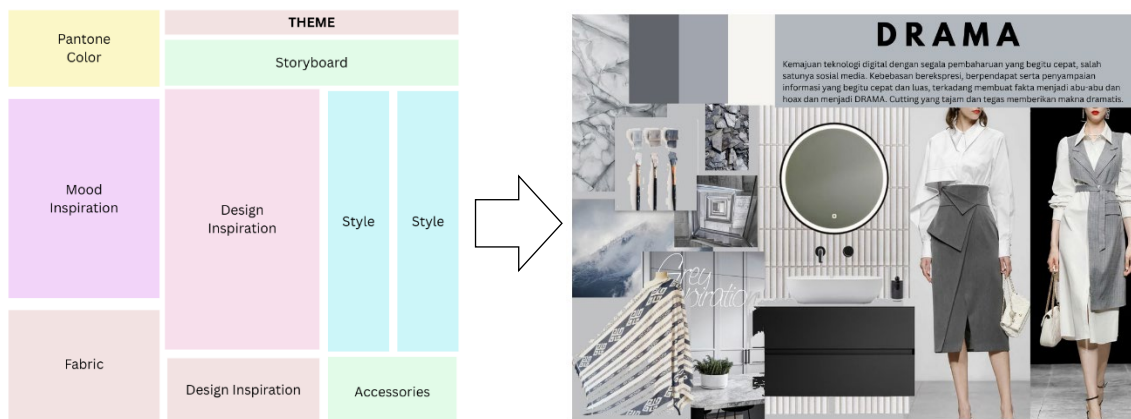
B. Pengembangan Model Desain 3D

Tahap pertama dalam pembuatan desain fesyen adalah analisis *trend*, tahapan ini juga diperlukan dalam pembuatan desain secara 3D. Analisis *trend* yang paling mudah menggunakan buku *trend forecast* IFC FTF, ini merupakan buku *trend* fesyen disusun asosisasi desainer Indonesia melalui berbagai riset fashion untuk mengetahui *trend* fesyen yang akan datang. Setelah analisis *trend* tahap selanjutnya adalah menyusun *mind mapping*. *Mind mapping* dirancang untuk mengorganisasikan ide, memetakan keterkaitan antar komponen desain dan mempermudah pengembangan tema dan *storyboard*. Proses mengolah data dari *mind mapping* menjadi tema inspirasi dan *storyboard* menggunakan bantuan teknologi *artificial intelligence* ChatGPT. Pada penelitian ini telah melakukan ujicoba prompt sebanyak dua belas kali sampai menemukan prompt yang tepat untuk merumuskan tema dan *storyboard* yang sesuai dengan konsep *mind mapping*. Hasil prompt dicantumkan secara lengkap pada gambar 3. Waktu yang dibutuhkan untuk mencari tema dan *storyboard* dengan bantuan ChatGPT cukup singkat yaitu 1 menit dari proses memasukkan *mind mapping* sampai hasil generate. Gambar 3 menjelaskan proses dari pengambilan tema besar dari buku *fashion trend forecasting* 25/26, pembuatan *mind mapping*, sampai hasil *generate* membutuhkan waktu hanya sepuluh menit. Proses dilakukan secara digital dan tidak ada limbah yang dihasilkan pada proses ini.



Gambar 4. Proses Pembuatan Theme & Storyboard

Proses pembuatan *moodboard* dibuat setelah tema dan *storyboard* tersusun, *Moodboard* dibuat secara digital menggunakan Canva. Canva yaitu sebuah platform desain grafis berbasis web yang membantu pengguna untuk membuat berbagai jenis desain visual secara mudah dan cepat. Template yang disediakan di canva juga sudah cukup lengkap, hal ini dapat mempermudah desainer untuk menyusun *moodboard* dengan lebih menarik.



Gambar 5. Proses Pembuatan Moodboard dari Template ke Hasil Moodboard

Proses pembuatan *digital moodboard* dari template sampai hasil *moodboard* lengkap dengan tema dan *storyboard* seperti gambar 4 membutuhkan waktu lima belas menit. Template yang tersedia mempermudah dalam penyusunan layout gambar agar tampilan *moodboard* lebih rapi dan menarik. Penggunaan template terbukti efisien karena mempermudah penyusunan layout gambar agar tampilan moodboard lebih rapi dan menarik. Template yang menarik dan terstruktur menjadi alat yang efektif dalam desain visual, pembuatan desain digital akan dipercepat melalui teknik ini [43]. Gambar inspirasi didapatkan secara cepat dengan bantuan ChatGPT dengan cara membuat prompt untuk mencari link/web inspirasi desain sesuai dengan tema dan *storyboard* yang sudah dibuat sebelumnya. Hal ini memberikan Gambaran penerapan teknologi digital dalam desain visual yang menunjukkan efisiensi dan aksesibilitas dalam pengumpulan referensi visual [43]. Setelah pembuatan moodboard selesai proses berikutnya adalah pembuatan desain digital menggunakan program Ibispaint. Ibispaint merupakan aplikasi menggambar digital yang tersedia di *playstore* dan bisa digunakan pada android, iOS dan tablet. Ibispaint dapat membantu pengguna membuat ilustrasi atau desain digital dengan berbagai *tools professional* yang mudah diakses.



Gambar 6. Hasil Digital Design Ibispaint

Desain digital menggunakan Ibispaint memiliki beberapa keunggulan antara lain waktu yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan membuat desain dan pewarnaan secara manual [44]. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk membuat desain digital tersebut yang sudah di uji coba oleh responden pada penelitian ini membutuhkan waktu dua puluh lima menit (dilakukan oleh responden yang tergolong masih pemula dalam penggunaan Ibispaint). Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan teknologi yang tepat, proses kreatif dalam desain dapat dipercepat dan ditingkatkan [43]. Tampilan visual yang dihasilkan juga lebih bagus dibandingkan desain konvensional. Template figure Wanita didapatkan dari hasil *download* di google ataupun di pinterest, hal ini mempermudah dan mempercepat proses desain. Jika desain terdapat revisi, responden akan dengan mudah mengganti bentuk atau warna yang diinginkan tanpa harus mengulang desain dari awal [44]. Tidak ada limbah yang dihasilkan dari proses ini karena semua pengerjaan secara digital, jika desain menggunakan metode konvensional limbah kertas dan pewarna yang dihasilkan lebih banyak [45]. Transformasi digital dari desain 2D yang dibuat di Ibispaint menjadi 3D dimulai dari proses rendering desain yang dilakukan dengan bantuan ChatGPT untuk mendapatkan tampilan visual yang lebih realistis. Keberhasilan hasil visual ditentukan dengan prompt yang dibuat. Pada penelitian ini telah melakukan ujicoba prompt sebanyak enam kali sampai menghasilkan prompt yang sesuai dengan desain yang dibutuhkan.



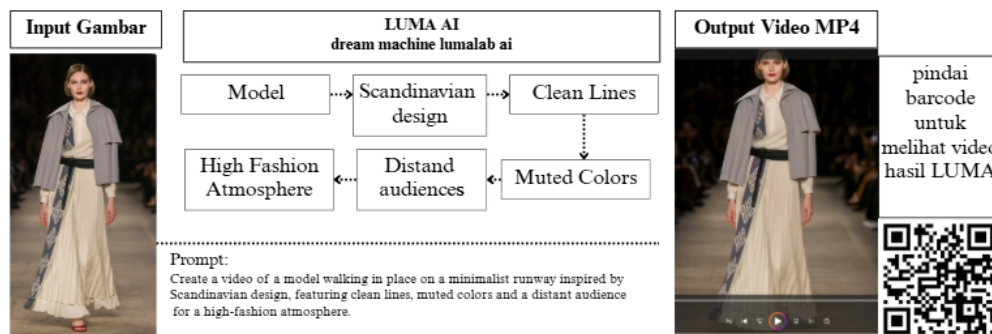
Gambar 7. Hasil Generate Desain Menggunakan ChatGPT

Proses rendering pada ChatGPT dilakukan dengan cara memasukkan original desain dalam bentuk jpg. dari hasil Ibispaint dan menambahkan prompt untuk generate gambar model sedang berjalan ke depan seperti sedang fashion show sesuai referensi gambar tersebut. Uji coba 1 adalah gambar yang dihasilkan dari hasil prompt tersebut namun tampilan visualnya masih kurang realistis terutama pada gambar modelnya, maka di uji coba ke 2 peneliti menambahkan perintah prompt generate pada gambar yang lebih realistis. Uji coba ke 2 menghasilkan visual yang lebih realistis dibandingkan gambar dari hasil uji coba 1, namun bentuk lengan dan bagian bawah rok tidak sesuai dengan desain awal yang diinginkan. Uji coba ke 3 perbaikan dilakukan pada bentuk dan warna namun hasil yang ditampilkan juga masih belum sesuai yaitu bagian lengan kanan atas yang harusnya terdapat potongan tidak ditampilkan. Peneliti melakukan uji coba lagi sampai uji coba ke 6 sampai menghasilkan prompt dan tampilan visual yang sesuai dengan desain.

Pada uji coba ke 6 hasil visual sudah sesuai dengan desain yang diinginkan. Visual figure dan baju sangat realistis menyerupai foto produk asli. Bentuk potongan baju, warna baju, motif tenun dan accessories yang ditampilkan juga sudah sesuai dengan desain yang diinginkan. Proses selanjutnya adalah merubah gambar dari hasil uji coba ke 6 yang masih berbentuk 2D (statis) menjadi gambar bergerak dengan menggunakan teknologi artificial intelligence LUMA. Teknologi LUMA mengkonversikan gambar statis menjadi simulasi visual 3D yang dapat bergerak menyerupai model professional berjalan di atas runway. Melalui system berbasis artificial intelligence, LUMA mampu mengkonstruksi Gerakan tubuh, jatuhnya kain, dan pencahayaan secara realistis, sehingga menciptakan visual yang imersif. Pada gambar 8 menunjukkan hasil konversi desain pada LUMA, hasil tampilan berbentuk video mp4 yang bisa dilihat pada barcode.

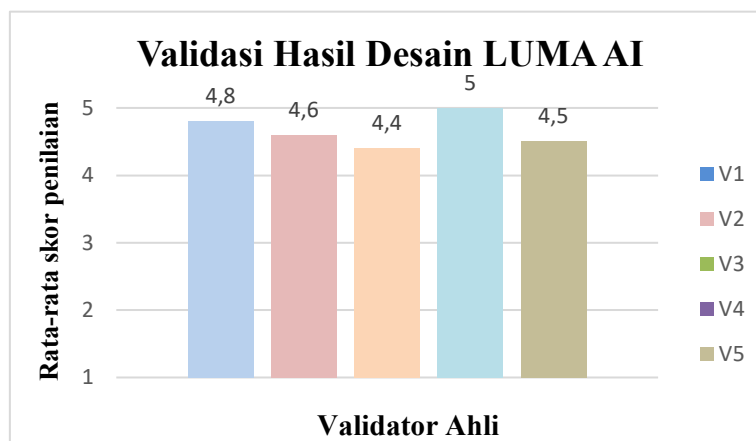


Gambar 8. Hasil Generate Desain Menggunakan ChatGPT



Gambar 9. Proses Pembuatan Desain Video LUMA AI

C. Uji Validitas Desain



Gambar 10. Grafik Validasi Hasil Desain Luma AI

Transformasi desain fesyen dari 2D ke bentuk video 3D dikembangkan melalui proses digital yaitu pembuatan desain sesuai dengan konsep moodboard di program Ibispaint untuk ilustrasi awal, kemudian di render melalui ChatGPT untuk mendapatkan visual yang lebih realistis dan teknologi artificial LUMA untuk mengubah desain statis menjadi video gambar bergerak. Hasil desain ini telah melalui uji validitas yang dilakukan oleh lima validator ahli di bidang fesyen desain. Uji validitas dilakukan untuk memastikan bahwa desain visual yang dihasilkan tidak hanya sesuai konsep, tetapi juga memiliki kualitas estetika dan teknis yang layak untuk dijadikan sebagai desain profesional. Lima validator ahli menilai masing-masing lima aspek utama yaitu konsep dan ide, estetika,

teknis dan knstruksi, presentasi desain dan yang terakhir keberlanjutan dan nilai tambah. Sistem penilaian menggunakan skala likert yang setiap hasil dari kriteria penilaiannya ditampilkan gambar 10.

Gambar 10 menunjukkan rata-rata skor validasi hasil desain LUMA AI yang dilakukan oleh lima validator ahli di bidang desain mode. Terlihat bahwa Validator 4 memberikan penilaian tertinggi dengan rata-rata skor 5, diikuti Validator 1 dengan skor 4,8, Validator 2 sebesar 4,6, Validator 5 sebesar 4,5, dan Validator 3 dengan rata-rata terendah yaitu 4,4. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh validator menilai desain fesyen virtual 3D yang dihasilkan melalui teknologi LUMA AI sudah sangat baik dan memenuhi kriteria kelayakan dari segi konsep, estetika, teknis, presentasi visual, serta mendukung prinsip keberlanjutan. Nilai yang konsisten tinggi ini membuktikan bahwa proses transformasi desain menggunakan LUMA AI layak digunakan sebagai inovasi dalam mendukung efisiensi dan sustainability pada industri fesyen.

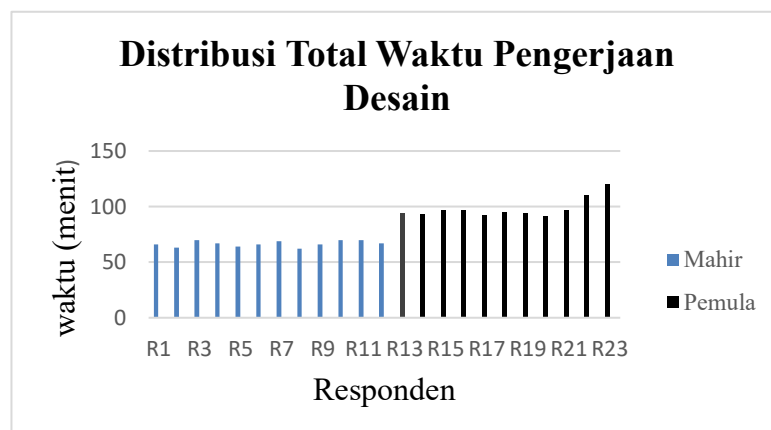
D. Analisis Waktu Pengerjaan Desain

Selain dari segi visual peneliti juga menjelaskan hasil penelitian dari segi waktu yang dibutuhkan. Data pada table 1 adalah data keterangan waktu yang dibutuhkan pada setiap tahapan pembuatan desain yang dilakukan oleh peneliti, total waktu yang dibutuhkan mulai dari analisis trend sampai proses generate desain dengan LUMA AI adalah 67 menit.

TABEL I
TOTAL WAKTU Pengerjaan Desain

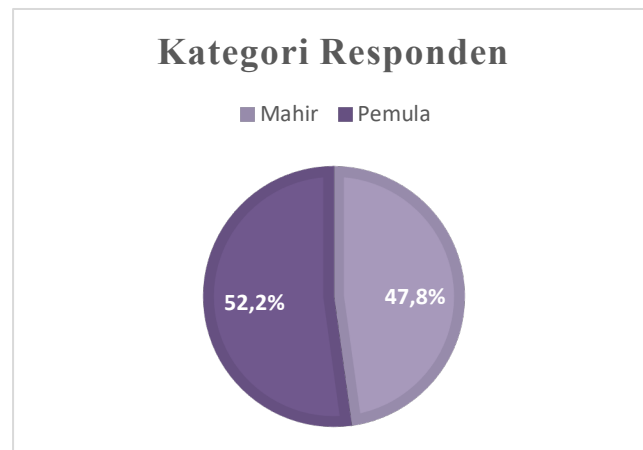
No	Tahap Proses	Alat/Metode	Waktu Rata-rata (menit)	Keterangan
1	Analisis Trend & Mind Mapping	Buku IFC FTF & Manual	10	Input ChatGPT
2	Pembuatan Tema & Storyboard dengan AI	ChatGPT	1	Input ChatGPT
3	Pembuatan Mood-board	Canva	15	Sesuai template
4	Pembuatan Desain Digital	Ibispaint	25	Responden pemula, 1 desain
5	Rendering Desain Realistik	ChatGPT (Image Generator)	10	rendering
6	Konversi 2D ke Video 3D Runway	LUMA AI	6	Proses convert jadi video 20 detik

Gambar 11 menunjukkan distribusi total waktu pengerjaan desain digital yang dilakukan oleh 23 responden menggunakan teknologi Luma AI. Grafik ini memperlihatkan bahwa responden dengan kategori mahir (R1–R11) rata-rata membutuhkan waktu antara 60 hingga 80 menit untuk menyelesaikan seluruh tahapan, mulai dari analisis tren, pembuatan mind mapping, tema, storyboard, moodboard, desain digital, rendering, hingga konversi 2D ke video 3D. Sementara itu, responden pemula (R12–R23) memerlukan waktu lebih lama, yaitu antara 90 hingga 120 menit, terutama pada tahap pembuatan desain di Ibispaint yang menuntut keterampilan teknis seperti yang ditunjukkan pada.



Gambar 11. Grafik Distribusi Total Waktu Pengerjaan Desain

Responden yang masuk pada kategori mahir adalah responden yang sudah sering menggunakan Ibispaint dan Canva dalam pembuatan desainnya walaupun masih belum menggunakan artificial intelligence. Responden yang masuk kedalam kategori pemula adalah responden yang belum pernah menggunakan Ibispaint maupun canva dalam proses pembuatan desain fesyen, secara keseluruhan data ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 12. Diagram Lingkaran Kategori Responden

Seluruh responden dalam penelitian ini menggunakan perangkat yang sama, yaitu smartphone Android dengan spesifikasi minimal RAM 4GB atau setara. Laptop pendukung yang digunakan memiliki spesifikasi minimal prosesor Intel Core i5 generasi ke-10, RAM 8GB, dan GPU terintegrasi, yang sudah memadai untuk menjalankan Canva, IbisPaint, serta mendukung rendering ringan menggunakan ChatGPT dan Luma AI. Selain itu, seluruh proses digital dilakukan dengan dukungan jaringan WiFi berkecepatan minimal 20 Mbps sehingga proses upload, download, dan rendering dapat berjalan lancar. Kombinasi spesifikasi perangkat, laptop, dan kecepatan internet ini menjadi faktor penentu kelancaran pengerjaan desain digital. Meskipun demikian, hasil menunjukkan bahwa efisiensi waktu tetap sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengguna dalam mengoperasikan aplikasi desain. Oleh karena itu, selain ketersediaan teknologi, pelatihan keterampilan digital tetap diperlukan agar teknologi Luma AI dapat dioptimalkan untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas waktu pengerjaan desain di bidang fesyen.

Video hasil *generate* menggunakan teknologi *artificial intelligence* LUMA menunjukkan keunggulan yang signifikan dalam segi visual maupun detail desain yang ditampilkan. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat video LUMA juga sangat singkat yaitu enam menit sudah dapat menghasilkan video mp4 dengan durasi dua puluh detik. Keunggulan teknologi *artificial intelligence* antara lain memang dari segi kecepatan, dibandingkan dengan metode konvensional AI jauh lebih cepat [46]. Video yang dihasilkan LUMA menampilkan model berjalan dengan realistis di atas runway, dengan detail potongan baju yang jelas dan sesuai dengan desain awal, warna dan motif serta *accessories* yang dipakai model juga sesuai dengan desain [47].

Keunggulan lain dari metode ini adalah bebas limbah, jika terjadi kesalahan dalam hasil desain bisa diperbaiki hanya dengan merubah prompt tanpa harus menghasilkan sampah fisik seperti kertas atau bahan tekstil lainnya. Hal ini sejalan dengan prinsip *sustainable fashion* yang dapat menghemat waktu, tenaga dan mengurangi limbah fashion pada saat produksi [48]. Video LUMA menghasilkan kualitas visual yang menyerupai produk nyata, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan presentasi yang menarik untuk konsumen dan dapat dijadikan *digital sample* untuk penawaran ke konsumen [49]. LUMA tidak hanya mempercepat proses produksi tetapi juga meningkatkan kualitas penyampaian ide desain dalam bentuk yang lebih hidup dan komunikatif, hal eraini dapat dijadikan solusi inovatif di dunia fesyen yang semakin berkembang menuju transformasi digital dan keberlanjutan [50]. Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa penerapan *artificial intelligence* serta teknologi digital dalam desain fesyen menawarkan potensi besar dalam menciptakan praktik berkelanjutan yang baik [51]. Secara garis besar perbandingan pembuatan desain fesyen secara konvensional dan digital dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
PERBANDINGAN PEMBUATAN DESAIN FESYEN SECARA KONVENSIONAL DAN DIGITAL

Aspek	Metode Konvensional	Metode Digital Berbasis LUMA	Perbedaan Utama
Waktu	± 30 hari	± 56–67 menit	Digital LUMA 99,8% lebih cepat
Produksi	Sketsa, pewarnaan manual, revisi fisik	Full digital, dari mind mapping, moodboard, desain 2D, render AI, video LUMA	Tahapan digital lebih ringkas dan otomatis
Tenaga	Tinggi	Ringan	Digital mengurangi beban kerja
Limbah	Kertas, pewarna, sisa kain dan material	Nol limbah fisik, seluruhnya berbentuk file digital	Digital mendukung <i>zero waste</i>
Fleksibilitas	Lambat, memerlukan pembuatan ulang sketsa atau pola	Cepat, cukup mengubah <i>prompt</i> atau elemen digital	Digital mempersingkat revisi
Kualitas Visual	Tergantung keterampilan menggambar manual	Visual 3D realistis, menyerupai <i>fashion show</i>	Digital memberi presentasi lebih imersif
Aksesibilitas	Membutuhkan alat gambar, kertas, bahan tekstil	Membutuhkan perangkat digital & koneksi internet	Keduanya butuh sarana berbeda
Dampak Lingkungan	Limbah energi produksi sampel fisik	Minim sumber daya fisik, tanpa sampel awal	Digital lebih ramah lingkungan
Skalabilitas	Terbatas pada kapasitas produksi manual	Tinggi, dapat diproduksi massal secara digital	Digital mendukung ekspansi cepat

IV. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa transformasi desain fesyen dari metode konvensional ke digital berbasis teknologi artificial intelligence LUMA mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas visual serta dapat mendukung prinsip keberlanjutan dalam Industri fesyen. Jumlah total waktu yang dibutuhkan untuk proses keseluruhan, mulai dari pembuatan mind mapping, moodboard, sampai proses pembuatan video LUMA adalah hanya lima puluh enam menit: sepuluh menit untuk analisis tren dan pembuatan storyboard, lima belas menit untuk pembuatan moodboard, dua puluh lima menit untuk desain digital menggunakan Ibispaint, dan enam menit untuk membuat video LUMA.

Salah satu keunggulan desain menggunakan LUMA adalah visualisasi 3D yang tampak realistis seperti model berjalan di atas runway dengan gerakan dan pencahayaan yang bagus. Hal ini bisa dijadikan ide desain yang dapat dikomunikasikan kepada konsumen dan stakeholder tanpa perlu membuat sampel fisik. Keunggulan lain dalam desain ini adalah tidak menghasilkan limbah. Pendekatan berbasis artificial intelligence ini terbukti lebih cepat, bebas limbah, dan hemat sumber daya daripada metode konvensional yang membutuhkan hingga tiga puluh hari dan menghasilkan limbah dari kertas dan bahan tekstil. Teknologi LUMA memenuhi kebutuhan industri fesyen untuk proses yang lebih fleksibel, efektif, dan ramah lingkungan. Hal ini menjadikannya solusi yang tepat untuk mendukung tujuan fashion yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nisrina, R. Ardi, and B. Tjahjono, "Designing sustainable supply chain metrics for the Indonesian fashion industry: A DEMATEL-Based ANP approach," *Clean. Eng. Technol.*, vol. 25, no. November 2024, p. 100921, 2025, doi: 10.1016/j.clet.2025.100921.
- [2] S. Zuliarni, D. Kartikasari, B. Hendrawan, and S. S. Windrayati Siregar, "The impact of buying intention of global fashion on local substitute: The role of product design and price," *Heliyon*, vol. 9, no. 11, p. e22160, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22160.
- [3] S. A. Hendrawan, Afdhal Chatra, Nurul Iman, Soemarno Hidayatullah, and Degdo Suprayitno, "Digital Transformation in MSMEs: Challenges and Opportunities in Technology Management," *J. Inf. dan Teknol.*, pp. 141–149, 2024, doi: 10.60083/jidt.v6i2.551.
- [4] W. Choi *et al.*, "Developing an AI-based automated fashion design system: reflecting the work process of fashion designers," *Fash. Text.*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s40691-023-00360-w.
- [5] G. Rizzi and D. Casciani, "a.I. Into Fashion Processes," *Fash. Highlight*, no. 2, pp. 12–20, 2024, doi: 10.36253/fh-2490.
- [6] C. Giri, S. Jain, X. Zeng, and P. Bruniaux, "A Detailed Review of Artificial Intelligence Applied in the Fashion and Apparel Industry," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 95376–95396, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2928979.
- [7] C. B. A. Lavinia Javier Cueto1, April Faith Deleon Frisnedi2, Reynaldo Baculio Collera3, Kenneth Ian Talosig Batac4, "Digital Innovations in MSMEs during Economic Disruptions: Experiences and Challenges of Young Entrepreneurs Abstract:," *Adm. Sci.*, vol. 12, no. 1, p. 8, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/admsci12010008>
- [8] N. Nurlina, Y. Del Rosa, and B. Yanti, "The Effect Of Digital Literacy And Business Strategy On The Performance Of Micro, Small, And

- Medium Enterprises (MSMES) In Culinary Industry In Padang City,” *Int. J. Progress. Sci. Technol.*, vol. 38, no. 2, p. 252, 2023, doi: 10.52155/ijpsat.v38.2.5291.
- [9] J. Kibor, “Digital Capability and Performance of Micro, Small, and Medium-Scale Enterprises: A Review,” *East African J. Bus. Econ.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–87, 2024, doi: 10.37284/eajbe.7.1.1810.
- [10] D. Yu and P. Zhao, “Research on Network Clothing Design System Based on Artificial Intelligence,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 247, no. C, pp. 27–35, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2024.10.004.
- [11] G. Gornostaeva, “Design and sustainability in the fashion industry: the example of independent labels in London,” *Clean. Responsible Consum.*, vol. 15, no. August, p. 100221, 2024, doi: 10.1016/j.clrc.2024.100221.
- [12] & A. S. D. Afidah, S. Handayani, M. Hidayattullah, D. Dairoh, “Peningkatan pengetahuan guru dan siswa jurusan tata busana dalam pemanfaatan aplikasi berbasis kecerdasan buatan,” *DST*, vol. 4, no. 1, pp. 23–34, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.47709/dst.v4i1.3847>
- [13] D. A. Fitriyanto and A. F. Zakariya, “Evolusi Peran Arsitek di Era Artificial Intelligence dan Teknologi Berbasis Data,” *J. Arsit. TERRACOTTA*, vol. 5, no. 1, pp. 23–29, 2023, doi: 10.26760/terracotta.v5i1.10619.
- [14] Y. Zhang, Z. Zheng, and L. Liu, “Design Resource Deployment for Virtual Fitting Applications in the Era of Digital Fashion: An Analysis Based on Kano-QFD,” *SAGE Open*, vol. 14, no. 4, pp. 1–18, 2024, doi: 10.1177/21582440241296627.
- [15] J. X. Wu and L. Li, “AI-driven computational creativity in fashion design: a review,” *Text. Res. J.*, vol. 95, no. 5–6, pp. 658–675, 2025, doi: 10.1177/00405175241279976.
- [16] M. A. Baronian, “Screening fashion: horizontality, minimal materiality and manual operation,” *J. Vis. Cult.*, vol. 19, no. 3, pp. 378–390, 2020, doi: 10.1177/1470412920966012.
- [17] Z. Wang, X. Tao, X. Zeng, Y. Xing, Z. Xu, and P. Bruniaux, “Design of Customized Garments Towards Sustainable Fashion Using 3D Digital Simulation and Machine Learning-Supported Human–Product Interactions,” *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 16, no. 1, 2023, doi: 10.1007/s44196-023-00189-7.
- [18] D. B. Rathore, “Integration of Artificial Intelligence& It’s Practices in Apparel Industry,” *Int. J. New Media Stud.*, vol. 10, no. 01, pp. 25–37, 2023, doi: 10.58972/eiprmj.v10i1y23.40.
- [19] S. C. Necula, “Exploring the Impact of Time Spent Reading Product Information on E-Commerce Websites: A Machine Learning Approach to Analyze Consumer Behavior,” *Behav. Sci. (Basel)*, vol. 13, no. 6, 2023, doi: 10.3390/bs13060439.
- [20] & A. M. A. Chaudhary, A. Rizvi, N. Kumar, “A novel approach for customer churn prediction in telecom using machine learning models,” pp. 11–21, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3177792/v1>
- [21] M. K. and J. Metz, “The applicability of machine learning algorithms in accounts receivables management,” vol. 24, no. 4, pp. 769–786, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/jaar-05-2022-0116>
- [22] M. C. Medeiros Dantas De, Italo Jose, “Machine Learning Algorithms for Slow Fashion Consumer Prediction_ Theoretical and Managerial Implications.pdf,” 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24883/iberoamericanic.v13i.439>
- [23] B. Rathore, “Beyond Trends: Shaping the Future of Fashion Marketing with AI, Sustainability and Machine Learning,” *Eduzone Int. peer Rev. Acad. Multidiscip. J.*, vol. 06, no. 02, pp. 16–24, 2023, doi: 10.56614/eiprmj.v6i2y17.341.
- [24] A. A. Altameem and A. M. Hafez, “Behavior Analysis Using Enhanced Fuzzy Clustering and Deep Learning,” *Electron.*, vol. 11, no. 19, 2022, doi: 10.3390/electronics11193172.
- [25] S. Yi and X. Liu, “Machine learning based customer sentiment analysis for recommending shoppers, shops based on customers’ review,” *Complex Intell. Syst.*, vol. 6, no. 3, pp. 621–634, 2020, doi: 10.1007/s40747-020-00155-2.
- [26] J. Beno, A. . Silen, and M. Yanti, “Toward sustainable fashion product development: the use of 3d virtual prototyping technologies in the synchronous remote learning classroom,” *J. Lee*, vol. 51, no. 2, pp. 215–235, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/00472395221132305>
- [27] A. Spagnoli and G. Fabro Cardoso, “Dematerializing fashion. Improving design-led sustainable and hybrid retail experiences via digital twins,” *Connect. Creat. times Confl.*, pp. 372–378, 2023, doi: 10.26530/9789401496476-073.
- [28] & H. Y. D. Koo, J. An, “Classification and analysis of fabric types for shirts: a comparison between virtual and real fabrics,” *J. Eng. Fiber. Fabr.*, vol. 19, no. 1, pp. 37–48, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/15589250241262318>
- [29] M. KASERIS *et al.*, “3D Scanning Technology for the Rapid Modelling of Fashion Clothing,” pp. 17–18, 2023, doi: 10.15221/23.46.
- [30] J. Tepe and S. Koohnavard, “Fashion and game design as hybrid practices: approaches in education to creating fashion-related experiences in digital worlds,” *Int. J. Fash. Des. Technol. Educ.*, vol. 16, no. 1, pp. 37–45, 2023, doi: 10.1080/17543266.2022.2103591.
- [31] D. N. and M. Kostić-Stanković, “Improving the economic sustainability of the fashion industry: a conceptual model proposal,” *Braz Dent J.*, vol. 14, no. 8, p. 4726, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su14084726>
- [32] J. O. and O. Uddin, “Development of a computerized system for fashion business,” vol. 9, no. 1, p. 10, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.57233/ijsgs.v9i1.399>
- [33] S. IDREES, G. VIGNALI, and S. GILL, “3D Body Scanning with Mobile Application: An Introduction to Globalise Mass-Customisation with Pakistani Fashion E-Commerce Unstitched Apparel Industry,” pp. 17–18, 2020, doi: 10.15221/20.12.
- [34] S. Dodds, N. Palakshappa, and L. M. Stangl, “Sustainability in retail services: a transformative service research (TSR) perspective,” *J. Serv. Theory Pract.*, vol. 32, no. 4, pp. 521–544, 2022, doi: 10.1108/JSTP-12-2021-0255.
- [35] E. Hur and T. Cassidy, “Perceptions and attitudes towards sustainable fashion design: challenges and opportunities for implementing sustainability in fashion,” *Int. J. Fash. Des. Technol. Educ.*, vol. 12, no. 2, pp. 208–217, 2019, doi: 10.1080/17543266.2019.1572789.
- [36] & S. H. U. Hameed, S. Zaheer, N. Amin, “Exploring low-waste patternmaking techniques for sustainable solutions in fashion industry,” *J. Des. Text.*, vol. 2, no. 2, pp. 41–64, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.32350/jdt.22.03>
- [37] & Y. Z. J. Ma, L. Huang, Q. Guo, “Sustainability in design: sustainable fashion design practices and environmental impact using mixed-method analysis,” *Bus. Strateg. Environ.*, vol. 33, no. 7, p. 6889–6910, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/bse.3843>
- [38] N. Aini, E. Prahastuti, and N. Ziyah, “Study on Fashion Design Students’ Difficulties in the 2018 Exhibition and Fashion Design and Demonstration Courses At the State University of Malang,” *E-Journal Cult. Stud.*, vol. 15, no. 3, p. 24, 2022, doi: 10.24843/cs.2022.v15.i03.p03.
- [39] A. Hirscher, “Fashion Libraries as a Means for,” 2019.
- [40] M. Hafez Jalil and S. S. Shaharuddin, “Fashion Designer Behavior Toward Eco-Fashion Design,” *J. Vis. Art Des.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–24, 2020, doi: 10.5614/j.vad.2020.12.1.1.
- [41] E. D. and F. Vacca, “Fashion design for sustainability. a transformative challenge across the european fashion education system,” *Int. Conf. High. Educ. Adv.*, vol. 75, no. 17, pp. 399–405, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.4995/head21.2021.13029>
- [42] S. H. and P. Walt, “Design optimisation of tpu modular footwear for sustainable fashion: a south african fashion week case study,” *Matec Web Conf.*, vol. 388, pp. 1–23, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202338805005>
- [43] J. Cai and J. Su, “Application Characteristics and Innovation of Digital Technology in Visual Communication Design,” vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8806770.
- [44] & W. W. J. Peña, I. Koebner, “Using digital art and attachment priming in a web-based serious game to reduce pain and social disconnection in individuals with chronic pain and loneliness: randomized controlled trial,” vol. 12, no. Table 10, pp. e52294–e52294, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.2196/52294>
- [45] Q. Wang, “Reflections on the application of digital design in future urban construction,” *TSSEHR*, vol. 7, no. Table 10, pp. 310–315, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.62051/e7vm3z27>

- [46] G. R. and D. Casciani, “A.i. into fashion processes,” *FH*, vol. 2, no. Table 10, pp. 12–20, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.36253/fh-2490>
- [47] & P. B. C. Giri, S. Jain, X. Zeng, “A detailed review of artificial intelligence applied in the fashion and apparel industry,” *Ieee Access*, vol. 7, no. 1, pp. 95376–95396, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2928979>
- [48] J. Bieńkowska, “The effects of artificial intelligence on the fashion industry—opportunities and challenges for sustainable transformation,” *Sustain. Dev.*, vol. 33, no. 3, pp. 3774–3790, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/sd.3312>
- [49] A. Adekunle, “Application of Artificial Intelligence and Digital Technologies in Fashion Design and Innovation in Nigeria,” *Int. J. Fash. Des.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–48, 2024, doi: 10.47604/ijfd.2389.
- [50] O. Satkiewicz, “Rebirth: an exploration of circular fashion,” *Boller Rev.*, vol. 7, no. Table 10, pp. 4–6, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.18776/tcu/br/7/165>
- [51] B. Rathore, “Fashion Sustainability in the AI Era: Opportunities and Challenges in Marketing,” *Eduzone Int. peer Rev. Acad. Multidiscip. J.*, vol. 08, no. 02, pp. 17–24, 2019, doi: 10.56614/eiprmj.v8i2y19.362.