

KUSTOMISASI SECARA 3D SEBAGAI LAYANAN KONSUMEN PADA MEDIA ONLINE PENJUALAN PRODUK UMKM

Mursid Wahyu Hananto^{*1)}, Bagus Haryadi²⁾, Azty Acbarifha Nour³⁾, Muhammad Fadhil Hasbi⁴⁾, Firdaus Syam⁵⁾

1. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
2. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
3. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
4. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
5. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: 3D; Kustomisasi; Media; Penjualan; UMKM

Keywords: 3D; Customization; Media; Sales; MSME

Article history:

Received 2 August 2024

Revised 20 August 2024

Accepted 30 August 2024

Available online 1 September 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i3.6556>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

mursid@is.uad.ac.id

ABSTRAK

UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) umumnya tidak memiliki stok produk dalam jumlah banyak, karena dana yang minim, sehingga lebih banyak melayani pemesanan, termasuk yang disesuaikan keinginan calon konsumen. Permintaan secara online dilayani menggunakan media sosial, blog, situs web, atau marketplace. Namun semua media tersebut tidak dapat menampilkan secara maksimal representasi digital dari produk UMKM yang khas, terutama hasil kerajinan tangan, sekaligus memberikan layanan untuk menyusun produk sesuai keinginan pemesan dengan tampilan yang menunjukkan semua detail sehingga dapat membuat mereka yakin. Dari semua cara visualisasi, grafika 3D dapat menjadi pilihan yang sesuai untuk menampilkan produk dengan cara seperti di dunia nyata. Solusi yang dibutuhkan dikembangkan dalam bentuk media online yang menggunakan teknologi Web3D. Pengembangan dengan metode evolutioner incremental dalam 4 increment menghasilkan sebuah media penjualan online berbentuk situs web yang selain dapat menampilkan produk UMKM secara 3D, juga dapat melakukan kustomisasi yang hasilnya dapat diperlihatkan dengan tampilan 3D. Situs web telah diuji menggunakan metode UAT (*User Acceptance Test*) yaitu uji Alpha dan Beta. Uji Alpha menunjukkan sistem dapat bekerja sesuai rancangan dan fungsinya, dan uji Beta memperlihatkan penerimaan pengguna pada sistem. Media penjualan yang telah dibangun memperlihatkan bahwa layanan kustomisasi dengan tampilan 3D dapat direalisasikan dan diterima sebagai solusi bagi pengguna untuk memesan produk UMKM sesuai keinginannya secara online.

ABSTRACT

MSMEs (Micro, Small, and Medium Enterprises) generally do not have a large stock of products, due to minimal funds, so they serve more orders, including those customized to the wishes of potential consumers. Online requests are served using social media, blogs, websites, or marketplaces. However, all of these media cannot optimally display the digital representation of typical MSME products, especially handicrafts, while providing services to assemble products according to the wishes of the customer with a display that shows all the details so that they can be sure. Of all the visualization methods, 3D graphics can be a suitable choice for displaying products in a way that is like in the real world. The solution needed is developed in the form of online media that uses Web3D technology. Development with the evolutionary incremental method in 4 increments produces an online sales media in the form of a website that can not only display MSME products in 3D, but can also be customized, the results of which can be shown with a 3D display. The website has been tested using the UAT (*User Acceptance Test*) method, namely the Alpha and Beta tests. The Alpha test shows that the system can work according to its design and function, and the Beta test shows user acceptance of the system. The sales media that has been built shows that customization services with 3D displays can be realized and accepted as a solution for users to order MSME products according to their wishes online.

I. PENDAHULUAN

LEMAHNYA permodalan membuat banyak UMKM tidak membuat persediaan produk yang mereka pajang [1]. Umumnya bahkan menunggu pesanan dari calon pembeli sebelum berproduksi [2]. Calon pembeli dipersilakan menentukan seperti apa produk yang mereka inginkan berdasarkan himpunan pilihan yang ada. Namun penurunan kunjungan calon pembeli ke lokasi usaha sekalipun pandemi Covid-19 telah berakhir beberapa tahun lalu membuat pelaku UMKM lebih banyak menggunakan media penjualan berbasis online [3]. Meskipun berjangkauan lebih luas, pihak UMKM tidak dapat memberikan layanan pemesanan produk sesuai keinginan pengguna menggunakan media yang saat ini banyak tersedia karena kemampuan visualisasinya terbatas [4]. Diperlukan media yang selain dapat memperlihatkan objek seperti di dunia nyata [5] dan dapat menarik perhatian calon pembeli melalui visualisasi yang atraktif dan imersif [6], juga memungkinkan pembeli menyusun produk yang akan dipesan berdasar pilihan yang tersedia [7]. Mereka akan lebih tertarik dengan visualisasi yang memberikan tampilan detail dan akurat seperti aslinya [8], sehingga lebih berpotensi menjadi transaksi.

Kalangan UMKM membutuhkan inovasi pada media berbasis teknologi informasi [9]. Produk yang dapat disesuaikan kebutuhan pembeli akan memiliki peluang lebih besar untuk berujung pada transaksi [10] yang menghasilkan pendapatan bagi UMKM. Tampilan inovatif serta pengalaman yang mengesankan bagi pengunjung dalam mencermati maupun menyusun produk sebelum dipesan dapat menjadi nilai tambah guna meningkatkan daya saing dengan media penjualan lain yang telah ada [11].

Grafika 3D telah menjadi pilihan beberapa pihak untuk memvisualisasikan produknya dengan lebih menarik dan memberikan detail tampilan lebih tinggi [12]. Hal ini masih diikuti dengan diperolehnya kemampuan pengguna untuk bernavigasi dalam 6 derajat kebebasan gerak sehingga beragam cara mengamati suatu objek seperti di dunia nyata dapat dilakukan pada representasi digital produk tersebut di dunia maya. Teknologi grafika yang terus berkembang membuat model 3D dapat ditampilkan dalam browser web tanpa harus menggunakan plugin [13]. Pada saat ini semua browser kompatibel HTML5 [14] dapat menampilkan model 3D dan berinteraksi ke model dengan mudah. Teknologi Web3D [15] semakin banyak diimplementasikan, baik dengan format standar seperti VRML [16] dan X3D [17] maupun format non standar namun populer seperti WebGL [18]. Kerangka kerja seperti X3DOM [19] membuatnya menjadi lebih sederhana karena menggunakan HTML5 sebagai dasarnya.

Penggunaan grafika 3D dalam web memberikan beragam keuntungan, bahkan dapat memunculkan suatu hal baru yang dapat memunculkan ketertarikan pengunjung yang lebih besar pada produk yang ditawarkan [20]. Dalam bidang bisnis komersial, penggunaan model 3D telah digunakan dalam web meskipun umumnya hanya untuk mempromosikan produk tertentu yang menjadi andalan sehingga tampilan 3D hanya digunakan secara terbatas. Tampilan bergaya 3D namun sebenarnya 2D melalui penggunaan teknik visualisasi rotasi 360° [21] juga dapat dijumpai dalam beberapa web komersial perusahaan kelas besar dan digunakan untuk memberikan impresi 3D, cara ini diketahui meningkatkan kemungkinan untuk berujung pada transaksi [22][23]. Fokus pada tampilan menyebabkan penggunaan grafika 3D menjadi cara yang sesuai untuk memperlihatkan gambaran fisik objek yang di dunia nyata [24][25].

Lebih jauh lagi, grafika 3D yang memberikan tampilan mendekati realistik dapat digunakan untuk memberikan layanan kustomisasi atau yang sering juga disebut sebagai konfigurator produk [26] dengan tampilan yang lebih menarik dibandingkan menggunakan tampilan konvensional 2D yang menggunakan gambar, foto, atau video [27]. Calon pembeli dapat melihat langsung tampilan dari produk yang mereka ingin pesan sesuai keinginan mereka dengan cara mencermati seperti di dunia nyata karena hasil kustomisasi ditampilkan secara 3D. Grafika 3D yang diterapkan dalam bentuk Virtual Reality (VR) [28] secara efektif dapat meningkatkan berbagai aspek pada hasil akhir produk [29] termasuk kolaborasi desain secara online [30] yang menjadi salah satu dasar dibuatnya fungsi kustomisasi oleh pengguna.

Namun penggunaan grafika 3D untuk menghadirkan layanan kustomisasi umumnya diselenggarakan pemilik usaha besar. Pemilik usaha kelas UMKM sulit mendapat akses ke implementasi layanan ini karena kompleksitas teknologi dan realisasinya yang umumnya menggunakan WebGL. Spesialis penyedia layanan serupa mengenakan biaya tinggi untuk layanannya, sehingga menjadi nampak mustahil dapat diterapkan oleh kalangan UMKM yang dananya sangat terbatas. Diperlukan solusi yang sederhana dan terjangkau untuk diimplementasikan pada media penjualan produknya. Solusi yang mengaplikasikan metode konkatenasi elemen [31] bertujuan menghasilkan layanan kustomisasi secara 3D untuk media penjualan produk UMKM, mudah digunakan dan dikelola, tidak mengharuskan penguasaan mendalam pada teknologi baru, memungkinkan pelaku UMKM lebih fokus pada konten konvensional pada media penjualannya, dan membuat medianya memiliki kemampuan visualisasi yang dapat membantu calon pembeli menyusun sendiri produk yang akan dipesan secara akurat.

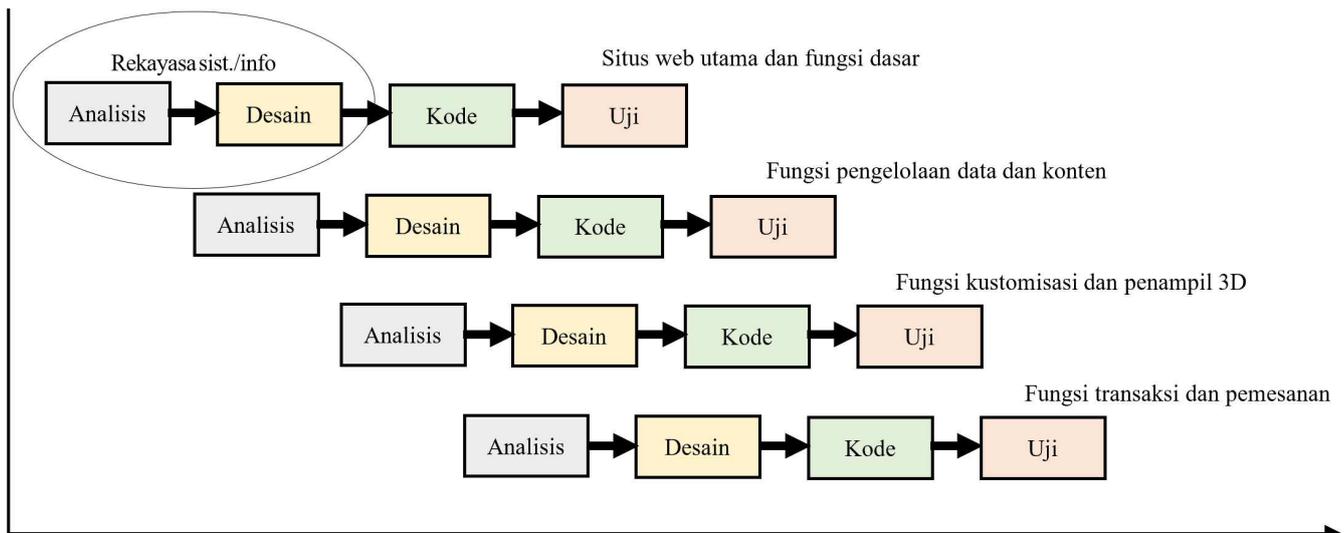
II. METODE

Pengumpulan kebutuhan yang dilakukan di awal penelitian melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi data produk dari pihak UMKM menghasilkan ringkasan informasi dasar berikut ini:

- Dibutuhkan media online yang dapat mencakup pengunjung seluas mungkin.
- Media dapat mempromosikan UMKM beserta produk-produknya.
- Media dapat menampilkan produk mereka yang khas dan unik dengan detail tinggi.
- Tampilan produk dapat memberikan kesan yang baik dan menarik bagi pengunjung serta terintegrasi dengan baik dalam media.
- Pengunjung dapat memilih untuk menyesuaikan bentuk produk yang mereka inginkan berdasar pilihan yang ada.
- Penyesuaian produk menghasilkan gambaran tampilan akhir yang dapat dicermati dengan cara seperti di dunia nyata.
- Pengelolaan data dan isi media mudah dilakukan.
- Penambahan konten dan elemen terutama informasi produk yang akan ditawarkan dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.
- Transaksi dapat dilakukan dari media tanpa menggunakan sistem lain terpisah.
- Pengunjung tidak hanya dapat membeli produk yang tersedia, namun juga dapat memesan dari pilihan maupun dari yang disusun sesuai keinginannya.

Informasi kebutuhan dasar tersebut menjadi dasar interpretasi awal sistem yang dibutuhkan yaitu sebuah media online berbasis web. Semua perangkat, platform, maupun sistem operasi dapat mengakses web, sehingga berpotensi lebih besar untuk dikunjungi calon konsumen. Sedangkan modus tampilan produk adalah dengan grafika 3D karena dapat meniru cara menampilkan produk di dunia nyata melalui penggunaan teknik navigasi lingkungan 3D. Kebutuhan implementasi grafika 3D dalam web menjadi dasar untuk mengutilisasi teknologi Web3D.

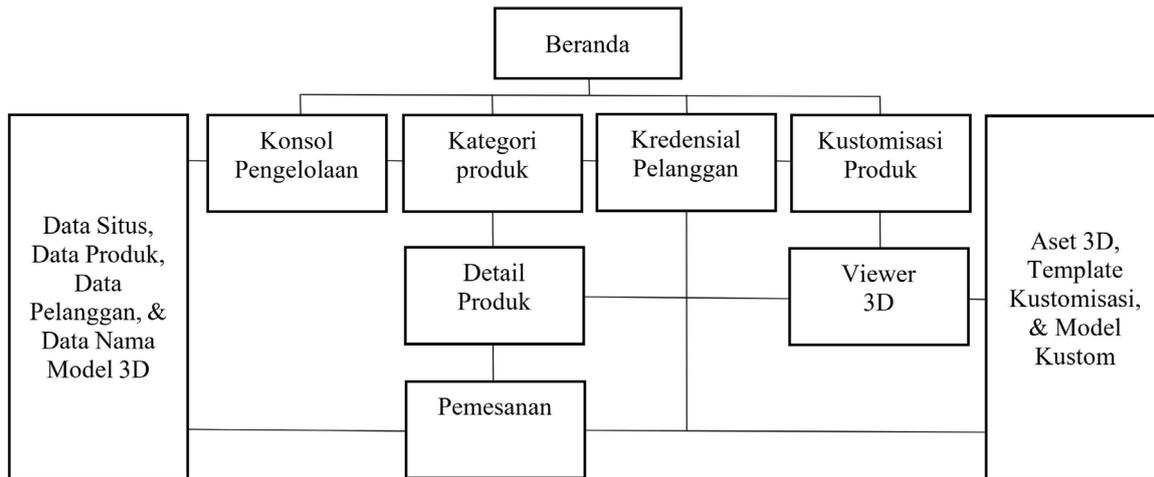
Sebagai sebuah penelitian pengembangan, metode pengembangan yang dipilih untuk merealisasikan solusi yang dibutuhkan berdasarkan interpretasi awal di atas adalah model incremental [32]. Metode yang termasuk kategori evolusioner ini dianggap sesuai karena terdapat beberapa fungsionalitas yang harus dikembangkan oleh para anggota tim pengembangan namun terdapat fungsionalitas dasar yang harus didahulukan yaitu penyiapan situs web utama. Semua fungsi lain yang melengkapi fungsionalitas dasar ditambahkan menggunakan hasil dari langkah pengembangan fungsi sebelumnya. Model incremental mengakomodasi hal tersebut karena pengembangan semua fungsi memerlukan pengerjaan dalam suatu urutan seperti pada model sekuensial linier [33] namun dikerjakan dalam waktu yang hampir sama. Meskipun bukan sepenuhnya paralel, cara ini mempercepat pengembangan karena produk dasar dapat segera dihasilkan, kemudian fungsi-fungsi lain menyusul dalam waktu yang tidak lama. Langkah pengerjaan semi paralel ini dapat memperpendek waktu pengembangan dengan kode yang lebih bersih [34] sehingga mengurangi kompleksitasnya [35], dibandingkan penggunaan metode lain yang bersifat iteratif dalam lingkaran tertutup seperti misalnya Agile dan Prototyping. Metode iteratif lain tersebut tidak memungkinkan aplikasi yang segera dapat digunakan oleh pengguna seperti yang dihasilkan metode incremental. Sifat incremental membuat aplikasi terdiri atas sistem basis dan modul-modul penambah fungsionalitas, dimana semua modul dari increment selanjutnya didasarkan pada sistem basis yang sejak awal dirancang untuk mengakomodasi semua fungsionalitas dan data dari modul yang ditambahkan belakangan, sehingga meminimalkan potensi masalah integrasi fungsionalitas setiap kali sebuah increment selesai dibangun. Iteratif dalam putaran tertutup juga berpotensi menambah waktu pengembangan disebabkan sifat tertutupnya yang memungkinkan putaran tidak terdefinisi jumlahnya. Adaptasi model incremental dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar. 1. Adaptasi metode pengembangan model incremental

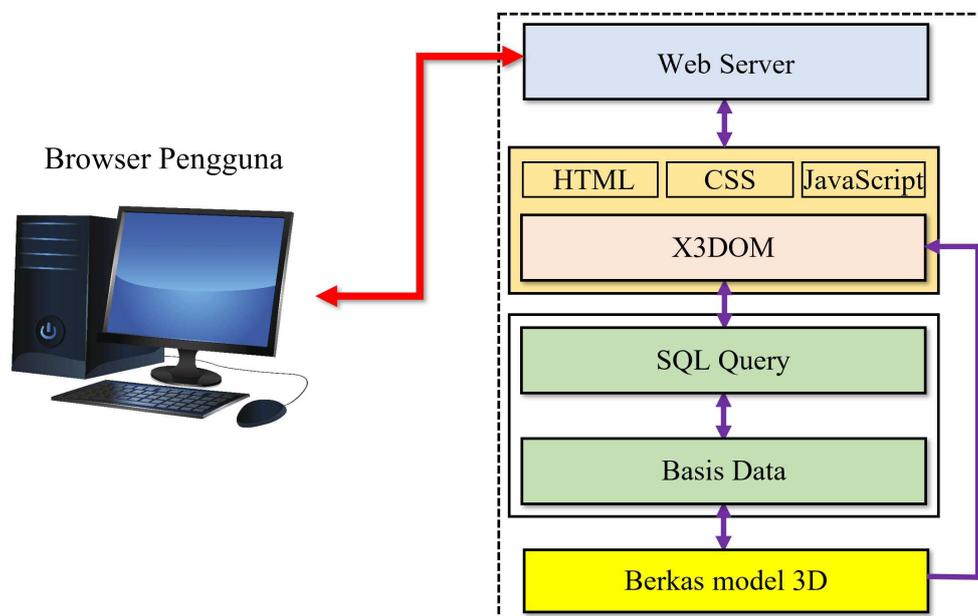
Fokus utama kebutuhan yang harus diaplikasikan pada calon sistem yang dibangun adalah kemudahan dan kesederhanaan, karena pihak UMKM mensyaratkan untuk tidak dibebani dengan pekerjaan tambahan agar dapat memanfaatkan implementasi teknologi baru. Dengan demikian, dasar utama pemilihan teknologi adalah pada kemudahan implementasi serta penggunaan dan pengelolannya dalam operasional UMKM sehari-hari. Oleh karena itu teknologi Web3D yang dipilih adalah X3DOM yang dapat menggunakan format standar konsorsium Web3D yaitu X3D tanpa harus menginstal plugin ke browser. X3DOM yang bersifat deklaratif lebih mudah digunakan daripada WebGL yang bersifat imperatif [36], juga menjadi salah satu format yang paling banyak digunakan [37]. X3DOM memberikan kemudahan pembuatan model 3D sebagai representasi produk dalam situs dan tidak memerlukan pengkodean khusus untuk dapat menggunakan model 3D dalam halaman konvensional sekaligus memungkinkan pengunjung berinteraksi secara mudah dengannya. Berbeda dengan umumnya solusi sejenis yang digunakan oleh perusahaan komersial besar yang menggunakan WebGL dan JavaScript, solusinya menjadi kompleks karena harus ada kode yang ditulis khusus dalam situs untuk setiap interaksi ke model 3D. Meskipun terdapat overhead demi kemudahan penggunaan, kinerja X3DOM tetap bagus sehingga menjadi pilihan implementasi dibandingkan langsung menggunakan WebGL [38][39]. Efisiensi waktu dan tenaga dapat dimunculkan dari penggunaan X3DOM karena deskripsi interaksi dimasukkan langsung ke model 3D saat dibuat dengan perangkat lunak pembuatan model 3D sehingga pengguna tidak perlu mengkodekannya dalam halaman [40]. Pengguna akan lebih dimudahkan dalam penyiapan model 3D maupun penggunaannya dalam situs, karena laman menjadi lebih sederhana dan pengguna dapat lebih fokus ke pembuatan konten konvensional yang mereka lebih familiar.

Berdasarkan informasi kebutuhan dasar yang diperoleh dari pihak UMKM, diinterpretasikan bahwa situs web yang dibutuhkan akan memiliki beberapa fungsi utama, yaitu menampilkan produk beserta informasi terkait, pengelolaan data dan konten situs (termasuk data pengguna dan data transaksi), pemrosesan transaksi produk tersedia dan pemesanan produk, kustomisasi produk pesanan, dan informasi tentang pihak UMKM pengelola situs serta beberapa hal terkait. Semua detail kebutuhan untuk setiap increment telah dibentuk dalam permodelan proses dan data, dan dilengkapi dengan dokumen spesifikasi. Secara umum, ringkasan dari kebutuhan fungsi dalam situs kemudian dibentuk menjadi rancangan struktur situs seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



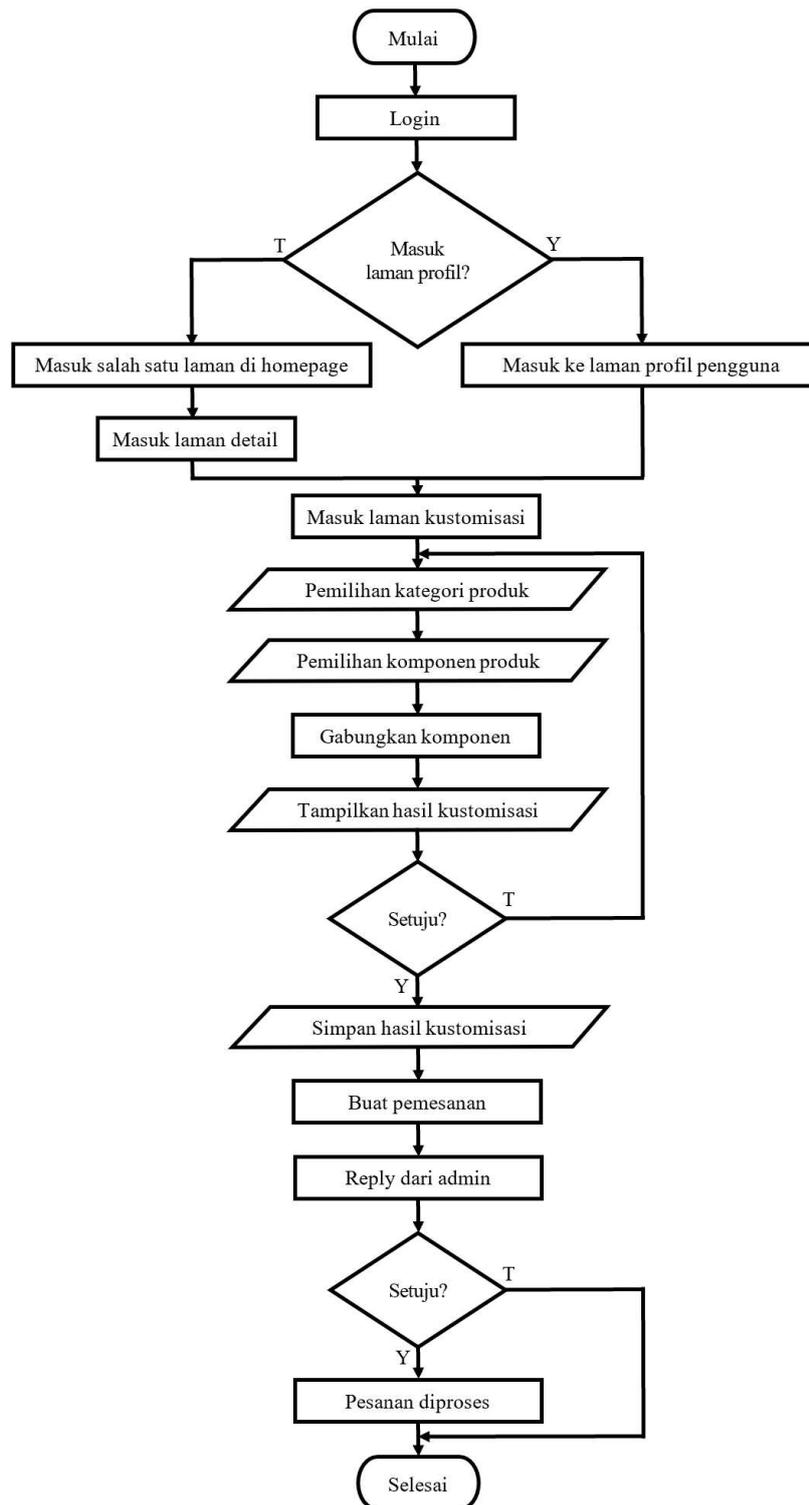
Gambar. 2. Rancangan struktur situs

Arsitektur sistem yang dibangun untuk merealisasikan solusi kemampuan kustomisasi dengan tampilan 3D dalam situs web ini diperlihatkan dalam Gambar 3. Dasar perancangan arsitektur ini adalah kesederhanaan yang dibutuhkan agar modifikasi pada situs tidak terlalu banyak, karena penekanannya pada adaptasi teknologi untuk menampilkan 3D pada sistem yang menggunakan teknologi web server konvensional. Sistem penampil model 3D menggunakan X3DOM akan digunakan dalam fungsi kustomisasi dan semua halaman yang menampilkan detail produk, sehingga disisipkan pada template halaman. Karena sistem kustomisasi menggunakan metode konkatenasi elemen, maka aset berupa model 3D tidak disimpan dalam basis data melainkan disimpan pada repositori dalam bentuk aslinya sebagai model 3D dengan format X3D. Hal ini juga membantu pengelola mengurangi kerumitan dalam penambahan aset baru untuk situs karena hanya akan memasukkan data penyerta saat melakukan manajemen data, sedangkan model 3D dapat langsung diunggah ke repositori server. Aspek keamanan juga diperhatikan melalui penggunaan enkripsi AES-256 pada data pengguna dan token password reset, dan menggunakan https agar data yang dipertukarkan disandikan terlebih dahulu. Bagian transaksi menggunakan API pihak ke-tiga yaitu Midtrans yang telah menerapkan standar pengamanan data sehingga semakin mengurangi potensi masalah.



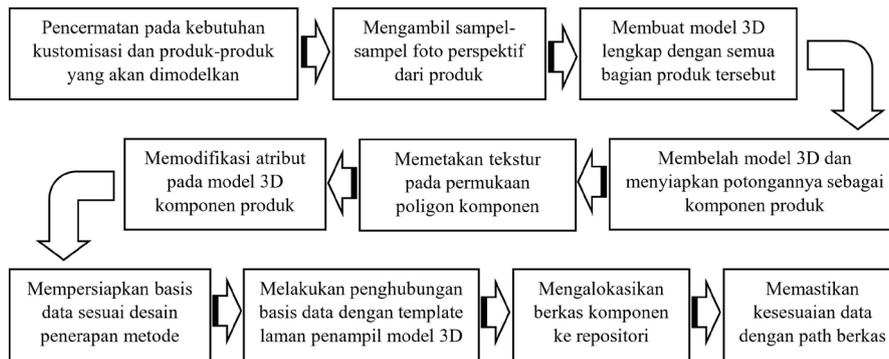
Gambar. 3. Arsitektur sistem kustomisasi

Rancangan proses kustomisasi sampai ke pemesanan oleh pengguna diperlihatkan dalam Gambar 4. Pengguna sebagai pengunjung biasa dapat mencoba proses kustomisasi, namun harus terdaftar dulu dalam sistem bila hendak melakukan pemesanan.



Gambar. 4. Alur proses kustomisasi sampai ke pemesanan

Selain menyediakan data tekstual dan citra penyerta yang digunakan sebagai elemen maupun kandungan isi situs web, dilakukan pula penyediaan konten spesifik yaitu model 3D. Model 3D harus dibuat berdasarkan produk-produk mitra, yang bersifat spesifik dan unik. Metode yang diadaptasi untuk penelitian ini mensyaratkan beberapa hal yang harus disiapkan, di antaranya adalah penyiapan model 3D induk penerima hasil kustomisasi, model 3D komponen yang akan dipilih pengguna, dan basis data yang mengacu ke semua berkas komponen. Urutan pekerjaan penyiapan terkait model 3D diperlihatkan dalam Gambar 5.

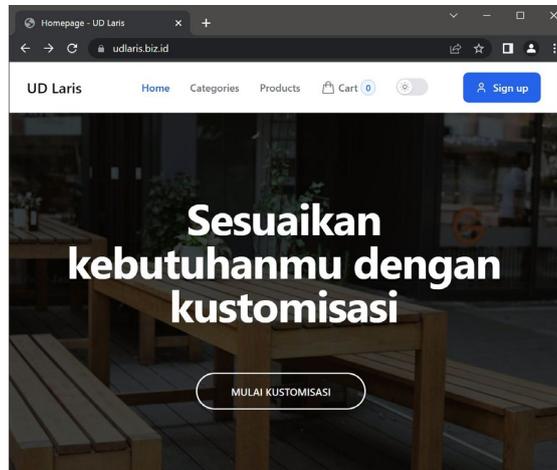


Gambar. 5. Urutan penyiapan model 3D untuk fungsi kustomisasi

Kustomisasi menggunakan model 3D memerlukan perhatian khusus agar tidak memunculkan masalah di sistem pengguna. Karena belum diketahui batas optimal dalam penggunaan model 3D, maka penelitian sekaligus menjalankan eksperimen utilisasi model 3D untuk melihat limitasi sistem pada berbagai keadaan. Tidak dilakukan perencanaan kapasitas sistem secara khusus dan uji beban yang spesifik karena pengembangan berfokus pada durasi pengembangan yang pendek melalui penggunaan metode incremental agar segera dapat dipublikasi ke internet, sehingga dapat secepatnya menarik pengunjung secara online. Kesesuaian hasil pengembangan dengan kebutuhan UMKM divalidasi dengan UAT (*User Acceptance Test*) melalui metode Alpha dan Beta test oleh pihak UMKM dan pengguna akhir melalui tingkat penerimaan mereka.

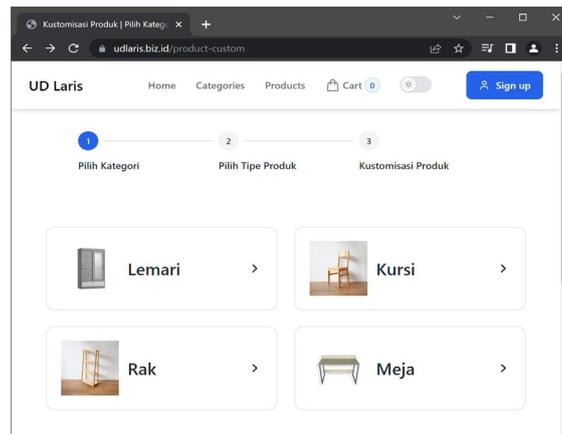
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe situs hasil pengembangan diunggah ke server hosting agar dapat diakses secara online oleh pengguna karena terdapat kebutuhan untuk uji Beta secara *live* yang menjadi bagian UAT. Gambar 6 memperlihatkan tampilan *homepage* (beranda) situs hasil pengembangan yang telah dipublikasikan, sekaligus menjadi *landing page* situs web ini.



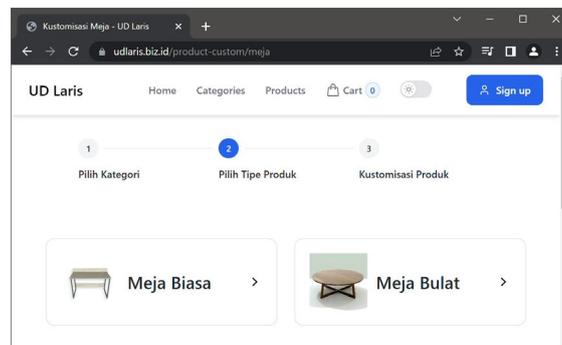
Gambar. 6. Tampilan beranda situs hasil pengembangan

Pada bagian bawah dari laman beranda ini terdapat berbagai informasi lain termasuk kategori produk yang ditawarkan. Bagian-bagian lain yang umum terdapat dalam situs web penjualan seperti misalnya tampilan produk-produk dalam setiap kategori tidak akan dibahas secara khusus karena bukan merupakan fokus dari pengembangan media online penjualan UMKM. Oleh karena itu tampilan berikutnya yang diperlihatkan pada Gambar 7 adalah tampilan setelah pengguna memberikan klik pada tombol bertuliskan **MULAI KUSTOMISASI** di bagian tengah laman beranda.



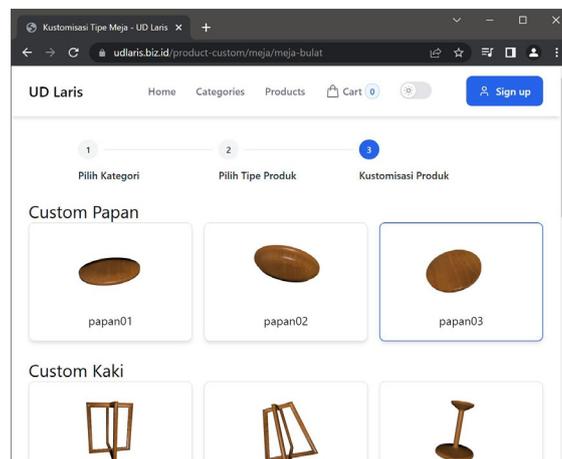
Gambar. 7. Tampilan pemilihan kategori produk untuk dikustomisasi

Kategorisasi produk UMKM juga digunakan dalam bagian kustomisasi, sehingga pengguna dapat memilih jenis produk yang ingin disesuaikan dengan keinginannya. Demikian pula dengan sub-kategorinya. Dimisalkan pengguna memilih jenis “Meja”, maka akan muncul sub-kategori “Meja Biasa” dan “Meja Bulat” seperti diperlihatkan dalam Gambar 8. Sub-kategori dalam fitur ini disebut sebagai tipe produk, yang merupakan kategorisasi berikutnya untuk memilih jenis produk yang lebih spesifik sebelum dilakukan proses kustomisasi oleh pengguna.



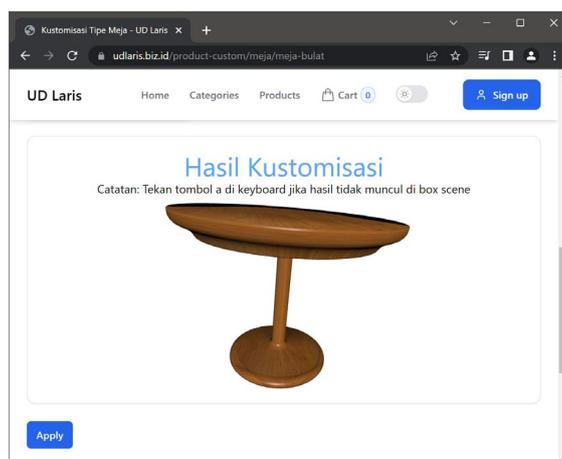
Gambar. 8. Tampilan pemilihan tipe produk untuk dikustomisasi

Pilihan tipe produk untuk dikustomisasi disediakan dalam langkah ini agar tidak terlalu banyak pilihan yang muncul dalam satu laman saat dilakukan kustomisasi. Sebagai contoh, pengguna memilih “Meja Bulat”, maka yang akan ditampilkan adalah laman bagian awal kustomisasi yang hanya memberikan pilihan untuk membangun meja dengan papan berbentuk bulat. Pemisahan ini juga untuk menghindarkan kebingungan pengguna pada komponen produk furnitur mana saja yang dapat dikombinasikan sebagai produk yang akan dipesan, karena bila semua jenis meja ditampilkan bersama maka komponen yang ditampilkan menjadi sangat banyak. Karena telah dikelompokkan berdasar tipe produk, maka pilihan kustomisasi menjadi lebih pendek dan ringkas, seperti ditampilkan dalam Gambar 9. Tampilan tersebut juga menjadi bagian awal langkah kustomisasi produk sebelum mendapatkan hasil akhir sesuai pilihan pengguna. Pengguna dapat mencermati setiap komponen menggunakan navigasi 3D sebelum memilihnya.



Gambar. 9. Tampilan pemilihan komponen untuk kustomisasi

Pengguna cukup memilih mana komponen produk yang diambil dengan cara memberikan klik pada tombol radio di depan pilihan tiap komponen. Setelah itu memberikan klik pada tombol **Apply** di bagian bawah laman. Hasil pemilihan komponen menjadi sebuah produk lengkap akan ditampilkan pada kotak di bawah pilihan komponen produk, seperti diperlihatkan dalam Gambar 10. Perlu digaris-bawahi bahwa dalam laman ini, tampilan komponen telah menggunakan modus grafika 3D. Dengan demikian pengguna dapat mencermati bentuk dari komponen yang hendak dipilihnya dengan berbagai cara penceramatan seperti di dunia nyata. Metode ini termasuk inovatif dan belum dijumpai pada sistem lain yang juga telah memiliki kemampuan kustomisasi karena pengguna bahkan dapat melihat detail tiap komponen secara 3D sebelum nantinya digabungkan. Sistem lain yang serupa umumnya mengandalkan pada foto, atau render 3D yang menjadi preview komponen, atau bahkan tanpa ada visualisasi sama sekali. Hal ini membuat pengguna harus menebak-nebak ketika membuat pilihan, atau terpaksa mencoba semua pilihan demi mengetahui seperti apa tampilan setiap pilihan yang ada. Dalam fitur kustomisasi hasil penelitian ini, selain semua komponen dapat dicermati sebelum digabungkan, tampilan hasil kustomisasi juga dapat diubah secara instan setiap kali memilih komponen lain, membuat pengguna dapat langsung membuat perbandingan hasil kustomisasinya.



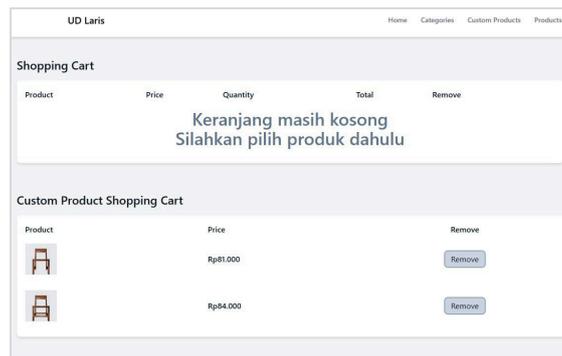
Gambar. 10. Tampilan hasil kustomisasi

Dalam tampilan grafika 3D penuh, model 3D dari produk hasil kustomisasi dapat dilihat dari berbagai arah dan sudut pandang dengan ragam cara navigasi yang berbeda. Tampilan model 3D juga dapat diperbesar maupun diperkecil. Cara mencermati calon produk seperti ini memungkinkan pengguna atau calon pembeli untuk lebih detail dalam mencari pilihan yang sesuai keinginannya sebelum menetapkannya sebagai rancangan akhir produk yang hendak dipesan ke pihak UMKM. Mereka dapat melihatnya dari berbagai sisi seperti di dunia nyata, tanpa dibatasi bidang pandangan seperti yang dapat terjadi bila hanya menggunakan foto ataupun video. Akurasi rancangan produk hasil kustomisasi dengan bentuk akhir dapat menjadi sangat tinggi, karena pengguna bukan mengasumsikan atau hanya membayangkan saja, namun bahkan dapat melihat calon produk yang akan dibelinya sebelum dikerjakan oleh pihak UMKM.

Sebagai sebuah media penjualan online, situs web yang dibangun dalam penelitian ini juga menyertakan fitur-fitur yang umumnya terdapat dalam media penjualan yaitu menampilkan kategori produk yang tersedia dan juga produk-produk yang siap dibeli. Subsistem pengelolaan juga telah ditambahkan untuk mempermudah pihak UMKM mengelola data situs. Situs juga telah mengakomodasi sistem transaksi sampai ke pembayaran yang bekerjasama dengan pihak ke-tiga yaitu midtrans, serta menggunakan API atau pustaka yang terhubung ke penyedia layanan pengiriman eksternal sehingga biaya pengiriman dapat ditunjukkan kepada calon pembeli bila menghendaki pengiriman lewat kurir spesifik semisal lokasi tidak terjangkau sistem pengiriman internal milik UMKM. Namun karena fokus pembahasan adalah pada kemampuan kustomisasi dengan tampilan secara 3D, maka bagian-bagian tersebut tidak dibahas lebih jauh.

Fitur keranjang belanja disediakan dalam situs agar pengunjung situs mudah mencatatkan apa saja produk yang akan mereka beli ataupun mereka pesan, seperti diperlihatkan contohnya dalam Gambar 11. Kemampuan pemesanan menjadi penting karena stok produk tidak selalu ada atau dalam jumlah sangat sedikit karena biasanya hanya berfungsi sebagai contoh. Praktek seperti ini ini umum terjadi pada UMKM termasuk juga UMKM mitra penelitian, untuk menghemat penggunaan dana yang terbatas, sehingga mereka lebih suka menerima pesanan karena akan lebih memastikan pemasukan dibandingkan menyediakan stok produk yang kemungkinan laku terjual tidak dapat dipastikan. Oleh karena itu kemampuan kustomisasi dan pemesanan menjadi sangat sesuai untuk diterapkan dalam media penjualan online UMKM, terutama dengan visualisasi calon produk pesanan yang dapat

lebih meyakinkan calon pembeli pada apa yang akan dipesannya.



Gambar. 11. Tampilan keranjang belanja calon pembeli

Pengujian dilakukan sesuai rencana awal yaitu menggunakan metode UAT, dalam hal ini uji yang digunakan adalah Alpha test dan Beta test. Sebagai uji teknis pada kemampuan situs terutama pada fitur kustomisasi, terdapat 4 fokus uji atau skenario pada Alpha test. Masing-masing skenario memunculkan 5 pertanyaan yang dibuat berdasarkan fungsi-fungsi utama serta rangkaian pekerjaan yang harus dilakukan pengguna dalam rangka menggunakan fitur kustomisasi produk. Alpha test yang dijalankan dalam lingkungan terkendali oleh tim peneliti dan wakil dari mitra UMKM telah memverifikasi kemampuan aplikasi sesuai rancangan awal yang didasarkan hasil analisis pada deskripsi kebutuhan mitra UMKM. Ringkasan berupa kelompok skenario yang melingkupi semua pertanyaan dalam Alpha test diperlihatkan dalam Tabel I.

TABEL I
 RINGKASAN HASIL ALPHA TEST

Fokus uji (skenario)	Tester 1	Tester 2	Tester 3
pengelolaan data model 3D	√	√	√
visualisasi komponen dengan model 3D	√	√	√
kustomisasi dengan hasil sesuai pilihan	√	√	√
pengiriman data hasil ke bagian transaksi	√	√	√

Hasil dari Alpha test menunjukkan bahwa secara teknis situs web telah fungsional dan dapat bekeja dengan baik sesuai rancangan. Oleh karena itu dilanjutkan ke bagian berikutnya yaitu Beta test. Sebagai uji yang mensyaratkan tidak adanya campur tangan pengembang serta dilakukan dalam lingkungan sebenarnya oleh pengguna, maka versi terakhir hasil Alpha test kemudian diunggah ke server. Sebanyak 20 orang menjadi tester golongan pengunjung atau pengguna, sementara dari pihak mitra UMKM terdapat 2 orang yang menjadi tester golongan pengelola. Kepada mereka diberikan URL situs yang diuji, disertai URL yang berisi pernyataan-pernyataan yang perlu dicermati para tester sebelum menyatakan sikapnya pada produk yang diuji. Daftar pernyataan Beta test dibangun berdasarkan interpretasi kebutuhan yang diperoleh pada awal penelitian, kemudian disesuaikan dengan kriteria subjektivitas pengguna pada fungsi, tampilan, kinerja, akurasi, dan pengalaman pemakaian. Pengguna dipersilakan menggunakan perangkat apapun untuk mengakses situs web, dengan prasyarat yaitu memiliki kompatibilitas dengan HTML5 sebagai standar yang telah digunakan semua browser modern dan telah dirilis sejak tahun 2014.

Para tester golongan pengguna menyatakan sikapnya pada 20 pernyataan yang menjadi poin uji. Untuk setiap pernyataan terdapat 5 pilihan sikap yaitu “Sangat Tidak Setuju”, “Tidak Setuju”, “Tidak Tahu”, “Setuju”, dan “Sangat Setuju”. Skor untuk setiap pilihan mulai dari 1 sampai dengan 5. Hasil keseluruhan dihitung menggunakan skala Likert untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna, baik pada golongan pengguna maupun golongan pengelola berdasarkan nilai akhir yang diperoleh.

Perhitungan untuk jangkauan nilai dalam skala Likert dilakukan sebagai berikut, dimana M_k adalah nilai maksimal; M_n adalah nilai minimal; S_k adalah skor maksimal; S_n adalah skor minimal; j_m adalah jumlah pengujian; j_p adalah jumlah pernyataan; k_1 adalah kuartil 1; md adalah median; dan k_3 adalah kuartil 3.

$$M_k = S_k \times j_m \times j_p \quad (1)$$

$$M_k = 5 \times 20 \times 20 = 2000$$

$$M_n = S_n \times j_m \times j_p \quad (2)$$

$$M_n = 1 \times 20 \times 20 = 400$$

$$md = (Mk + Mn) / 2 \tag{3}$$

$$md = (2000 + 400) / 2 = 1200$$

$$k1 = (Mn + md) / 2 \tag{4}$$

$$k1 = (400 + 1200) / 2 = 800$$

$$k3 = (md + Mk) / 2 \tag{5}$$

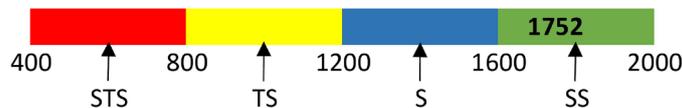
$$k3 = (1200 + 2000) / 2 = 1600$$

Jangkauan nilai hasil perhitungan diperlihatkan dalam Tabel II. Kategori sikap yang disusun berdasar jangkauan nilai adalah “Sangat Tidak Setuju” (STS), “Tidak Setuju” (TS), “Setuju” (S), dan “Sangat Setuju” (SS). Tingkat persetujuan akan menjadi indikasi tingkat penerimaan pengguna. Sebagai sebuah perhitungan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna, maka tidak menyertakan status penerimaan netral karena tidak dapat disebut menerima atau tidak menerima, meskipun dalam daftar pernyataan yang harus direspon oleh tester menyertakan pilihan “Tidak Tahu”.

TABEL II
 JANGKAUAN NILAI

Kategori sikap	Batas skor	Nilai
SS	Kuartil 3 $\leq n \leq$ Skor Maksimal	1600 – 2000
S	Median $\leq n <$ Kuartil 3	1200 – 1599
TS	Kuartil 1 $\leq n <$ Median	800 – 1199
STS	Skor minimal $\leq n <$ Kuartil 1	400 – 799

Jangkauan nilai tersebut kemudian digambarkan sebagai skala penerimaan yang diperlihatkan dalam Gambar 12. Perhitungan dari skor hasil pengujian oleh para beta tester golongan pengguna menghasilkan nilai 1752. Berdasarkan skala penerimaan tersebut, nilai masuk ke dalam kategori sikap sangat setuju yang berarti para pengguna dapat dikatakan sangat menerima layanan kustomisasi secara 3D sebagai bagian dari fasilitas dalam media penjualan online UMKM yang dibangun pada penelitian ini.



Gambar. 12. Nilai hasil uji Beta oleh golongan pengguna dalam skala penerimaan

Dari golongan pengelola, terdapat 25 pernyataan yang perlu direspon tester, sedangkan jumlah tester golongan pengelola adalah 2 orang. Secara singkat hasil perhitungan untuk nilai minimal adalah 50, nilai maksimal adalah 250, median adalah 150, kuartil 1 adalah 100, dan kuartil 3 adalah 200. Berdasarkan perhitungan, nilai hasil uji adalah 219 yang bila dilihat dari skala penerimaan hasil perhitungan yang diperlihatkan dalam Gambar 13 masuk dalam kategori sikap sangat setuju. Dengan demikian dapat disampaikan bahwa dari sisi pengelola, mereka menyatakan sangat menerima fitur kustomisasi pada situs web yang merupakan produk luaran hasil penelitian pengembangan ini.



Gambar. 13. Nilai hasil uji Beta oleh golongan pengelola dalam skala penerimaan

Dalam pengembangan yang berorientasi pada kebutuhan pengguna untuk aplikasi dengan inovasi yang terkait pengalaman pengguna dalam hal ini pada kustomisasi yang menggunakan grafika 3D, UAT terutama Beta test telah terbukti menjadi uji yang efektif. Selama kebutuhan dapat direfleksikan dengan pernyataan yang sesuai, maka hasil uji akan bersifat representatif karena tingkat penerimaan pada pernyataan menunjukkan penerimaan pengguna pada elemen solusi yang disediakan berdasarkan kebutuhan. Beta test sendiri harus dijalankan pada lingkungan penggunaan sebenarnya, sehingga tingkat penerimaan pengguna juga menggambarkan sikap pengguna apabila prototipe telah naik ke status produksi dan benar-benar digunakan oleh pengunjung maupun pihak UMKM.

Sebagai uji yang digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan, Beta test dalam penelitian ini menggunakan beragam pernyataan spesifik guna mendapat respon subjektif dari tester, dan bukan menerima pernyataan respon acak dari tester tanpa pengendali ruang lingkup uji. Meskipun demikian, tester dapat menuliskan komentar tambahan terkait fitur tersebut sebagai isian yang bersifat optional. Selain menunjukkan tingkat penerimaan calon

pengguna, Beta test juga mengungkap informasi bahwa mencermati komponen produk mebel secara 3D memberikan imersi seperti mencermati komponen di dunia nyata, yang bahkan tidak pernah dapat dilakukan karena umumnya hanya dapat mengamati hasil jadi atau membayangkannya saja. Semua tester menyatakan sangat setuju bahwa bilamana mereka akan melakukan pemesanan produk terkustomisasi, fitur kustomisasi secara grafika 3D ini akan sangat membantu menentukan pilihan produk yang akan dipesan. Mayoritas tester juga menyatakan sangat setuju bahwa hasil dari fitur kustomisasi dapat membuat mereka lebih yakin untuk melakukan pemesanan.

Beberapa catatan khusus perlu disampaikan berdasarkan temuan-temuan dari hasil penelitian. Pihak UMKM yang umumnya memiliki sumberdaya personal terbatas tidak perlu dibebani kewajiban untuk menguasai teknologi baru terlalu mendalam karena kesederhaan yang dibawa oleh X3DOM sebagai teknologi utama solusi yang dibangun. Mereka hanya perlu menggunakan perangkat lunak permodelan 3D untuk mempersiapkan representasi produknya, ataupun menggunakan perangkat keras tambahan berupa scanner 3D namun ini akan memerlukan langkah penyesuaian pada model hasil pemindaian. Dalam situs web yang telah ditambahkan fungsi penampil model 3D dan kustomisasi, penambahan model 3D dapat dilakukan seperti saat menambahkan elemen konvensional dalam situs web sehingga mengurangi kompleksitas dalam melakukan pembaruan konten situs.

Karena menggunakan X3DOM, pustaka rendering model 3D yang digunakan tidak perlu dilakukan pembaruan karena mengacu langsung ke konsorsium X3DOM, sehingga apapun perubahan yang terjadi pada pustaka akan langsung digunakan oleh laman yang mengacu. Kompatibilitas sepenuhnya ke versi sebelumnya membuat laman template tidak memerlukan perubahan kode. Hal ini berbeda dengan kerangka kerja lain yang memerlukan penyesuaian pustaka secara berkala pada server, dan seringkali terjadi inkompatibilitas bilamana kode tidak disesuaikan dengan pustaka yang lebih baru. Pengacuan langsung ke server konsorsium X3DOM memang menambahkan waktu pemuatan laman yang menampilkan model 3D bila dibandingkan menggunakan pustaka lokal di server, namun tambahan waktu dalam satuan detik ini tidak diperhatikan pengguna karena dianggap wajar. Selain itu, keuntungan lain yaitu bebas perawatan berkala; tanpa proses instalasi pustaka; tanpa penyesuaian kode dan kompatibilitas sepenuhnya dengan versi pustaka baru membuat pilihan kerangka kerja ini semakin sesuai kebutuhan UMKM.

Pilihan komponen yang ditampilkan secara 3D memang membuat pengguna dapat mencermati setiap komponen dengan detail tinggi. Namun teknik visualisasi ini sebenarnya dapat memberikan pembebanan tambahan ke perangkat pengguna. Meskipun model 3D telah dioptimalkan sehingga berukuran sangat kecil agar tidak memunculkan beban tambahan saat pengiriman data lewat jaringan, beberapa perangkat ponsel yang digunakan sebagai alat pengujian tidak selalu berhasil menampilkan semua model 3D dalam laman kustomisasi. Namun setelah dilakukan pemuatan ulang barulah model 3D tersebut muncul, atau yang sebelumnya tidak terlihat menjadi muncul dan yang sudah muncul menjadi hilang sehingga seperti bergantian. Temuan ini tidak terlihat pada situs yang ditampilkan menggunakan perangkat komputer multiguna seperti PC maupun notebook/laptop. Kemampuan *rendering* yang tidak terlalu tinggi pada beberapa ponsel tertentu diperkirakan menjadi penyebabnya, karena pada ponsel yang termasuk berkemampuan menengah maupun *high-end*, masalah tersebut jarang ditemui.

Menampilkan pilihan komponen secara 3D ternyata juga memunculkan temuan lain. Meskipun penurunan performa *rendering* model 3D hampir tidak nampak pada semua perangkat yang digunakan untuk menguji sistem kustomisasi, namun ternyata jumlah model 3D yang dapat ditampilkan secara simultan tidak dapat terlalu banyak. Dari eksperimen dalam penelitian, diketahui bahwa menggunakan lebih dari 16 pilihan komponen akan memunculkan masalah kegagalan menampilkan model 3D, yang terjadi pada perangkat komputer multiguna maupun perangkat spesifik seperti ponsel cerdas yang berkemampuan tinggi sekalipun. Hal ini juga menjadi salah satu penyebab yang mendasari tampilan komponen dikategorisasikan lebih lanjut dalam tipe-tipe produk agar jumlah komponen yang ditampilkan dalam laman menjadi lebih sedikit, karena masalah tersebut belum dapat diatasi saat penelitian. Beberapa pilihan solusi telah direncanakan untuk dilakukan rangkaian eksperimen melalui penelitian selanjutnya, diantaranya adalah mengurangi segmen lebih lanjut, menurunkan resolusi peta tekstur, dan penggunaan quadrilateral. Pengurangan segmen berlebihan dapat membuat detail visual komponen menurun bahkan dapat terjadi deformasi, oleh karena itu harus memiliki nilai pembatas. Hal yang sama berlaku dalam penurunan resolusi peta tekstur, karena dapat menurunkan tingkat realisme tampilan komponen. Penggunaan quad maupun n-gon yang lebih besar dapat mengurangi dampak penurunan detail visual dari pengurangan segmen, namun kompleksitasnya berpotensi menurunkan nilai fps (*frame per second*), hanya saja jarang terjadi pengguna bernavigasi pada lebih dari satu model 3D dalam satu saat. Penggunaan NURBS juga berpotensi serupa dengan n-gon, sehingga eksperimen selanjutnya harus memperhatikan ketelitian pada detail permukaan model.

Pada awalnya informasi harga komponen dalam laman kustomisasi belum dapat ditampilkan. Hal ini terkait dengan penggunaan sistem basis data yang menyimpan model 3D komponen produk. Terdapat kesalahan dalam penggunaan tipe data untuk informasi harga, sehingga sekalipun data harga komponen telah berhasil dimasukkan lewat subsistem pengelolaan data dan konten situs web yang disediakan, namun informasi harga tersebut tidak pernah terekam dalam basis data sehingga tidak dapat ditampilkan. Setelah dilakukan penyesuaian tipe data,

informasi harga dapat tampil dalam laman kustomisasi namun tidak konsisten sehingga masih memerlukan modifikasi lebih lanjut. Agar tetap bersifat informatif, maka harga komponen juga ditampilkan dalam laman pemesanan hasil kustomisasi yang merupakan bagian dari sistem transaksi.

Terdapat satu hal yang dianggap cukup serius, yaitu belum ada kamera default pada model 3D. Secara teknis, ini sebenarnya bukanlah suatu masalah, namun terkadang dapat menimbulkan kesalahpahaman pengguna yang mengira bahwa model 3D tidak dapat ditampilkan dalam bagian pemilihan komponen pada laman kustomisasi. Sedemikian banyak model 3D yang harus dibangun sehingga hal ini terlewatkan dan baru disadari setelah masuk tahap *debugging* aplikasi di penghujung fase pengkodean. Karena belum disediakan kamera default, maka model-model 3D tidak semuanya langsung nampak sepenuhnya atau bahkan tidak terlihat dalam frame penampil model 3D. Untuk mengatasi hal ini maka diberikan petunjuk kepada pengguna yang memakai perangkat PC atau sejenisnya agar menekan tombol "A" pada keyboard setelah memberikan klik pada frame tersebut, sehingga model 3D muncul dalam frame penampil model 3D. Selain tidak praktis, hal ini juga dapat terasa merepotkan, terutama pada pengguna perangkat bergerak yang tidak dapat melakukan hal yang sama.

IV. KESIMPULAN

Produk hasil penelitian berupa layanan kustomisasi dapat menjadi solusi yang sederhana, mudah digunakan serta lebih terjangkau untuk diimplementasikan pada media online penjualan produk UMKM. Calon pemakai golongan pengguna maupun pengelola menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi pada layanan kustomisasi dalam situs web ini. Layanan kustomisasi dengan tampilan 3D yang disediakan mudah untuk dikelola, dan kesederhanaan dalam implementasinya memungkinkan pelaku UMKM lebih fokus pada konten konvensional pada media penjualannya. Layanan kustomisasi desain produk menggunakan grafika 3D menjadi inovasi tampilan yang berpotensi memunculkan ketertarikan pada calon konsumen karena memperoleh pengalaman penggunaan yang lebih menyenangkan dibandingkan hanya mengamati foto, sehingga berpeluang lebih besar menjadi transaksi.

Penelitian lebih lanjut dengan tujuan optimasi pada cara menampilkan banyak model 3D sekaligus masih diperlukan. Petunjuk lengkap pada pilihan modus navigasi 3D perlu disediakan secara lebih menonjol terutama untuk pengguna perangkat bergerak agar pengguna dapat lebih memaksimalkan cara berinteraksi dengan model 3D yang ditampilkan. Selain itu, semua model 3D dapat dilakukan modifikasi berupa penambahan kamera default, serta penggunaan atribut lain terutama pencahayaan dan bayangan sehingga representasi digital online dari produk tersebut akan nampak lebih realistis tanpa memunculkan masalah visual lain, termasuk penurunan kinerja prosesor dan memori akibat beban tambahan karena melakukan *rendering* model-model 3D.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Al Chaedar, H. Blongkod, dan V. Taruh. (2023). Pengaruh Modal Sendiri Dan Modal Pinjaman Terhadap Pendapatan Usaha Mikro Kecil Dan Menengah Di Kecamatan Duingingi Kota Gorontalo. *Jurnal Mirai Management*. [Online]. 8(1), hal. 345-355. Tersedia: <https://journal.stieamkop.ac.id/index.php/mirai/article/download/4830/3184>
- [2] R.I. Maulia, P.A. Saputra, L.B. Khoiriyah, dan R. Wahyuningsih. (2024). Pelatihan Branding Produk dan Digital Marketing Bagi UMKM Desa Podoroto. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. [Online]. 5(2), hal. 1351-1357. Tersedia: <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/bernas/article/download/8542/4691/39924>
- [3] A.T. Artanto, Kusnarto, N. Haryono, E. Sholihatin. (Desember 2022). Digitalisasi Usaha Mikro Kecil dan Menengah dalam Membangun Ketahanan Bisnis di Era New Normal. *Journal of Governance and Administrative Reform*. [Online]. 3(2), hal. 163-180. Tersedia: <https://e-journal.unair.ac.id/JGAR/article/download/41772/23611>
- [4] M.W. Hananto, H.P. Susilo, S.N. Ahmad, dan A. Rahman. (Maret 2021). Visualisasi Produk secara 3D dalam Media Promosi dan Pemesanan Online. *Journal of Information System, Graphics, Hospitality and Technology*. [Online]. 03(01), hal. 1-8. Tersedia: <https://jurnal.istts.ac.id/index.php/insight/article/download/138/48>
- [5] B.H. Suharto dan A. Priyanto. (April 2022). Desain Prototipe Sistem Alat Peraga Pendidikan Hologram 3D Portabel dan Interaktif dengan Kendali Gestur Tangan. *Jurnal Buana Informatika*. [Online]. 13(1), hal. 42-53. Tersedia: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jbi/article/view/5436/2604>
- [6] T.S. Dewi, V.R. Setyowati, dan L. Lazuardi. (April 2023). Virtual Reality Tour Sebagai Media Promosi Dan Pembelajaran Alur Pelayanan Rumah Sakit. *Journal of Information Systems for Public Health*. [Online]. VIII(1), hal. 21-31. Tersedia: <https://jurnal.ugm.ac.id/jisph/article/download/72039/36318>
- [7] L.I. Cahyani dan S.T. Raharjo. (April 2023). Strategies of Micro, Small, and Medium Enterprises to be Able to Compete in the International Market. *Return: Study of Management, Economic and Bussines*. [Online]. 2(4), hal. 330-340. Tersedia: <https://return.publikasikupublisher.com/index.php/return/article/download/81/203/627>
- [8] N. Fitrihana. (2022). Penerapan Teknologi Virtual 3D untuk Pengembangan Produk Fesyen di Era Digital. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana*. [Online]. 17(1). Tersedia: <https://journal.uny.ac.id/index.php/ptbb/article/download/59309/19053>
- [9] V. Indiarna. (2023). Inovasi Teknologi Informasi dan Komunikasi di Usaha Mikro Kecil Menengah Pedesaan. *TUTURLOGI: Journal of Southeast Asian Communication*. [Online]. 4(3), hal. 131-141. Tersedia: <https://tuturlogi.ub.ac.id/index.php/tuturlogi/article/download/13290/83>
- [10] P. Sobociński, D. Strugała, K. Walczak, M. Maik, dan T. Jenek. (September 2021). Large-Scale 3D Web Environment for Visualization and Marketing of Household Appliances. Dipresentasikan di AVR 2021 8th International Conference. [Online]. Tersedia: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-87595-4_3
- [11] N. Utami, N. Oktaviani, S. Rohaeni, dan V. Yuliyana. (September 2024). Peran Transformasi Digital Bagi Keberlanjutan Usaha Mikro Di Era Modern. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Digital*. [Online]. 02(01), hal. 423-431. Tersedia: <https://jurnal.itc.web.id/index.php/jebd/article/download/1376/1252/4158>
- [12] M.U. Jaleel. (April 2022). 3D Product Display's Impact on E-Commerce Websites. *International Journal of Current Science (IJCS PUB)*. [Online]. 12(2), hal. 439-443. Tersedia: <https://rjpn.org/ijcs/pub/papers/IJCS22B1045.pdf>
- [13] G.Yu, C. Liu, T. Fang, J. Jia, E. Lin, Y. He, S. Fu, L. Wang, L. Wei, dan Q. Huang. (Oktober 2023). A survey of real-time rendering on Web3D application. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. [Online]. 5(5), hal. 379-394. Tersedia: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096579622000419/pdf?md5=c4670ec907671ad9aa66acfe7664835e&pid=1-s2.0-S2096579622000419-main.pdf>

- [14] X. Hu. (Oktober 2022). The Usability of Visual Design Tool Based on Html5. Dipresentasikan di 2022 World Automation Congress (WAC). [Online]. Tersedia: <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/9933723/9934001/09934171.pdf>
- [15] Y. Liu, D. Bao, L. Ye, dan Y. Chen. (2023). Development of Web3D education platform suitable for schoolchild. *Journal of Image Processing Theory and Applications*. [Online]. 6(1), hal. 112-131. Tersedia: https://www.clausiuspress.com/assets/default/article/2023/12/25/article_1703503637.pdf
- [16] D. V. Shirbhate dan D. S. Ingole. (2018). Adding Life to Virtual Reality Using VRML. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. [Online]. 120(6), hal. 10745-10768. Tersedia: <https://acadpubl.eu/hub/2018-120-6/8/712.pdf>
- [17] M. Starovoytov, D. Rapolu, S. Yang, S. Trivedi, dan F.T.-C. Tsai. (Mei 2024). Large-Scale Visualization of 3D Unstructured Groundwater Model Using Cave Automated Virtual Environment. *Journal of Data science and Modern Techniques*. [Online]. 3(102), hal. 1-13. Tersedia: <https://www.jscholar-online.org/articles/JDMT/Large-Scale-Visualization-of-3D-Unstructured-Groundwater.pdf>
- [18] D. Fan, T. Liang, H. He, M. Guo, dan M. Wang. (2023). Large-Scale Oceanic Dynamic Field Visualization Based on WebGL. *IEEE Access*. [Online]. 11, hal. 82816-82829. Tersedia: <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/10203005.pdf>
- [19] M.W. Hananto. Extending user coverage on virtual campus using Web3D technology: A case study. (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. [Online]. 704(1), 012043. Tersedia: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/704/1/012043/pdf>
- [20] E.A. Syaputra, W. Sartika, dan O.F. Ngabito. (April 2023). Efektivitas Visualisasi 3D dan Augmentend Reality Bagi Optimalisasi Media Informasi dan Promosi Mebel Kayu Jepara di Pasar Online. *COMPACT: Spatial Development Journal*. [Online]. 02(01), hal. 47-55. Tersedia: <https://journal.itk.ac.id/index.php/compact/article/view/848/442>
- [21] A. Palacios-Ibáñez, F. O. Martí, J. D. Camba, dan M. Contero. (2022). The influence of the visualization modality on consumer perception: A case study on household products. *Human Factors in Communication of Design*. [Online]. 49, hal. 160-166. Tersedia: https://openaccess-api.cms-conferences.org/articles/download/978-1-958651-25-4_21
- [22] S. Kim, T.H. Baek, dan S. Yoon. (Juli 2020). The effect of 360-degree rotatable product images on purchase intention. *Journal of Retailing and Consumer Services*. [Online]. 55, 102062. Tersedia: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698919310902>
- [23] V. M. Chavan, J. V. Deshmukh, S. P. Ingle, dan A. M. Chavan. (Oktober 2023). The Effect of 360-Degree Rotatable Product Images on Purchase Intention. *International Journal of Research Publication and Review*. [Online]. 4(10), hal. 591-593. Tersedia: <https://ijrpr.com/uploads/V4ISSUE10/IJRPR18106.pdf>
- [24] O. Pavlova, A. Bashta, M. Kostiuk, dan H.E. Bouhissi. (Maret 2023). Technology and Scenarios for Objects 3D Models visualization using Augmented Reality. Dipresentasikan di 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security (IntelITSIS'2023). [Online]. Tersedia: <https://ceur-ws.org/Vol-3373/paper22.pdf>
- [25] Ó. Hernández-Muñoz. (2023). Analysis of Digitized 3D Models Published by Archaeological Museums. *Heritage*. [Online]. 6(5), hal. 3885-3902. Tersedia: <https://pdfs.semanticscholar.org/3dad/413efe84743ec391283309a1ee2b9f0268c3.pdf>
- [26] M. Yi, Z. Huang, dan Y. Yu. (2022). Creating a Sustainable E-Commerce Environment: The Impact of Product Configurator Interaction Design on Consumer Personalized Customization Experience. *Sustainability*. [Online]. 14(23), 15903. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/365900221_Creating_a_Sustainable_E-Commerce_Environment_The_Impact_of_Product_Configurator_Interaction_Design_on_Consumer_Personalized_Customization_Experience/fulltext/638962237d9b40514e082a23/Creating-a-Sustainable-E-Commerce-Environment-The-Impact-of-Product-Configurator-Interaction-Design-on-Consumer-Personalized-Customization-Experience.pdf
- [27] E. Sandrin dan C. Forza. (September 2023). Visualization in Configurators: Reflections for Future Research. Dipresentasikan di 25th International Workshop on Configuration (ConfWS 2023). [Online]. Tersedia: <https://ceur-ws.org/Vol-3509/paper1.pdf>
- [28] A. Liu dan J. Dong. (2024). 3D Reconstruction and Virtual Reality Display Technology of Tourism Art Resources CAD Based on NN. *Computer-Aided Design & Applications*. [Online]. 21(S14), hal. 17-30. Tersedia: [https://cad-journal.net/files/vol_21/CAD_21\(S14\)_2024_17-30.pdf](https://cad-journal.net/files/vol_21/CAD_21(S14)_2024_17-30.pdf)
- [29] I. Djafar dan I.W. Simpen. (Agustus 2019). Perancangan Aplikasi Virtual Reality 3D Pada Periklanan Perumahan Berbasis Android. *Prosiding SISITI (Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*. [Online]. 7(2), hal. 9-19. Tersedia: <https://ejournal.diponegara.ac.id/index.php/sisiti/article/view/9-19/93>
- [30] A. Prabhakaran, A.-M. Mahamadu, L. Mahdjoubi, P. Manu, K.I. Ibrahim, dan C.O. Aigbavboa. (2021). The Effectiveness of Interactive Virtual Reality for Furniture, Fixture, and Equipment Design Communication: An Empirical Study. *Engineering, Construction and Architectural Management*. [Online]. 28(5), hal. 1440-1467. Tersedia: https://research.manchester.ac.uk/files/184707658/Author_Accepted_Version.pdf
- [31] Metode Kustomisasi Model 3D Furnitur Dalam Web Menggunakan Konkatensi Deskripsi dan Komponen, oleh M.W. Hananto, R.F. Ramadhan, dan Z. Maldini. (11 September 2023). *IDS000006571* [Online]. Tersedia: <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/5d00ad880e28ba1ec4e6b482a106b103c258973829de27f6e2de9d34313c109b?nomor=S00202200166&type=patent&keyword=IDS000006571>
- [32] R.S. Pressman dan B.R. Maxim. "Software Engineering: A Practitioner's Approach," edisi 8. New York: McGraw-Hill Education, 2015, hal. 43-44.
- [33] R.S. Pressman, "Software Engineering, A Practitioner's Approach," edisi 5. New York: McGraw-Hill, 2001, hal. 35-36.
- [34] G.A. Randrianaina, D.E. Khelladi, O. Zendra, dan M. Acher. (Mei 2022). Towards Incremental Build of Software Configurations. Dipresentasikan di 44th International Conference on Software Engineering – New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER 2022). [Online]. Tersedia: <https://hal.science/hal-03558479/document>
- [35] M. Cserép dan A. Fekete. (Januari 2020). Integration of Incremental Build Systems Into Software Comprehension Tools. Dipresentasikan di 11th International Conference on Applied Informatics. [Online]. Tersedia: <https://ceur-ws.org/Vol-2650/paper10.pdf>
- [36] M. Đurovka. (2019). WEB 3D Technologies in Digital Heritage. *FACHBEITRÄGE*. [Online]. 22(6), hal. 470-475. Tersedia: <https://www.b-i-t-online.de/heft/2019-06-fachbeitrag-durovka.pdf>
- [37] N. Fung, K. Schoueri, dan C. Scheibler. (September 2021). Pure 3D - Technical Report. Maastricht University, The Netherlands. [Online]. Tersedia: https://pure3d.eu/wp-content/uploads/2021/09/Pure3D_Technical-Report.pdf
- [38] Y. Sun, "The Scalability of X3D4 PointProperties: Benchmarks on WWW Performance," tesis magister, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2020.
- [39] P. Spyros, V. Ioannis, K. Kostas, dan M. Athanasios. (September 2014). Browser Platform Assessment for X3Dom Graphics' Rendering Capabilities. *International Journal of Computer and Information Technology*. [Online]. 03(05), hal. 894-901. Tersedia: <https://www.ijcit.com/archives/volume3/issue5/Paper030506.pdf>
- [40] L. Franke dan D. Haehn. (September 2020). Modern Scientific Visualizations on the Web. *Informatics*. [Online]. 7(4) 37, hal. 1-35.