

# *Augmented Reality* dan Pehitungan Rendemen pada Produksi Kayu Profil Menggunakan Mesin *Router*

Hermawan<sup>1\*</sup>, Fajar Delli Wihartiko<sup>2\*</sup>, Yugo Ahmad Abdillah<sup>3</sup>  
<sup>1, 2, 3.</sup> Department of Computer Science, Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

Email: <sup>1</sup> [hermawan.taher@unpak.ac.id](mailto:hermawan.taher@unpak.ac.id); <sup>2</sup> [fajardelli@unpak.ac.id](mailto:fajardelli@unpak.ac.id); <sup>3</sup> [Yugo.ahmad9932@gmail.com](mailto:Yugo.ahmad9932@gmail.com)

\*Corresponding Author

**Abstract** -- One of the processed wood products that is still in wide demand by the market is wood profile molding. Profile shapes that do not follow the specific geometric basic space can be presented through Augmented Reality. Estimating the yield of profile wood production becomes less accurate with the irregular shape. Augmented Reality gives a real shape of a wooden profile that will be formed from a selection of router bits. Augmented Reality is built using a marker (marker) that is given in the form of 2D router bits design. Applications made with the Android platform even make it easier for users to choose the type and specification of router bit, according to the desired profile shape. It has been tested for Carbide Cove Router types with seven router bits. The application is equipped with an estimate of the number of profiles, volume, production yield, and wood waste generated from the wood raw material to be worked on. Experiments were carried out on a 30x200x2000 mm board raw material, resulting in the number of concave profiles that vary between 3-5 pieces, according to the size of the outer bit. The production yield varied from 42.95 to 74.44%. The increase in yield is in line with the number of profile wooden slats produced.

**Keywords**—Wood Profile, Augmented Reality, Production Yield, Router Machines

**Abstrak** -- Salah satu produk olahan kayu yang masih banyak diminati pasar adalah wood profile moulding. Bentuk profil yang tidak mengikuti ruang dasar geometris tertentu dapat dihadirkan melalui Augmented Reality. Pendugaan rendemen produksi kayu profil menjadi kurang akurat dengan bentuknya yang tidak beraturan. Augmented Reality memberikan bentuk nyata dari profil kayu yang akan dibentuk dari pilihan bit router. Augmented Reality dibangun menggunakan penanda (marker) yang diberikan dalam bentuk desain bit router 2D. Aplikasi yang dibuat dengan platform Android bahkan memudahkan pengguna untuk memilih jenis dan spesifikasi bit router, sesuai dengan bentuk profil yang diinginkan. Telah diuji untuk jenis Carbide Cove Router dengan tujuh bit router. Aplikasi dilengkapi dengan perkiraan jumlah profil, volume, hasil produksi, dan limbah kayu yang dihasilkan dari bahan baku kayu yang akan dikerjakan. Percobaan dilakukan pada bahan baku papan berukuran 30x200x2000 mm, menghasilkan jumlah profil cekung yang bervariasi antara 3-5 buah, sesuai dengan ukuran mata bor terluar. Hasil produksi bervariasi dari 42,95 hingga 74,44%. Peningkatan rendemen tersebut sejalan dengan jumlah bilah kayu profil yang diproduksi.

**Kata kunci**— Profil Kayu, Augmented Reality, Hasil Produksi, Mesin Router

## I. PENDAHULUAN

Asosiasi Pengusahaan Hutan Indonesia (APHI) menyatakan bahwa total nilai ekspor kayu olahan Indonesia tahun 2019 sebesar US\$ 11,64 miliar, turun 4% dari nilai ekspor tahun 2018 sebesar US\$ 12,13 miliar. Penurunan itu imbas dari kondisi perekonomian global yakni adanya perang dagang antara Amerika Serikat dan Tiongkok yang berdampak pada menurunnya volume perdagangan sektor usaha kehutanan tahun 2019<sup>[1]</sup>. Namun demikian, Kementerian Perindustrian (Kemenperin) optimistis kinerja ekspor kayu pada tahun mendatang dapat lebih besar dari US\$2 miliar. Kementerian Perindustrian akan mulai menyerap pangsa pasar China di Amerika Serikat yang terbengkalai akibat perang dagang. Secara umum, permintaan global dan regional untuk konsumsi kayu sebagai bahan bakar, konstruksi, dan industri furnitur sebenarnya terus meningkat (FAO<sup>[2]</sup>;Herrera<sup>[3]</sup>).

Pada sisi lain, *Indonesia Sawmill and Woodworking Association* (ISWA) pesimistis performa ekspor industri kayu pada tahun ini akan membaik, seiring dengan pengguna kayu global yang belum menaikkan harga produk jadi, sementara biaya produksi *on farm* terus menanjak. Pabrik pengolahan harus lebih efisien untuk mengimbangi kenaikan harga bahan baku kayu, salah satunya adalah dengan memaksimalkan rendemen produksi<sup>[4]</sup>.

*Moulding* adalah salah satu produk kayu olahan yang penyerapannya masih sangat baik di pasar. Kayu bentukan (*moulding*) rimba adalah kayu gergajian rimba (selain jati) atau kayu lainnya yang dibentuk secara khusus melalui mesin pembentuk (*moulder*), berkadar air (kering udara) < 20% serta mempunyai tujuan penggunaan tertentu.<sup>[5]</sup> Produk kayu *moulding* paling banyak penggunaannya adalah kayu profil.

Kayu profil adalah kayu bentukan yang dihasilkan oleh mesin pembentuk *moulder* atau *router*<sup>[6]</sup>. Mesin *moulder* kayu menggerakkan beberapa *spindle router* secara serial, sementara mesin *router* umumnya hanya *spindle* tunggal.. Rendemen produksi kayu bentukan tersebut bervariasi dari 38,7% hingga 80,2% tergantung

bentuk, jenis bahan baku kayu, pengerjaan termasuk permesinannya. Bangse *et al*<sup>[7]</sup> telah merancang mesin *router* pemahat kayu berbasis *computer numerical control* (CNC) untuk membantu pengrajin Bali menjadi lebih produktif dan efisien. Sementara itu Nugroho dan Sudjadi<sup>[8]</sup> memanfaatkan mesin CNC *Router* untuk memperbaiki waktu pengerjaan. Mesin CNC *router* diharapkan lebih fleksibel terhadap waktu dan produktifitas<sup>[9]</sup>

Penelitian Mazlumi and Evans<sup>[10]</sup> mengoptimalkan bentuk profil pada pembuatan tongkat pemukul *baseball* menggunakan permodelan parametrik dan algoritma genetik, dalam upaya menemukan suatu rancangan virtual berdasarkan kriteria kinerja penggunaannya.. Dalam studi lain, Ijvić *et al*<sup>[11]</sup>, mengoptimalkan pembuatan profil dari bahan komposit kayu-pastik menggunakan *Additive Manufacturing Technology*, dirancang dengan program *Computer Aided Design* (CAD) dan mensimulasikan beban serta kapasitas pembebanan menurut persyaratan fungsionalnya.

Profil kayu yang diproduksi umumnya tidak mengambil bentuk geometris tunggal sehingga dimensinya tidak mudah digambarkan, tetapi hanya dapat diketahui melalui tampilan benda nyata.. Keunggulan *Augmented reality* adalah dapat menampilkan bentuk nyata dari profil kayu. *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) merupakan teknologi pendukung pada pengembangan industri 4.0 (Damiani *et al.*<sup>[12]</sup>; Fraga-lamas *et al.*<sup>[13]</sup>; De Pace *et al.*<sup>[14]</sup>)

Penerlitan penggunaan AR dalam manufaktur menurut Bottani and Vignali<sup>[15]</sup> tercatat terus berkembang, tetapi hanya 6.90% yang mendiskusikan perangkat permesinan. Beberapa peneliti menggunakan AR untuk mereduksi waktu dan laju kesalahan pada perakitan produk industri (Osman *et al.*<sup>[16]</sup>; Xia *et al.*<sup>[17]</sup>; Alsafaouri and Ayer<sup>[18]</sup>).

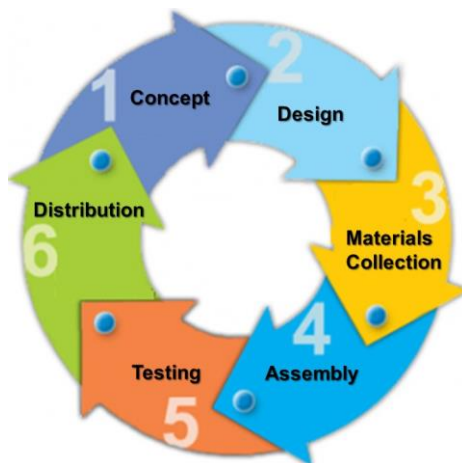
Menurut Martinetti *et al.*<sup>[19]</sup> industri manufaktur memiliki perhatian terhadap proses transformasi bahan baku menjadi produk akhir untuk menghasilkan nilai tambah. Teknologi AR dapat berkontribusi menyediakan informasi pada sesuatu yang mungkin belum dapat dilihat oleh pengguna. Dengan demikian penggunaan *Augmented Reality* yang dipadukan dengan pendugaan rendemen produksi profil kayu diharapkan dapat memperbaiki efisiensi dari mesin *router*.

## II. METODOLOGI

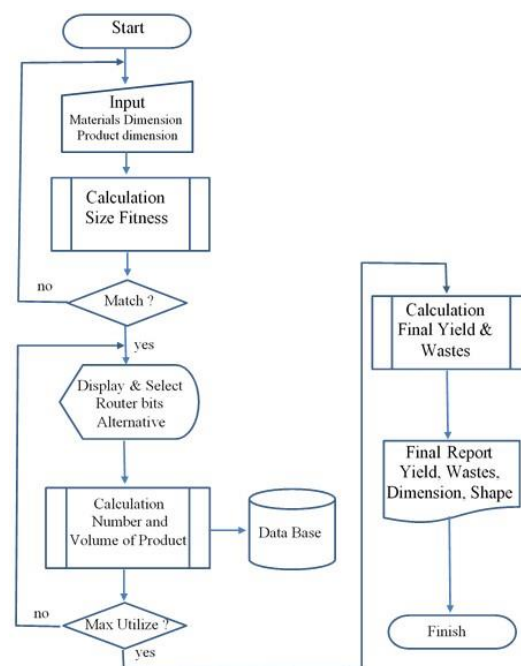
### A. Kerangka Pemikiran

Penelitian dilakukan menggunakan kerangka kerja *Multi Media Development Cycle* (MMDC) dipadukan dengan teknik permodelan perhitungan rendemen secara sederhana<sup>[20]</sup>. Sebagai tambahan, penerapannya juga dipersiapkan untuk aplikasi Android agar memudahkan pendistribusiannya kepada banyak pengguna. Tahap MMDC disajikan pada Gambar 1a.

Pada tahap perancangan (2) dilakukan dua tahap yaitu disain model produk kayu profil dan disain perhitungan rendemen produksi. Rendemen produksi adalah konversi dari bahan menjadi produk. Rancangan prediksi rendemen produksi yang dimasukkan ke dalam program aplikasi mengikuti diagram alir seperti pada Gambar 1b.



a. *Multi Media Development Cycle*

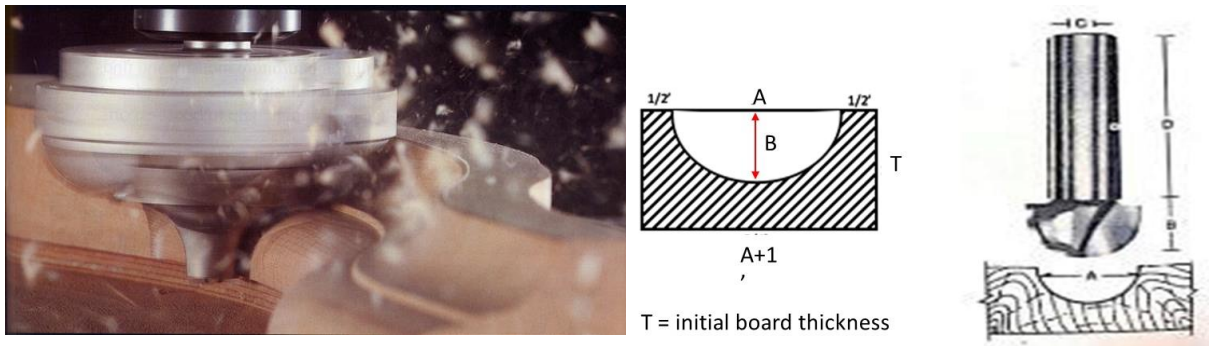


b. Diagram alir proses perhitungan rendemen produksi  
Gambar 1. Metoda penelitian

**B. Prinsip kerja mesin router**

Mesin *Moulder* menggunakan 6-8 mata *router* yang dipasang secara serial, berputar pada sumbu masing-masing. Selanjutnya bilah kayu bergerak melewati celah mata *router* yang berputar. Ilustrasi pergerakan mata *router* dapat dilihat pada Gambar 2a. Pada bagian ujung mesin, umumnya dilengkapi dengan mata *router* yang hanya untuk memoles halus kayu profil yang telah terbentuk.

Pada penelitian ini, dipilih data teknis mata *router* Karbid (Figure 2b), dengan beberapa jenis, sehingga ukuran mata *router* akan berpengaruh terhadap rendemen dan limbah yang dihasilkan. Spesifikasi beberapa jenis mata *router* diperlihatkan pada Tabel 1<sup>[21]</sup>. Bahan baku bilah papan yang disimulasikan sesuai dengan ukuran standar papan komersial 30 mm x 200 mm x 2000 mm.



a. Pergerakan mata router

b. Dimensi mata router cove

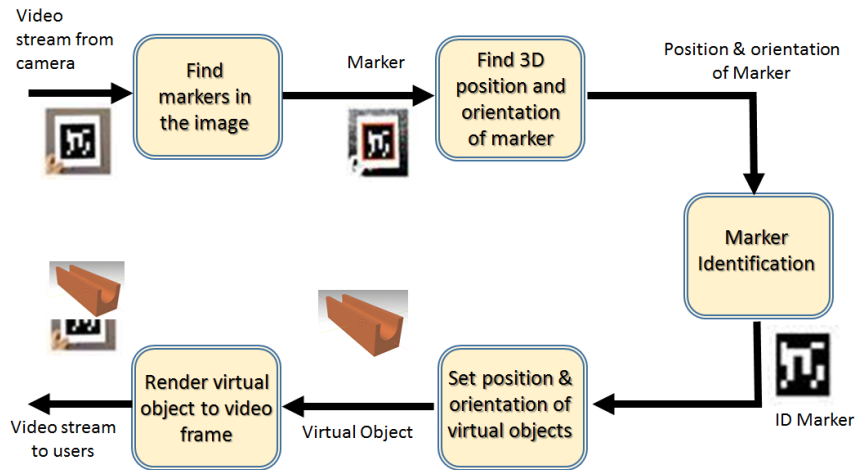
Gambar 2. Mata router karbid cove

Tabel 1. Data mata router karbid cove<sup>[21]</sup>

| Nomor Piranti<br>Mata Router | Spesifikasi Mata Router |       |                    |       |
|------------------------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|
|                              | Ø-Cutting (A)           |       | Cutting Length (B) |       |
|                              | Inch                    | mm    | Inch               | mm    |
| TPT 801                      | 0,2500                  | 6,35  | 0,2500             | 6,35  |
| TPT 802                      | 0,3750                  | 9,53  | 0,3750             | 9,53  |
| TPT 803                      | 0,5000                  | 12,70 | 0,3750             | 9,53  |
| TPT 804                      | 0,6250                  | 15,88 | 0,6250             | 15,88 |
| TPT 805                      | 0,7500                  | 19,05 | 0,6250             | 15,88 |
| TPT 806                      | 0,8750                  | 22,23 | 0,7500             | 19,05 |
| TPT 807                      | 1,0000                  | 25,40 | 0,7500             | 19,05 |

**C. Augmented Reality**

*Augmented Reality* adalah teknologi / sistem berbasis visualisasi data waktu nyata<sup>[22]</sup>, tujuan utamanya adalah untuk menerapkan sistem virtual dan *augmented reality* di mana manusia hanya perlu campur tangan dalam keadaan darurat (Nadeau and Landau<sup>[23]</sup>; Masunuru<sup>[24]</sup>). *Augmented Reality* adalah istilah untuk lingkungan yang menggabungkan dunia nyata dan dunia maya yang dibuat oleh komputer sehingga batas antara keduanya menjadi sangat tipis. Penelitian ini menggunakan metode *Marker Based Tracking*. Metode *Marker Based Tracking* menggunakan tiga sumbu utama yaitu X, Y, dan Z dengan bantuan titik koordinat (0, 0, 0) dan juga maya dalam tiga dimensi<sup>[25]</sup>. Secara umum, diagram blok rancangan proses *Augmented reality* diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok yang merender objek virtual ke dunia nyata

Penelitiannya juga menggunakan aplikasi android. Android adalah Operasi Sistem (OS) Seluler yang tumbuh di tengah OS lain yang berkembang saat ini [26]. Beberapa OS lainnya adalah *Windows Mobile*, *i-Phone* (iOS), *Symbian*, dan masih banyak lagi. Namun, OS yang digunakan, bekerja memprioritaskan aplikasi inti yang dibangun secara independen tanpa melihat potensi yang cukup besar dari aplikasi pihak ketiga [27]

*Unity Game Engine* adalah sebuah *software* atau mesin game yang digunakan untuk membuat *video game* berbasis dua atau tiga dimensi. Selain membuat game, *Unity 3D* juga dapat digunakan untuk membuat konten interaktif lainnya seperti visual arsitektural dan animasi 3D waktu nyata.

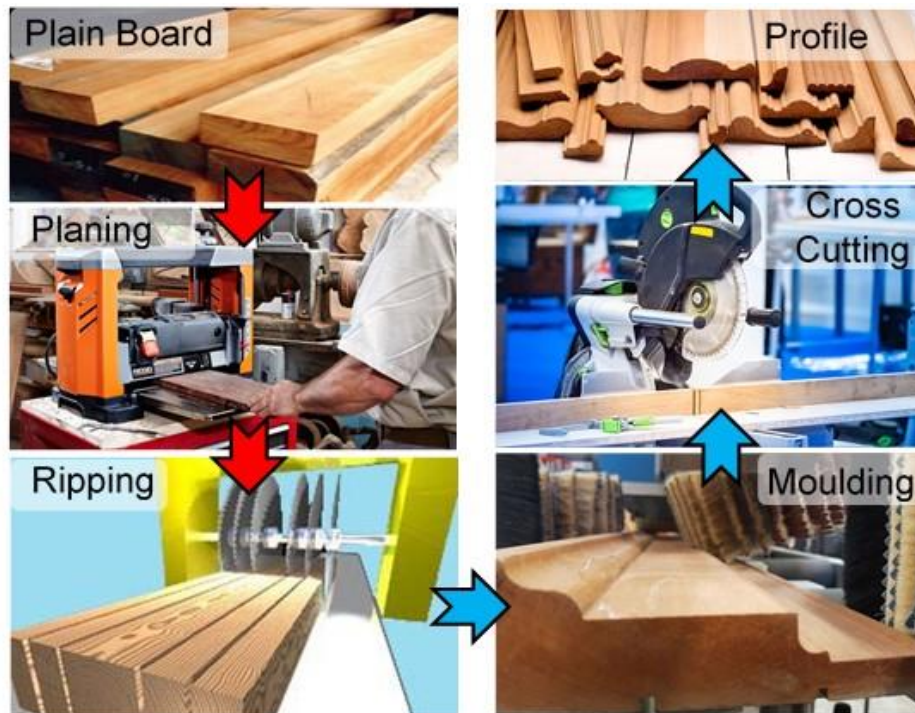
Selanjutnya digunakan *Blender*, di mana menurut Aziyen [28] merupakan paket aplikasi pemodelan dan animasi tiga dimensi yang memiliki berbagai fungsi tetapi tidak dimiliki oleh aplikasi tiga dimensi lainnya. *Blender* juga merupakan jenis program yang dapat melakukan berbagai fungsi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perencanaan Produksi Profil Kayu

Dalam pelaksanaannya, proses pembuatan profil kayu dari papan, melibatkan unit operasi pengetaman, potong lintang (*cross cutting*), pembilahan (*ripping*), dan pembentukan (*moulding*). Untuk papan tanaman pohon berdiameter kecil, ada proses tambahan yakni penyambungan papan sebelum masuk ke mesin pembentuk (*moulder*), untuk mendapatkan papan sesuai dengan panjang yang diinginkan.

Pengetaman dilakukan untuk mendapatkan ketebalan papan yang merata sehingga diperoleh ketebalan yang seragam. Pekerjaan pengetaman menggunakan mesin ketam sisi samping (*S2 Planer*). Pemotongan lintang untuk menyeragamkan panjang kayu yang akan menjadi ukuran profil [30]. Sedangkan pembilahan dilakukan untuk menghasilkan lebar profil yang diinginkan. Mesin *multi-ripping* digunakan untuk mempersingkat waktu kerja, sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi [31]. Secara sederhana, proses pembuatan profil kayu ditunjukkan pada Gambar 4.



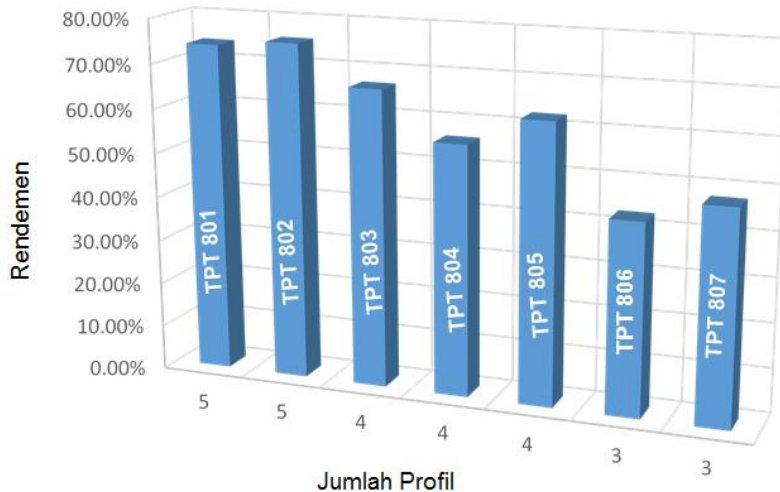
Gambar 4. Tahapan proses sederhana produksi kayu profil

Setiap lembar papan yang digunakan sebagai bahan baku akan menghasilkan beberapa potongan profil, tergantung seri (Tool Number) dari mata router yang digunakan. Papan yang digunakan terlebih dahulu melalui proses pembilahan sehingga akan terjadi kehilangan volume seukuran besarnya pergerakan mata gergaji. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja penggergajian menurut Nasir dan Cool<sup>[32]</sup> antara lain kecepatan umpan, kecepatan pemotongan, dan jumlah gigi gergaji yang digunakan. Hasil simulasi papan ukuran 30x200x2000 mm, memperoleh profil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Profile yang dihasilkan menggunakan mata router *Carbide Cove* dari sebilah papan berukuran 30x200x2000 mm

| Nomor Piranti<br>Mata Router | Dimensi Profil |                 |               | Hasil Produksi |                              |
|------------------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|------------------------------|
|                              | Lebar<br>(mm)  | Panjang<br>(mm) | Tebal<br>(mm) | Bilah<br>(pcs) | Volume<br>(mm <sup>3</sup> ) |
| TPT 801                      | 31.750         | 2,000.000       | 30.000        | 5              | 8,891,936.75                 |
| TPT 802                      | 34.925         | 2,000.000       | 30.000        | 5              | 9,053,107.69                 |
| TPT 803                      | 38.100         | 2,000.000       | 30.000        | 4              | 8,004,486.15                 |
| TPT 804                      | 41.275         | 2,000.000       | 30.000        | 4              | 6,740,683.75                 |
| TPT 805                      | 44.450         | 2,000.000       | 30.000        | 4              | 7,502,683.75                 |
| TPT 806                      | 47.625         | 2,000.000       | 30.000        | 3              | 5,153,958.45                 |
| TPT 807                      | 50.800         | 2,000.000       | 30.000        | 3              | 5,725,458.45                 |

Semakin lebar celah yang dibuat, semakin kecil jumlah bilah profil yang akan dihasilkan dari lembaran papan yang sama. Jumlah bilah profil menentukan volume produk kayu yang dapat dimanfaatkan, atau dalam istilah umum disebut rendemen, jika dibandingkan dengan volume bahan baku awalnya<sup>[5]</sup>. Hasil disajikan sebagai persentase, mulai dari 0 hingga 100%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



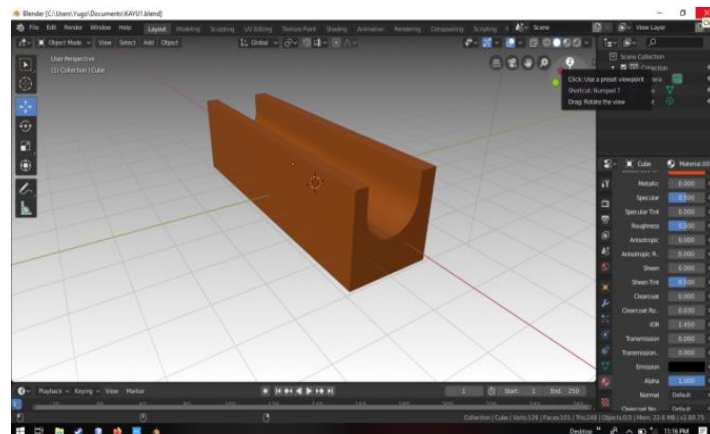
Gambar 5. Rendemen produksi dari beberapa nomor piranti mata router jenis carbide cove

### B. Pembuatan Objek Tiga Dimensi dan Aplikasi Seluler

Sebuah objek Tiga Dimensi (3D) akan ditampilkan di atas marker yang telah dibuat. Ada beberapa tahapan pembuatan *Augmented Reality* pada *software Unity 3D*, yaitu sebagai berikut:

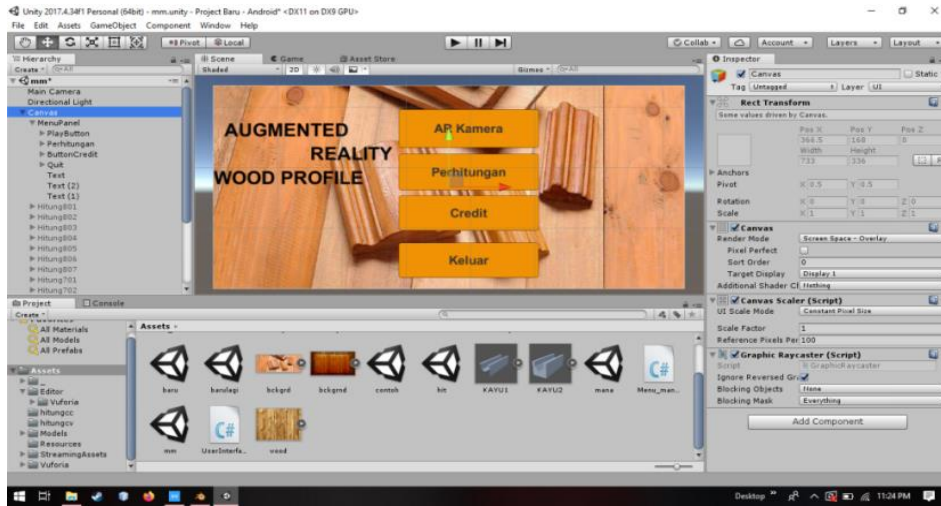
1. Membuat akun di halaman *website Vuforia* agar kita bisa membuat dan mengakses *license manager* dan *target manager*.
2. Menyiapkan *marker* atau *marker* berupa gambar
3. Membuat *License Key* pada halaman *website Vuforia* yang digunakan untuk verifikasi pada aplikasi *Unity 3D*.
4. Membuat *database* yang berisi gambar untuk dijadikan *marker*, yang berfungsi untuk menampilkan objek *Augmented Reality* yang telah dibuat pada aplikasi *Blender*.
5. Untuk membuat *Augmented Reality* di *Unity*, dimasukkan kunci lisensi yang diperoleh dari *Vuforia* dan ekspor *database* ke *Unity*<sup>[33]</sup>. Selanjutnya mengubah pengaturan aplikasi yang dibuat untuk mendukung *Augmented Reality*.

Pembuatan objek profil tiga dimensi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembuatan objek profil kayu 3D

Selanjutnya membuat tampilan dan tombol fungsi pada aplikasi sehingga dapat menampilkan *Augmented Reality* serta Perhitungan Perencanaan Produksi Router. Lalu dibuat aplikasi mobile seperti Gambar 7.



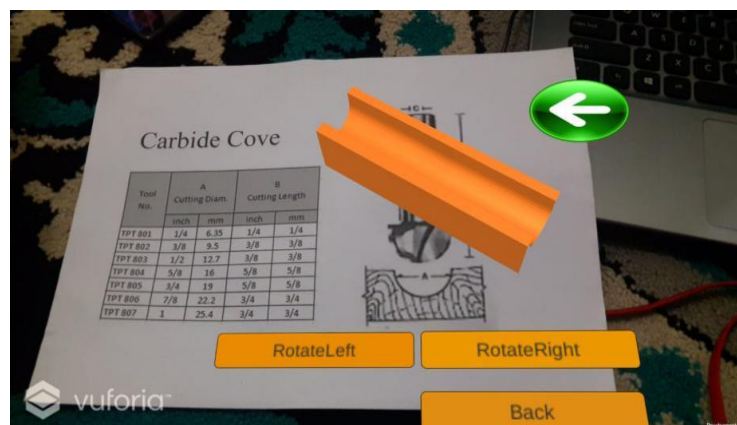
Gambar 7. Penerapan Aplikasi

### C. Tampilan Aplikasi

Halaman utama menampilkan menu utama yang berisi menu *AR Camera*, *Calculation*, *Credits*, dan *Exit* sebagaimana Gambar 8. Tampilan *Augmented Reality* akan menyajikan objek 3D ketika kamera diarahkan ke gambar target atau *marker* yang telah dibuat. Gambar dibuat sesuai dengan mata *router* yang akan digunakan, sehingga bentuk profil yang ditampilkan akan menyesuaikan. Tampilan juga dapat memutar objek 3D ke kanan jika pengguna menekan tombol *Rotate Right* atau tombol *Rotate Left* untuk memutarinya ke kiri. Fungsi ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Halaman Utama



Gambar 9. Halaman Menu Augmented Reality Rotate

Visibilitas objek AR telah diuji pada beberapa tingkat kecerahan cahaya. Pada kecerahan sedang hingga maksimum, objek dapat dilihat. Namun jika cahaya yang dipantulkan kurang atau cenderung gelap, objek AR tidak akan terlihat. Pengujian dengan gawai Android, menampilkan objek AR pada jarak penandaan maksimal 50

cm, lebih dari itu objek AR tidak akan terlihat. Demikian juga posisi kemiringan kamera perangkat terhadap *marker* harus antara 16-90 derajat agar objek AR dapat terlihat. Sebenarnya ada juga kombinasi jarak, kemiringan, dan intensitas cahaya untuk menampilkan objek AR. Menurut Dianrizkita *et al* [34] sebenarnya ada keunggulan metode *markerless* karena tingkat keberhasilan menampilkan objek AR adalah 100%, dibandingkan berbasis *marker* hanya 84%.

Selanjutnya tampilan menu perhitungan akan menampilkan sub menu tipe mata *router* seperti *Carbide Cove Router*, *Carbide V Router*, dan *Return* yang dapat dilihat pada Gambar 10. Sebenarnya masih banyak jenis mata *router* yang beredar di pasaran, namun dalam penelitian ini hanya dua macam yang dicoba. Tampilan selanjutnya akan menginformasikan beberapa jenis mata *router Carbide Cove* yang berisi tombol TPT 801, TPT 802, TPT 803, TPT 804, TPT 805, TPT 806, TPT 807 dan tombol *Kembali*.



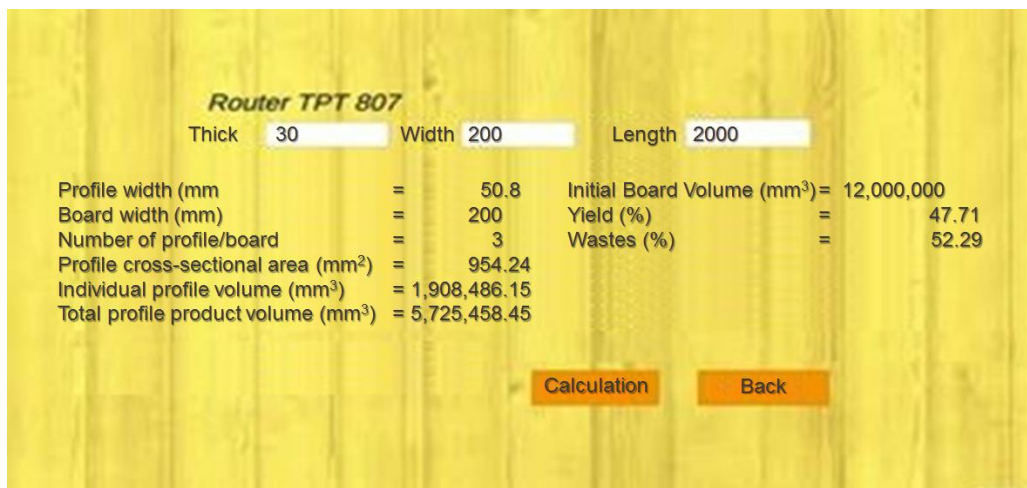
Gambar 10. Menu Pemilihan Jenis Mata Router untuk Perhitungan

Pada tampilan *data hitung* akan diperlihatkan sejumlah perhitungan input dan output untuk volume kayu profil yang terdiri dari input tebal, lebar, dan panjang dalam mm. Keluarannya terdiri dari Lebar Profil, Lebar Papan, Jumlah Profil/Papan, Luas Penampang Profil, Volume Profil Tunggal, Volume Produk Profil Keseluruhan, Volume Papan Awal, Hasil, dan Limbah. Menganalisis keluaran sangat penting untuk desain, pengoptimalan, dan manajemen dari lini produksi [35].

Pada halaman *perhitungan* terdapat tombol *Hitung* untuk memproses input dan juga tombol *Kembali*, dapat dilihat pada Gambar 11. Pada saat perhitungan, dilakukan simulasi sederhana jumlah profil yang mungkin dihasilkan dari sepotong papan dengan rumus

Jumlah profil = Lembar papan / lebar profil

$$N = w_{\text{board}} / (A + 1'') \quad (1)$$



Gambar 11 . Tampilan Perhitungan



Selanjutnya dilakukan perhitungan lebar desain yaitu lebar total seluruh profil, ditambah ketebalan mata gergaji belah (ripsaw)<sup>[36]</sup>. Menurut Daryanto dan Tarno<sup>[37]</sup>, tebal gergaji ( $d_{ripsaw}$ ) adalah antara 2-3 mm. Maka dilakukan perhitungan

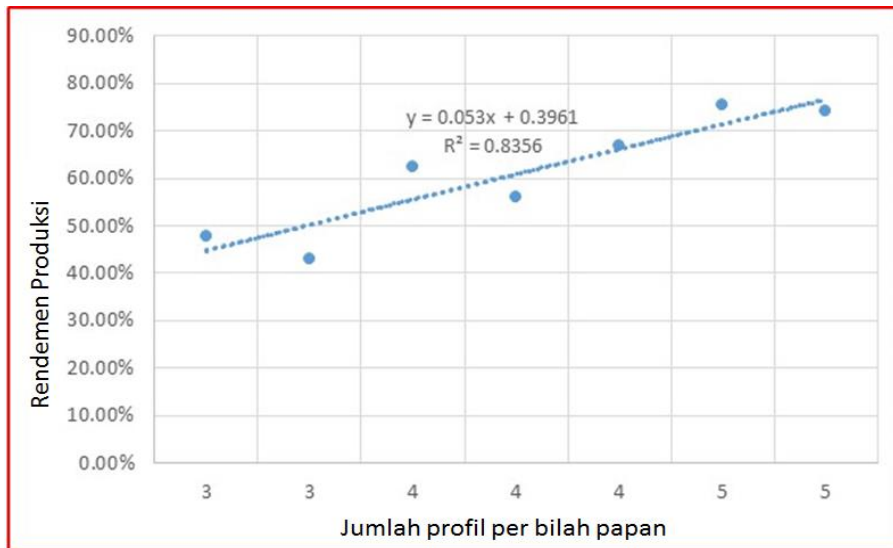
$$\text{Tebal rancangan} = W_{\text{design}} = n ((A + 1'') + d_{ripsaw}) \tag{2}$$

Langkah berikutnya adalah membandingkan lebar papan dengan lebar desain. Jika lebar desain lebih besar dari lebar papan, maka jumlah profil yang dihasilkan dikurangi satu, jika sebaliknya jumlah profil produksi tetap N

$$\text{Prediksi jumlah profil} = N_{\text{predict}} \begin{cases} N, \text{ if } W_{\text{design}} \leq W_{\text{board}} \\ N-1, \text{ if } W_{\text{design}} > W_{\text{board}} \end{cases} \tag{3}$$

Dengan demikian  $N_{\text{predict}}$  ditampilkan di layar dan menjadi dasar untuk perhitungan selanjutnya.

Dari tampilan perhitungan tersebut, pengguna akan dapat memprediksi jumlah bilah yang akan diperoleh dengan menggunakan jenis mata router tertentu serta bahan baku papan ukuran yang diinginkan. Estimasi ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara produksi riil dengan apa yang seharusnya diproduksi<sup>[38]</sup>. Setidaknya diperoleh hubungan linier sederhana antara jumlah profil yang dihasilkan dan rendemen produksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12



Gambar 12. Hubungan antara jumlah profil yang dihasilkan per bilah papan dengan

Pada proses produksi ~~Melalui~~ ~~Produksi~~ bagian-bagian kayu yang tidak terbentuk umumnya akan menjadi potongan-potongan sampah dan akan langsung tersedot oleh mesin pengumpul debu. Selisih antara bahan baku dengan profil jadi adalah limbah serbuk gergaji, jumlahnya dihitung dari 100% - rendemen<sup>[39]</sup> Secara ringkas, hasil perhitungan rendemen dan limbah untuk Tipe Router Carbide Cove dari beberapa nomor seri disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Prediksi rendemen dan limbah produksi profil dari beberapa jenis nomor piranti mata router untuk ukuran lembar kayu percobaan 30x200x2000 mm

| Nomor Piranti<br>Mata Router | Kinerja Produksi |        |
|------------------------------|------------------|--------|
|                              | Rendemen         | Limbah |
| TPT 801                      | 74.10%           | 25.90% |
| TPT 802                      | 75.44%           | 24.56% |
| TPT 803                      | 66.70%           | 33.30% |
| TPT 804                      | 56.17%           | 43.83% |
| TPT 805                      | 62.52%           | 37.48% |
| TPT 806                      | 42.95%           | 57.05% |
| TPT 807                      | 47.71%           | 52.29% |

Besarnya limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan profil tidak hanya ditentukan oleh spesifikasi mata *router* yang digunakan, tetapi juga sangat tergantung dari jenis kayu yang digunakan. Stabilitas dimensi yang tinggi harus dimiliki oleh setiap jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku furnitur<sup>[40]</sup>. Kayu kuat kelas II-III akan menghasilkan produk *moulding* dengan kemungkinan cacat yang lebih kecil dibandingkan dengan kelas kuat IV dan seterusnya, sehingga rendemennya bisa lebih baik.

Limbah kayu yang dihasilkan dalam penelitian ini hanya terdiri dari tiga sumber, yaitu serbuk gergaji dari proses pembilahan, serutan kayu dari proses *moulding*, dan kemungkinan dari debu pengamplasan pada *spindel* terakhir mesin *moulder*. Kehilangan pada pengetaman dan pemotongan lintang tidak diperhitungkan karena papan umpan diasumsikan memiliki ketebalan dan panjang yang sudah seragam. Dalam praktek industri yang menggunakan bahan baku dari kayu bundar, limbah yang dihasilkan lebih banyak. Semakin banyak limbah yang dihasilkan merupakan indikasi menurunnya kelestarian sumber daya hutan.

#### IV. KESIMPULAN

Kayu *moulding* atau profil memiliki bentuk khusus yang dihasilkan dari bentuk dasar mata *router*. Bentuk profil yang tidak mengikuti ruang dasar geometri tertentu tersebut dapat digambarkan mendekati bentuk nyata melalui *Augmented Reality*.

Penggunaan *Augmented Reality* pada mesin *router* / *moulder* kayu yang dipadukan dengan teknik perhitungan perencanaan produksi dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif. Tidak hanya memberikan reka bentuk cetakan untuk profil kayu yang akan dihasilkan dari pilihan mata *router*, tetapi juga memprediksi jumlah bilah, rendemen, dan limbah yang dihasilkan.

*Augmented Reality* pada penelitian ini dibangun menggunakan *marker*, berupa desain mata *router* dua dimensi. Aplikasi yang dibuat dengan platform Android bahkan memudahkan pengguna untuk memilih jenis dan spesifikasi mata *router*, sesuai dengan bentuk profil yang diinginkan. Telah diuji untuk jenis *Carbide Cove Router* dengan tujuh pilihan nomor piranti mata *router*.

Penelitian dilakukan pada bahan baku papan ukuran 30x200x2000 mm, menghasilkan jumlah bilah profil cekung yang bervariasi sesuai dengan ukuran mata *router*. Rendemen produksi bervariasi dari 42.95 hingga 74.44%. Rendemen meningkat sejalan dengan jumlah bilah yang dihasilkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih khusus kepada Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Pakuan Bogor sebagai pendukung publikasi penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Forestry & Environment (2020) “Ekonomi Sektor Kehutanan Indonesia Berdenyut di Tengah COVID-19”. [http://ppid.menlhk.go.id/siaran\\_pers/browse/2570](http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2570). Accessed 21 September 2020.
- [2] FAO (2018) The State of the World’s Forests 2018–Forest pathways to sustainable development. Rome, 118 p.
- [3] Herrera, F. F. (2018). Ecotechnological solutions to satisfy current demands of forest products, a glance beyond the trees. *Forest Policy and Economics*, 94:27–31.
- [4] Jun, J-H., T-W. Chang and S. Jun. (2020). Quality Prediction and Yield Improvement in Process Manufacturing Based on Data Analytics. *Processes* 2020, 8, 1068: 1-18.
- [5] Andriani, S., Kurdiansyah dan Violet. (2018). Produktivitas Dan Rendemen Papan Blok Dari Empulur Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) PT Surya Satria Timur Banjarmasin. *Jurnal Sylva Scientiae* Vol. 01 No. 2: 243-250
- [6] Darmawan, W., M. Azhari, I. S. Rahayu, D. Nandika, L. Dumasari, I. Malela, and S. Nishio. (2018). The chips generated during up-milling and down-milling of pine wood by helical router bits. *J Indian Acad Wood Sci* (December 2018) 15(2):172–180
- [7] Bangse, K., A. Wibolo, and I K E H Wiryanta. (2020). Design and fabrication of a CNC router machine for wood engraving. *Journal of Physics: Conference Series* 1450 (2020) 012094. IOP Publishing. 1-6
- [8] Nugroho, A. dan Sujadi. (2019). Pengaruh Penggunaan Mesin CNC Router Terhadap Waktu Standar Pengerjaan Ornamen Desain Interior. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* Volume 4. No.2: 86-92,
- [9] Gupta, D. and P.K. Sahu. (2018). Design Evaluation Using Car Tools For A 3-Axis Vertical Milling Machine For Sculptured Surface Machining. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 7(11):145-152
- [10] Mazloomi, M.S. and P.D. Evans. (2021). Shape Optimization of a Wooden Baseball Bat Using Parametric

- Modeling and Genetic Algorithms. *AI* 2021, 2, 381–393
- [11] Šljivić, M., N. Grujović, A. Pavlović, C. Fragassa, J. Ilić, and M. Topić. (2015). Developing Profiles From Wood-Plastic Composites. *Proceed. 12. International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI 2015*
- [12] Damiani, L., M. Demartini, G. Guizzi, R. Revetria, and F. Tonelli. (2018). Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era. *IFAC Papers On Line* 51-11 : 624–630
- [13] Fraga-Lamas, P., T. M. Fernández-Caramés, Ó. Blanco-Novoa, and M. A. Vilar-Montesinos. (2018). A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard. *Special Section On Human-Centered Smart Systems And Technologies. IEEE Access* VOLUME 6: 13358-13375
- [14] De Pace, F., F. Manuri, and A. Sanna. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. *American Journal of Computer Science and Information Technology*. Vol.6 No.1(17): 1-7.
- [15] Bottani, E. and G. Vignali. (2019). Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade. *IIEE TRANSACTIONS* 2019, VOL. 51, NO. 3: 284–310
- [16] Osman, S, D. Nincarean EP, N. A. Omarb, M. R. Mohd Rameli, N. S. A. Alhassora, and T. Gusman. (2020). Using Augmented Reality Application to Reduce Time Completion and Error Rate in PC Assembly. *International Journal on Informatics Visualization*. VOL 4 (2020) NO 3. 166-171.
- [17] Xia, L., J. Lu, Z. Zhang, R. Chen, S. Wang, & H. Zhang. (2019). “Development and Application of Parts Assembly Guidance System Based on Augmented Reality”. In 2019 IEEE 4<sup>th</sup> *Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)* (Vol. 1, pp. 1325-1330). IEEE
- [18] Alsafouri, S. and S. K. Ayer. (2019). Leveraging Mobile Augmented Reality Devices for Enabling Specific Human Behaviors in Design and Constructability Review. *Hindawi Advances in Civil Engineering* Volume 2019, Article ID 3951986, 1-11
- [19] Martinetti, A., H. C. Marques, S. Singh and L. van Dongen. (2019). Reflections on the Limited Pervasiveness of Augmented Reality in Industrial Sectors. *Appl. Sci.* 2019, 9, 3382; [doi:10.3390/app9163382](https://doi.org/10.3390/app9163382). 1-11
- [20] Al-Jabari, M.O., T.K. Tamimi, and A.A. N. Ramadan. (2019). Multimedia Software Engineering Methodology: A Systematic Discipline for Developing Integrated Multimedia and Software Products. *Software Engineering* 8(1): 1-10
- [21] Trend routing technology. (2018). Routing and Wood Working Catalogue 2018. [www.trend-uk.com](http://www.trend-uk.com). Accessed Nov 25<sup>th</sup> 2020.
- [22] Etonam, A.K., G. Di Gravio, P. W. Kuloba, and J. G. Njiri. (2019). Augmented Reality (AR) Application in Manufacturing Encompassing Quality Control and Maintenance. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-1, October 2019. 197-204
- [23] Nadeau, S and K, Landau. (2018). Utility, Advantages and Challenges of Digital Technologies in the Manufacturing Sector. *Ergonomics Int J* 2018, 2(6): 000188. 1-15.
- [24] Masunuru, G.V. (2020). The Opportunities and Limitations of Human Computer Interaction in Virtual and Augmented Reality. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-6, March 2020. 4667-4673
- [25] Aziz, F.A., F. Abdullah, and L.L. Win. (2018). Using Marker Based Augmented Reality for Training in Automotive Industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Volume-7 Issue-4S2, December 2018. 118-121
- [26] Ahmed, T T.; V.S. Shetty.. R. Samirasimha and SJ. Bedere. (2018). Performance Evaluation of Augmented Reality based 3D Modelling Furniture Application. *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) Bangalore*. IEEE Conference Publication
- [27] Cipresso, R., I.A.C. Giglioli, M. A. Raya and G. Riva. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Front. Psychol.* 9:2086. doi: 10.3389/fpsyg.2018.02086. 1-20.
- [28] Mohamed Aziyen, M.A. and E. M. Ahmed. (2020). Determinants of Blender 3D (open source) usage in Malaysian animation industry. *International Journal of Business Innovation and Research* 2020 Vol.22 No.1. 1-22.
- [29] Nasir, V and J. Cool. (2018). A review on wood machining: characterization, optimization, and monitoring of the sawing process. *Wood Material Science & Engineering*, DOI: 10.1080/17480272.2018.1465465: 3-15
- [30] Mehta, M., M. Kampli, F. Khan, and P. Raut. (2018). Design and fabrication of multipurpose wood machining device: A Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 9, Issue 5: 97-108.
- [31] Sriratana, L. (2018). Efficiency improvement of door frame manufacturing process in wood product manufacturing industry. *5<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*. IEEE Conference Publication

- [32] Nasir, V. and J. Cool. (2018) . A review on wood machining: characterization, optimization, and monitoring of the sawing process. *Wood Material Science & Engineering*. 1-16. 10.1080/17480272.2018.1465465.
- [33] Li, C.Y. and B.H. Tang. (2019). Research on The Application of AR Technology Based on Unity3D in Education. IOP Conf. Series: *Journal of Physics: Conf. Series* 1168 (2019) 032045. 1-6
- [34] Dianrizkita, Y., H. Seruni, and H. Agung. (2018). Analisa Perbandingan Metode Marker Based Dan Markless Augmented Reality Pada Bangun Ruang. *Jurnal Simantec* Vol. 6, No. 3 Juni 2018. 121-128
- [35] Gao. S., J.I.U. Rubrico, T. Higashi, T. Kobayashi, K. Taneda, and J. Ota. (2019). Efficient Throughput Analysis of Production Lines Based on Modular Queues. *IEEE Journals & Magazine*. IEEE Access (Volume: 7)
- [36] Ul Haq, J., A.J. Qureshi and M. Al-Hussein. (2018). Design of a Saw Cutting Machine for Wood and Aluminum. In Proceedings of the 15<sup>th</sup> *International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics* (ICINCO 2018) - Volume 2, pages 456-464 ISBN: 978-989-758-321-6
- [37] Corrales, L.C.N., M. P. Lambán, M. E. H. Korner and J. Royo. (2020). Review Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches. *Appl. Sci.* 2020, 10, 6469. 1-20.
- [38] Daryanto dan H.Tarno. (2019). *Alat Pertukangan Kayu*. Penerbit Gaya Media, Jakarta.
- [39] Garner, J.W. (2020). Managing Production Yields and Rework through Feedback on Speed, Quality, and Quantity. *Production and Operation Management*. Vol 29 Issue 9. 2182-2209.
- [40] Basri,E., K Yuniarti, and Saefudin. (2019). Basic properties and potential uses of 35 wood species from moluccas, Indonesia. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 399 (2019) 012105. 1-9.
- [41] Schober, A. , N. Šimunović, A. Darabant and T. Stern. (2018). Identifying sustainable forest management research narratives: a text mining approach, *Journal of Sustainable Forestry*, 37:6, 537-554, DOI: 10.1080/10549811.2018.1437451