

## 3D Relief Cutting Process Using 2D Image Luminosity Grayscale on The G-Weike WK1212 CNC Router Machine

### Proses Relief Cutting 3D menggunakan 2D Image Luminosity Grayscale pada Mesin CNC Router G-Weike WK1212

Dewa Kusuma Wijaya<sup>1</sup>, Pramudi Arsiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Industri, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Nakula I no.5-11 Pendrikan Kidul, Semarang, 50131

email : [dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id](mailto:dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id)

doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.5505>

Received: 22<sup>nd</sup> September 2021; Revised: 2<sup>nd</sup> November 2021; Accepted: 3<sup>rd</sup> November 2021;

Available online: 21<sup>st</sup> December 2021; Published regularly: December 2021

---

#### ABSTRACT

*This study implements the image lithophane processing method to convert 2D images into 3D designs using image luminosity grayscale techniques, so that the design process as input data for CNC router machining operations can be carried out quickly to support rapid prototyping technology. Furthermore, this research will process the 3D design into a 3D engraving object with a relief cutting process using a G-Weike WK1212 CNC router machine. Using the image luminosity grayscale technique, the color composition value is obtained to change the grayscale color image by 33% red, 59% green and 11% blue with a luminosity value of 35% or 89 from the range of luminosity grayscale levels 0 - 255. These results are further increased by 50% to 172 or 67% of the range of grayscale luminosity levels  $L[0, 255]$  so that it will be at the ideal luminosity value for the relief cutting process. Using a luminosity value of 172 from a grayscale image, the actual depth value is 1.82mm from a total depth of 3mm, which of course the relief pattern will look good.*

**Keywords:** *image lithophane processing, image luminosity grayscale, rapid prototyping, CNC router, relief cutting*

#### ABSTRAK

*Penelitian ini mengimplementasikan metode image lithophane processing untuk merubah image 2D menjadi desain 3D menggunakan teknik image luminosity grayscale, sehingga proses pembuatan desain sebagai data input operasi permesinan CNC router dapat dilakukan secara cepat untuk mendukung teknologi rapid prototyping. Selanjutnya, penelitian ini akan memproses desain 3D tersebut menjadi objek ukiran 3D dengan proses relief cutting menggunakan mesin CNC router G-Weike WK1212. Menggunakan teknik image luminosity grayscale diperoleh nilai komposisi warna untuk merubah image warna menjadi grayscale sebesar 33% red, 59% green dan 11% blue dengan nilai luminosity sebesar 35% atau 89 dari rentang tingkat luminosity grayscale 0 - 255. Hasil tersebut selanjutnya ditingkatkan sebesar 50% menjadi 172 atau 67% dari rentang tingkat luminosity grayscale  $L[0, 255]$  sehingga akan berada pada nilai luminosity yang ideal untuk proses relief cutting. Menggunakan nilai luminosity sebesar 172 dari image grayscale maka diperoleh nilai depth aktual sebesar 1,82mm dari total depth 3mm, yang tentu saja pola relief akan terlihat secara baik.*

**Kata Kunci:** *image lithophane processing, image luminosity grayscale, rapid prototyping, CNC router, relief cutting*

## 1. PENDAHULUAN

Proses *relief cutting* adalah proses pemotongan material untuk dibentuk menjadi pola relief 3 dimensi (3D) dengan bantuan permesinan berbasis *Computer Numerical Control* (CNC). Teknis proses tersebut adalah dengan cara mengikis secara bertahap dari material benda kerja untuk dibentuk lekukan-lekukan (*curved*) pada setiap sisi profil yang dibuat sehingga hasil proses secara visual dapat menjadi 3D. Penelitian ini memanfaatkan mesin CNC router G-Weike WK1212 untuk proses permesinan *relief cutting* pada material kayu mahoni menggunakan mata pahat jenis *end mill* 3mm dengan 2 mata pisau (*flute*) dan mata pahat jenis *conical* 3mm. Proses permesinan *relief cutting* ini akan memanfaatkan komposisi tingkat seting (*level setting*) yang telah optimal dari hasil penelitian sebelumnya, yang kemudian pada implementasinya akan digunakan untuk membuat objek 3D menggunakan gambar (*image*) 2D. Penelitian ini perlu dilakukan karena sejauh ini dalam memanfaatkan mesin CNC router untuk memproses permesinan objek secara 3D masih dilakukan secara konvensional, yaitu memanfaatkan rancangan desain 3D yang sudah dibuat menggunakan bantuan *software Computer Aid Design* (CAD). Apabila revolusi industri 4.0 untuk permesinan CNC dikaitkan dengan proses pembuatan suatu produk atau prototipe secara cepat (*rapid prototyping*) maka hal ini perlu menjadi pertimbangan dikarenakan dalam pembuatan desain 3D membutuhkan waktu yang cukup lama. Beberapa alternatif solusi untuk membuat desain 3D secara cepat adalah pemanfaatan teknologi *scanning* 3D dan pemanfaatan proses pengolahan citra gambar menjadi desain 3D (*image lithophane processing*) yang dikombinasikan dengan proses permesinan *relief cutting*.

Alternatif dalam *capturing* objek dalam pembuatan desain 3D secara cepat adalah menggunakan teknologi *scanning* 3D, dimana pada implementasinya perlu memanfaatkan alat *scanner* 3D yang tentu saja membutuhkan biaya yang cukup mahal dari alat *scanner* tersebut. Namun, pemanfaatan teknologi *scanner* 3D tersebut mampu menghasilkan desain 3D secara instan dan cukup akurat karena detail profil dapat *ter-capture* secara baik dengan asumsi 3D scan memiliki kemampuan pixel yang baik.

Pemanfaatan teknologi tersebut hanya dapat digunakan untuk objek fisik yang sudah jadi, kemudian dilakukan duplikasi dalam bentuk *scan* desain 3D dari objek tersebut dan apabila dikehendaki untuk dilakukan perubahan ataupun pengembangan dari desain 3D tersebut maka perlu diproses dengan bantuan *software* 3D CAD.

Penelitian ini memanfaatkan proses permesinan *relief cutting* untuk membuat objek 3D menggunakan mesin CNC router G-Weike WK1212. Adapun pada prosesnya, desain 3D akan diperoleh menggunakan *image processing* dari gambar 2D metode ini biasa dikenal dengan *image lithophane*. Metode *image lithophane processing* 2D menjadi 3D ini mampu memproses desain 3D relatif cukup cepat dan tentu saja murah. Gambar 2D dapat diperoleh dari hasil rancangan desain menggunakan *software* CAD ataupun dapat diambil menggunakan kamera foto apabila sudah ada objek fisiknya. Pemanfaatan kamera foto tentu saja dapat mempersingkat waktu dalam memperoleh desain 2D, kemudian dari gambar tersebut dapat diproses menjadi 3D dengan teknologi *image lithophane processing* dengan cara pemanfaatan bantuan *software* olah foto 3D ataupun secara manual menggunakan gradasi warna.

Penelitian ini menggunakan salah satu bentuk implementasi *image lithophane processing* yaitu teknik *image luminosity grayscale*. Teknik tersebut akan merubah gambar berwarna 2D berwarna menjadi desain 3D dengan cara mentransformasi warna menjadi *grayscale*, selanjutnya diatur tingkat intensitas cahaya (*uminosity*) agar tingkat *depth* dari hasil proses permesinan CNC router nantinya dapat membentuk pola hasil ukiran yang baik. Proses *relief cutting* pada mesin CNC router tersebut sebelumnya akan menggunakan *relief image* yang merupakan bentuk desain 3D dari hasil pengolahan *image luminosity grayscale*. *Relief image* tersebut merubah *image* 2D menjadi 3D berdasarkan gradasi warna, warna yang dapat diproses adalah *grayscale*, sehingga dalam hal teknik proses *image luminosity grayscale* sangat sesuai untuk digunakan.

Proses *relief cutting* akan merubah *image* desain 3D dengan cara mengikis material secara bertahap dengan tingkat pemakanan tertentu berdasarkan tingkat *luminosity* dari *image* tersebut, dimana semakin rendah tingkat

*luminosity* maka proses *cutting* akan semakin dalam dan begitu juga sebaliknya dengan rentang total nilai *depth* sesuai keinginan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan acuan prosedur standar di dalam melakukan operasi permesinan mesin CNC router G-Weike WK1212 untuk proses *relief cutting* dalam memproses objek 3D secara cepat, tepat dan *lowcost*.

Penelitian terkait mesin CNC Router G-Weike WK1212 untuk optimasi proses permesinan *cutting* telah dilakukan menggunakan faktor *spindle speed*, *motion speed*, dan *depth per cut*, dengan menggunakan parameter dimensi aktual dan waktu proses (Dewa et al., 2020). Kemudian dengan faktor dan parameter yang sama dilakukan penambahan parameter lanjut yaitu temperatur mata pahat dan tingkat *cracking* (Herwin & Dewa, 2020).

Penelitian terkait mesin router untuk proses ukir atau *carving* atau juga disebut *engraving* juga telah dilakukan pada industri skala kecil menggunakan mesin CNC router 3 axis (Ginting et al., 2017). Pengembangan implementasi dilakukan menggunakan CNC router milling 4 axis di dalam membuat objek 3D berupa (PW & I, 2016). Terkait objek 3D, penelitian untuk menkonversi desain 2D menjadi 3D dilakukan berdasarkan *depth map generation* (Yang et al., 2013).

Penelitian terkait pemanfaatan desain 3D untuk diproses menjadi objek ukiran telah diterapkan pada industri meubel menggunakan mesin CNC router (Darmawanto & Minardi, 2017). Menggunakan material kayu, CNC router juga dipergunakan untuk memproses motif desain kain rumanian textile menjadi ukiran *relief* menggunakan teknik proses *engraving* dan *v-carve* (Lungu et al., 2021). CNC router selain dipergunakan untuk permesinan juga dilakukan simulasi pada proses pembuatan ukiran *relief* menggunakan material batu ukir (Wu et al., 2012). Terkait simulasi proses permesinan CNC, menggunakan CAD-CAM proses *embossing* dilakukan simulasi terhadap material logam aluminium (Yu, 2017).

Pembuatan objek ukiran 3D dengan mesin CNC router 3 axis menggunakan foto yang dirubah menjadi 3D *relief* telah dilakukan terhadap beberapa jenis material kayu seperti kayu jati dan mahoni (Setyaningsih et al., 2021). Terkait proses permesinan 3D objek dengan

mesin CNC menggunakan foto digital 2D berwarna yang diproses dengan *image processing* juga telah dilakukan penelitian (Sood et al., 2018). Penelitian ini akan membuat suatu produk *relief* 3D menggunakan *relief image* 3D yang diperoleh dari hasil transformasi foto digital berwarna 2D dengan teknik *image luminosity grayscale* yang merupakan bagian dari *image lithopane processing*.

## 2. METODE

Penelitian ini dimulai dengan menetapkan rumusan masalah dan menentukan solusi yang sesuai. Solusi dari permasalahan yang ada berupa implementasi *image processing* dengan teknik *image luminosity grayscale* yang kemudian diproses menjadi *relief image* dan diimplementasikan pada mesin CNC router G-Weike WK1212 dengan teknik proses permesinan *relief cutting*.

Bentuk tahapan solusi tersebut dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu *Computer Aid Design* (CAD), *Computer Aid Machining* (CAM), dan diakhiri dengan tahapan proses CNC. Tahapan CAD dilakukan dengan menentukan *raw image* berwarna kemudian dilakukan *filtering* untuk mereduksi *noise* gambar dan ditransformasi menjadi *mage grayscale* menggunakan metode *average* dan *weighting image grayscale*. Kemudian dilakukan pengaturan tingkat *luminosity* agar diperoleh tingkat pencahayaan yang sesuai.

Setelah diperoleh *image grayscale* dengan tingkat *luminosity* yang sesuai maka dilanjutkan dengan proses CAM untuk dirubah menjadi *relief image* atau desain image 3D berdasarkan gradasi warna *grayscale*. Selanjutnya, diukur nilai *depth* proses dan dilakukan *toolpathing* untuk *rough cutting* dan *finish cutting* serta disimulasikan terlebih dahulu untuk proses permesinannya. Proses selanjutnya diakhiri dengan permesinan CNC dengan teknik proses *relief cutting* sehingga diperoleh hasil fisik objek 3D relief berdasarkan *relief image* yang digunakan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. *Computer Aid Design* (CAD)

Pada tahapan proses CAD menggunakan metode *image lithopane processing* untuk merubah *image* 2D menjadi desain visual 3D digunakan teknik *luminosity grayscale*. Tahapan tersebut dimulai dari pemilihan objek

*image* foto berwarna yang sesuai, dalam artian foto yang digunakan haruslah memiliki karakteristik minim komponen distraksi agar tidak terdapat banyak profil-profil *noise* ketika diproses CNC nantinya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Raw Image

Proses transformasi menjadi *image grayscale* menggunakan *grayscale mathematical equation modelling*. Persamaan matematis untuk membuat *image grayscale* sendiri terdapat 2 buah pendekatan, yaitu metode rata-rata (*average method*) dan metode pembobotan (*weighted method*). Implementasi *average method* dapat dilihat pada persamaan matematis berikut.

$$Y = \left(\frac{R}{3} + \frac{G}{3} + \frac{B}{3}\right) \tag{1}$$

Dimana,

Y = Grayscale

R = Red Color

G = Green Color

B = Blue Color

Apabila menggunakan rentang bobot 100%, maka akan diperoleh nilai *grayscale* adalah R = 33,3%, G = 33,3% dan B = 33,3%. Hasil *image grayscale* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Image Grayscale Average Method

Selanjutnya, apabila menggunakan *weighting method* maka nilai koefisien RGB akan disesuaikan. Hal ini dikarenakan pembobotan pada *weighting method* akan disesuaikan dengan tingkat *luminosity* atau intensitas cahaya, sehingga hasil *image grayscale*-nya akan terlihat lebih terang. Implementasi *weighted method* dapat dilihat pada persamaan matematis berikut.

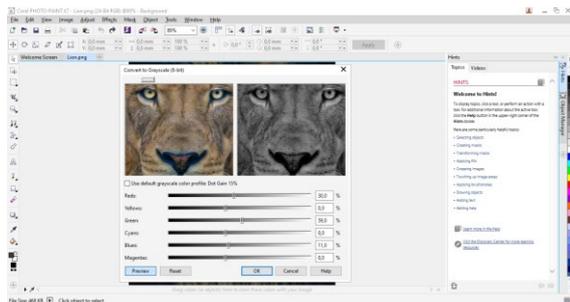
$$Y = (0,3R + 0,59G + 0,11B) \tag{2}$$

Menggunakan rentang bobot 100%, maka akan diperoleh nilai *grayscale* adalah R = 30%, G = 59% dan B = 11%. Hasil kalkulasi persamaan tersebut menunjukkan bahwa nilai bobot G menjadi lebih besar dan nilai bobot B menjadi lebih kecil, sedangkan nilai bobot R tidak berubah signifikan. Hasil pembobotan tersebut akan mempengaruhi tingkat intensitas cahaya dari objek *image grayscale* dan tentu saja terlihat secara visual menjadi sedikit lebih cerah. Hasil *image grayscale* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Image Grayscale Weighted Method

Proses pembuatan *image grayscale* sendiri menggunakan bantuan *software CAD*. Hasil nilai pembobotan dari *weighted Method* menjadi inputan di dalam *software CAD* tersebut seperti pada Gambar 4. Secara visual hasil *image grayscale* dari implementasi *weighted method* terlihat lebih cerah dibanding dengan *average method* walaupun tidak begitu signifikan. Pada proses permesinan CNC terutama untuk teknik proses *relief cutting* diperlukan nilai *luminosity* yang sesuai, dalam hal ini hasil *image grayscale* dari *weighted method* secara visual masih dirasa tingkat *luminosity*-nya masih rendah. Hal ini dikarenakan *image* tersebut secara visual intensitas cahaya masih kurang, sedangkan proses *relief cutting* membaca *image grayscale* berdasarkan tingkat gelap-terang yang jelas. Apabila nilai *luminosity*-nya rendah maka hasil proses *relief cutting* akan cenderung tidak nampak.



Gambar 4. Proses CAD Image Grayscale

Solusi agar proses permesinan CNC dapat memproses *image 2D* menjadi objek fisik *relief 3D* maka pada proses pembuatan *image grayscale* nilai *luminosity* perlu diperjelas. Teknik *luminosity grayscale* digunakan untuk meningkatkan nilai intensitas cahaya pada *image grayscale* tersebut dengan cara menggunakan pemodelan matematis sebagai berikut.

$$L = \frac{1}{2}(\text{Max RGB} + \text{Min RGB}) \quad (3)$$

Dimana,

$L$  = *Luminosity*

Max RGB = Nilai RGB maksimum

Min RGB = Nilai RGB minimum

Perlu kita ketahui bahwa pada *image grayscale* tingkat nilai *luminosity* memiliki rentang dari 0 sampai dengan 255. Artinya bahwa semakin rendah nilai *luminosity* maka *image grayscale* akan semakin gelap dan begitu

juga sebaliknya, semakin tinggi nilai *luminosity* maka *image grayscale* akan semakin terang. Apabila hal ini perlu menjadi pertimbangan karena pada proses permesinan CNC teknik *relief cutting* membaca *image grayscale* berdasarkan nilai *luminosity*, artinya semakin rendah ataupun tinggi maka hasil proses tidak akan optimal karena pola *relief 3D* tidak akan terbentuk sempurna. Agar didapatkan nilai *luminosity* yang sesuai maka perlu dilakukan kalkulasi menggunakan pendekatan model matematis di atas, sebagai berikut.

Pertama perlu diketahui nilai *luminosity existing* dari implementasi penggunaan kedua metode *grayscale* di atas. Pengukuran nilai *luminosity* dari implementasi *average method* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= 33,3\% = 0,33 \\ G &= 33,3\% = 0,33 \\ B &= 33,3\% = 0,33 \\ L &= \frac{1}{2}(0,33 + 0,33) = 0,33 = 33,3\% \end{aligned} \quad (4)$$

Nilai *luminosity* yang dihasilkan dari *average method* adalah sebesar 33,3% dari 255 atau berada pada nilai  $84,915 \approx 85$ . Selanjutnya, pengukuran nilai *luminosity* dari implementasi *weighted method* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= 30\% = 0,3 \\ G &= 59\% = 0,59 \\ B &= 11\% = 0,11 \\ L &= \frac{1}{2}(0,59 + 0,11) = \frac{1}{2}(0,7) = 0,35 = 35\% \end{aligned} \quad (5)$$

Nilai *luminosity* yang dihasilkan dari *weighted method* adalah sebesar 35% dari 255 atau berada pada nilai  $89,25 \approx 89$ . Hasil nilai *luminosity* dari kedua metode di atas terlihat berbeda. Namun, apabila dibuktikan pada hasil *image grayscale* dari kedua metode tersebut terlihat tidak berbeda secara signifikan, hal ini dikarenakan adanya faktor persepsi visual. Perlu diketahui bahwa penilaian hasil *grayscale* setiap foto apabila dibandingkan dengan menggunakan kedua metode di atas selain tergantung pada faktor nilai *luminosity* juga bergantung pada faktor persepsi visual masing-masing orang.

Nilai *luminosity* sebesar 85 dari hasil *average method* maupun *weighted method* sebesar 89 terlihat sama-sama masih pada

rentang nilai *luminosity* yang ideal apabila akan dilanjutkan pada proses permesinan CNC dengan teknik *relief cutting*. Hal ini dikarenakan kedua nilai tersebut masih jauh dibawah nilai *luminosity* maksimal *grayscale* sebesar 255. Apabila *image grayscale* tetap digunakan maka hasil *relief cutting* tidak akan optimal karena profil *relief* cenderung tidak terbentuk konturnya karena minimnya nilai *luminosity*.

Solusi agar dapat diproses pada permesinan CNC secara baik maka perlu adanya peningkatan nilai *luminosity*, namun perlu menjadi catatan bahwa penelitian ini tidak mengkaji berapa nilai *luminosity image grayscale* yang optimal agar mesin CNC dapat melakukan proses *relief cutting* secara optimal. Pada penelitian ini nilai *luminosity* dari *image grayscale* akan ditingkatkan berdasarkan persepsi visual peneliti mengacu pada kondisi yang ideal atau kondisi yang masih dipandang *feasible* untuk dapat diproses menggunakan CNC secara baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peningkatan *Luminosity Grayscale*

Rentang nilai *luminosity* secara umum diukur pada skala  $L[0, 1]$ , bila dikonversi pada rentang tingkat *luminosity grayscale* adalah  $L[0, 255]$ . Untuk meningkatkan nilai *luminosity grayscale* maka perlu menggunakan acuan, pada penelitian ini menggunakan nilai *luminosity weighted method* sebesar 0,35 pada skala  $[0, 1]$  atau sebesar  $89,25 \approx 89$  pada skala  $[0, 255]$ . Selanjutnya nilai *luminosity* tersebut ditingkatkan sebesar 50% menggunakan *software CAD* dengan tujuan tingkat *luminosity* akan bertambah, sebagai berikut.

$$L = L_0 + ((255 - L_0) \frac{\alpha}{100}) \quad (6)$$

Dimana,

$L_0 = L$  awal

$\alpha =$  persentase peningkatan

Maka, pengukuran peningkatan nilai *luminosity grayscale* dengan ukuran peningkatan sebesar 50% dari nilai *luminosity* awal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L &= 89 + ((255 - 89) \frac{50}{100}) \\ &= 89 + 83 \\ &= 172 \end{aligned} \quad (7)$$

Hasil peningkatan sebesar 50% dari nilai *luminosity* awal 89 menunjukkan nilai sebesar 172 pada skala  $L[0, 255]$  atau apabila dikonversi pada skala  $L[0, 1]$  adalah sebesar 0,67 atau 67%. Hasil nilai peningkatan *luminosity* tersebut terlihat cukup signifikan sehingga berdampak pada peningkatan intensitas cahaya *image grayscale* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 di atas. Setelah proses CAD selesai dengan diperolehnya *image grayscale* dengan nilai *luminosity* yang sesuai, selanjutnya dilakukan proses perancangan CAM menggunakan bantuan *software UcanCAM*.

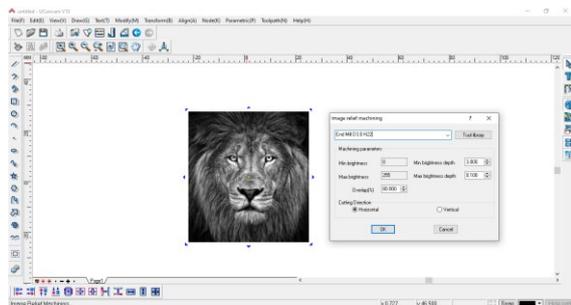
### 3.2. Computer Aid Machining (CAM)

Pada proses CAM hasil *image grayscale* akan diproses untuk setting proses permesinan *relief cutting* pada mesin CNC router. Proses CAM sendiri akan dilakukan beberapa tahap yaitu dimulai dari pemilihan teknik proses, *toolpathing* dan *generate gcode*. Pada teknik proses *relief cutting* atau yang juga dikenal sebagai *image relief machining* desain 2D akan diproses menjadi 3D relief pada permesinan CNC dengan terlebih dahulu dilakukan setting *toolpath* alur proses dan penggunaan mata pahat yang sesuai.

Proses *relief cutting* pada penelitian ini dilakukan dalam 2 tahapan, yaitu tahap *rough cut* dan *finish cut* atau dikenal juga sebagai proses *multi step cutting*. Proses *rough cut* merupakan proses pada permesinan CNC untuk membuat potongan kasar terlebih dahulu, sehingga hasil yang diperoleh adalah kontur awal yang masih kasar. Proses *rough cut* ini memiliki kelebihan dalam membuat kontur dasar secara cepat walaupun hasilnya masih kasar. Proses selanjutnya adalah *finish cut* yaitu proses pada permesinan CNC untuk membuat

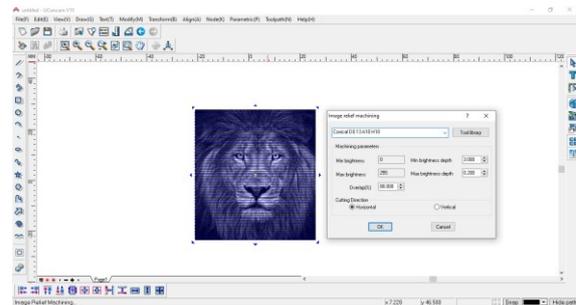
potongan *finishing* sehingga hasil akhirnya adalah kontur halus sesuai dengan desain.

Proses *relief cutting* sendiri sebenarnya dapat langsung dilakukan dalam 1 kali tahap proses yaitu dalam hal ini langsung pada *finish cut*. Namun hal ini tentu saja terdapat beberapa kekurangan, diantaranya adalah untuk desain relief yang memiliki pola profil yang dalam maka potensi mata pahat patah akan besar karena mata pahat yang digunakan pada *finish cut* adalah jenis *conical* 3mm. Sehingga proses kombinasi diperlukan untuk mengurangi resiko tersebut, yaitu dengan kombinasi antara proses *rough cut* menggunakan mata pahat *end mill* dan *finish cut* dengan mata pahat *conical*. Pada penelitian ini proses *rough cut* menggunakan mata pahat *end mill* diameter 3mm dengan jumlah *flute* atau mata pisau adalah 2, untuk proses *toolpathing* terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rough Cut Toolpathing

Proses *relief cutting* pada *image grayscale* dalam penelitian ini menggunakan tingkat kedalaman (*depth*) sebesar 3mm. Menggunakan mata pahat *end mill* 3mm 2 *flute* pada proses *rough cut* material kayu mahoni yang digunakan pada penelitian ini akan dikikis sampai dengan menghasilkan potongan kasar. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses *finish cut* menggunakan mata pahat *conical* 3mm yang bertujuan untuk proses *finishing* agar menghasilkan kontur *relief* sesuai dengan desain yang dikehendaki. Seting *toolpathing* untuk proses *finish cut* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Finish Cut Toolpathing

Menggunakan nilai *luminosity* dari *image grayscale* sebesar 172 pada desain objek sebelumnya, dapat diketahui tingkat *depth* dari prosesnya. Nilai total *depth* yang didapatkan dari hasil proses CNC dapat diketahui dengan model matematis berikut.

$$Z = (Z_{min} * (\frac{L}{255})) - Z_{max} \quad (8)$$

Dimana,

Z = total *depth* perolehan

Z<sub>min</sub> = *depth* minimum berdasarkan tingkat *luminosity* (diukur dari permukaan material)

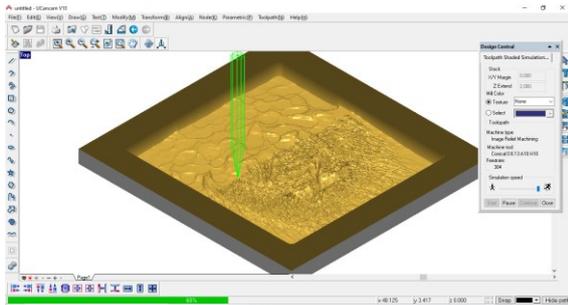
Z<sub>max</sub> = *depth* minimum berdasarkan tingkat *luminosity* (diukur dari permukaan material)

L = *luminosity image grayscale*

Maka untuk mengetahui nilai total *depth* perolehan dari proses *relief cut* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Z &= \left( 3 * \left( \frac{172}{255} \right) \right) - 0,2 \\ &= 2,02 - 0,1 = 1,82 \text{ mm} \end{aligned} \quad (9)$$

Hasil perolehan nilai *depth* sebesar 1,82 mm adalah berdasarkan nilai *luminosity* dari *image grayscale* sebelumnya yaitu 172. Apabila nilai *depth* minimal diseting sebesar 3 mm, maka nilai tersebut hanya dapat tercapai apabila nilai *luminosity*-nya berada pada tingkat maksimum atau sebesar 255. Sedangkan dengan nilai *luminosity* 172 maka tentu saja nilai perolehan *depth* akan menyesuaikan. Simulasi dari proses *rough cut* dan *finish cut* dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Simulasi Proses *Relief Cutting*

Simulasi dari proses *relief cutting* di atas selanjutnya akan diperoleh visualisasi hasil *relief* objek secara simulasi. Adapun hasil *relief* dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Visualisasi Hasil *Relief Cutting*

### 3.3. CNC Router Processing

Proses berikutnya dari penelitian ini adalah implementasi dari perancangan CAM untuk *image grayscale* yang telah dibuat kedalam operasi permesinan CNC *router*. Mesin CNC *router* yang digunakan pada penelitian ini adalah G-Weike WK1212. Pada proses CAM sebelumnya, *image grayscale* telah dirancang untuk dilakukan 2 tahapan proses *relief cutting* yaitu tahapan proses *rough cut* dan *finish cut*. Implementasi proses *rough cut* menggunakan mata pahat *end mill* 3mm 2 *flute* dapat dilihat pada Gambar 10.

Proses *rough cut* di atas menggunakan acuan *level* seting mesin pada penelitian sebelumnya, yaitu *motion speed* sebesar 7 *step* dan *spindle speed* sebesar 6 *step* pada DSP *controller* mesin CNC. Proses *rough cut* sendiri bertujuan untuk menghasilkan kontur potongan kasar dari objek *relief*. Tujuannya adalah mengurangi beban kerja dari mata pahat *conical* yang digunakan pada proses *finish cut* agar tidak terjadi *cracking* atau patah. Hal ini dikarenakan mata pahat *conical* dengan diameter 3mm memiliki karakteristik yang sangat mudah patah apabila digunakan untuk proses dengan *depth*

yang dalam. Implementasi dari proses *finish cut* dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 10.** Proses CNC *Rough Cutting*

Hasil *finish cut* di atas memperlihatkan luaran hasil objek *relief* dari proses permesinan CNC *router* yang menyerupai desain *image grayscale* awal. Setiap profil terbentuk sempurna dengan kontur-kontur *relief* yang terbentuk berdasarkan tingkat *luminosity* dari *image grayscale* yang digunakan. Proses *finish cut* tersebut dilakukan dengan menggunakan mata pahat *conical* 3mm dengan *level* seting pada DSP *controller* mesin CNC *router* adalah *motion speed* sebesar 10 *step* dan *spindle speed* sebesar 8 *step*. Nilai *level* seting tersebut berbeda dibandingkan dengan pada proses *rough cut*, hal ini bertujuan agar proses *finish cut* dapat dilakukan dengan cepat oleh karena beban material yang dipotong telah berkurang dengan adanya proses *rough cut* sebelumnya sehingga mata pahat *conical* pada proses *finish cut* ini dapat dimaksimalkan kinerjanya tanpa khawatir terjadi patah.



Gambar 11. Proses CNC *Finish Cutting*

#### 4. KESIMPULAN

Memanfaatkan metode *image lithophane processing* untuk merubah *image* 2D menjadi *image* desain 3D dapat dilakukan dengan teknik *luminosity grayscale*, dimana menggunakan pendekatan *weighted method* diperoleh nilai komposisi warna untuk merubah *image* warna menjadi *grayscale* sebesar 33% *red*, 59% *green* dan 11% *blue* dengan nilai *luminosity* sebesar 35% atau 89 dari rentang tingkat *luminosity grayscale* 0 - 255.

Pada permesinan CNC router G-Weike WK1212 untuk merealisasikan desain *image grayscale* menjadi 3D objek maka proses yang digunakan adalah *relief cutting*, dimana pada proses tersebut nilai *luminosity* dari *image grayscale* awal yaitu 89 akan ditingkatkan sebesar 50% menjadi 172 atau 67% dari rentang tingkat *luminosity grayscale*  $L[0, 255]$  sehingga akan berada pada nilai *luminosity* yang ideal untuk proses *relief cutting* mengingat pada proses *cutting* tersebut akan berdasarkan kecerahan *luminosity* dari suatu *image*. Nilai *luminosity* yang terlalu rendah akan menyebabkan proses *relief cutting* tidak akan optimal karena *depth relief* hasil pengerjaan akan menjadi sangat rendah atau dalam arti pola *relief* tidak akan kelihatan karena mendekati

dasar material. Sebaliknya apabila nilai *luminosity* terlalu tinggi maka pola *relief* juga tidak akan terlihat karena hanya menggores tipis di permukaan atas material. Menggunakan nilai *luminosity* sebesar 172 dari *image grayscale* maka diperoleh nilai *depth* aktual sebesar 1,82mm dari total *depth* 3mm, yang tentu saja pola *relief* akan terlihat secara baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dewa, K. W., Herwin, S., & Dony, S. N. (2020). Optimasi Proses *Cutting* Mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan Metode *Full Factorial Design* dan Optimasi Plot Multi Respon. *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI)*, XIV(1), 1-14. <https://doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i1.001>
- Herwin, S., & Dewa, K. W. (2020). Optimasi Permesinan CNC Router untuk Proses *Cutting* Material Kayu Mahoni Menggunakan Mata Pahat *End Mill* 3mm Tungsten Carbide. *Jurnal Teknik Industri*, 10(3), 227-239. <https://doi.org/10.25105/jti.v10i3.8408>
- Darmawanto, E., & Minardi, J. (2017). Pengembangan Produk Ukir Berbasis Desain 3 Dimensi Menggunakan Mesin Cnc Untuk Industri Mebel. *Disprotek*, 8(1), 67-80.
- Ginting, R., Hadiyoso, S., & Aulia, S. (2017). Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(17), 6553-6558. <http://www.ripublication.com>
- Lungu, A., Ispas, M., Brenci, L. M., Răcășan, S., & Coșoreanu, C. (2021). Comparative study on wood cnc routing methods for transposing a traditional motif from romanian textile heritage into furniture decoration. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156713>
- PW, A., & I, S. (2016). Application of Technology 4-Axis CNC Milling for Manufacturing Artistic Ring. *Advances in Automobile Engineering*, 01(S1), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2167-7670.s1-007>
- Setyaningsih, N. Y. D., Annudin, K., & Solekhan, S. (2021). The Influence of



- Ruggedness Reviews 3-Dimensional Photo Carving Media Based on 3-Axis CNC Router. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(3), 212–216. <https://doi.org/10.18196/jrc.2381>
- Sood, S., Duvedi, R. K., Bedi, S., & Mann, S. (2018). 3D representation and CNC machining of 2D digital images. *Procedia Manufacturing*, 26, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.001>
- Wu, Y., You, H., Zhao, D., & Liu, Y. (2012). CNC machining and simulation for relief of special-shaped stone. *Advanced Materials Research*, 468–471, 69–73. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.468-471.69>
- Yang, N. E., Lee, J. W., & Park, R. H. (2013). Depth Map Generation Using Local Depth Hypothesis for 2D-TO-3D Conversion. *International Journal of Computer Graphics & Animation*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.5121/ijcga.2013.3101>
- Yu, Y. (2017). *Design and Simulation of CAD / CAM Embossing Process for Aluminum Alloy Thin- Wall Parts*. 156(Meici), 671–676. <https://doi.org/10.2991/meici-17.2017.132>