



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB III

METODOLOGI DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Metodologi Penelitian

Aplikasi ini akan dikembangkan dengan metode System Development Life Cycle (SDLC) yang pengembangan sistemnya dilakukan berdasarkan urutan, yaitu analisis, desain, pengkodean, pengujian dan berakhir pada tahap implementasi. Metode ini dipilih karena tahapan yang dilakukan terstruktur dan teratur serta dapat mengulangi siklus tahapan.

Penelitian akan berfokus pada bagaimana alat ini menghasilkan sebuah data input yang akurat berupa instruksi CNC yang nantinya akan dibaca mesin pemotong atau CNC dalam menggerakkan mata pisau untuk memotong bahan baku. Alat yang dibuat merupakan perangkat lunak berbasis desktop yang nantinya akan diintegrasikan dengan mesin pemotong atau biasa disebut CNC (*Computer Numerical Control*).

Tahapan pengujian dan implementasi akan melibatkan pabrik yang memproduksi furnitur dan memiliki mesin pemotong atau CNC yang akan dilakukan implementasi pada minggu kesembilan dan keempat belas. Adapun penjelasan dari tiap tahap penelitian yaitu sebagai berikut.

A. Studi Literatur

Pada tahap ini mencakup pengumpulan segala informasi mengenai teori yang dibutuhkan dalam perancangan aplikasi. Teori tersebut berupa algoritma Nesting Problem, *Bottom Left Fill*, *Binary Tree*, *Computer Numerical Control* yang mengacu pada referensi yang telah dikumpulkan pada penelitian jurnal sebelumnya.

B. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan pada tahapan sebelum pengembangan yaitu analisa sistem, spesifikasi kebutuhan sistem, menganalisa alur kerja dari sistem yang didesain dan dituangkan pada diagram.

C. Pengembangan Sistem

Pada tahap ini merupakan pembangunan sebuah aplikasi berupa penulisan kode program, membangun *User Interface* sesuai acuan yang telah didefinisikan pada tahapan perancangan sistem. Output dari sistem yang dihasilkan harus dilakukan uji coba pada mesin CNC. maka dari itu tahapan pengembangan sistem berakhir apabila uji coba telah sesuai dari yang diharapkan.

D. Pengujian Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengujian sistem untuk memastikan aplikasi yang telah dibangun sesuai yang diharapkan. Pengujian ini terbagi menjadi dua tahapan, yaitu tahapan pertama menguji pada software simulator CNC, apabila telah sesuai dari yang diharapkan maka dilanjutkan pada tahapan kedua untuk menguji langsung di pabrik furnitur dengan mesin CNC yang sesungguhnya. Tahapan ini menguji output yang dihasilkan oleh aplikasi untuk diuji keakuratan hasil potongan, kesesuaian penempatan label, tingkat presisi pemotongan yang dihasilkan, serta waktu yang dibutuhkan untuk memotong.

E. Penulisan Naskah Penelitian

Konsultasi dilakukan bersama dosen pembimbing guna menyempurnakan penelitian. Penulisan laporan dilakukan pada tahap ini guna mendokumentasikan hasil penelitian untuk keperluan akademis.

3.1.1 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel memberikan penjelasan terhadap pengertian dari variabel-variabel yang diteliti dengan tujuan untuk mengetahui seberapa efisien atau efektif penggunaan aplikasi yang dihasilkan dari penelitian ini. Berikut adalah variabel yang akan diteliti.

1. Usage Area

Usage area dihitung dengan menjumlahkan keseluruhan area yang telah terpakai setelah material dilakukan *nesting* dan dihitung presentase antara area terpakai dengan keseluruhan area. Semakin kecil usage area artinya penggunaan semakin efisien.

2. Waktu pemotongan

Waktu pemotongan diukur dengan menghitung berapa lama pengerjaan proses pemotongan satu lembar material hingga menempelkan label pada *part* yang telah dipotong. Waktu pemotongan ini nantinya akan dibandingkan dengan lama pengerjaan pemotongan yang dilakukan secara konvensional tanpa bantuan aplikasi.

3. Tingkat Akurasi dan Presisi

Hasil pemotongan yang dilakukan mesin harus dibandingkan dengan *Cutting List*. Tingkat akurasi mengukur ketepatan dan kemiripan hasil pada waktu membandingkannya terhadap nilai absolut Setiap objek. Sedangkan presisi akan mengukur tingkat yang mana hasilnya mendekati satu sama lain.

3.1.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dikumpulkan merupakan data primer dan telah ditentukan dari variabel yang telah didefinisikan pada penelitian. Data yang

dikumpulkan merupakan hasil uji coba yang dilakukan pada satu periode pembuatan produk furnitur dan dieksekusi langsung di pabrik furnitur.

Menurut waktu pengumpulannya penelitian ini menggunakan *cross section*, yaitu cara pengumpulan data pada satu periodik tertentu untuk memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti.

Berdasarkan sifatnya data yang dikumpulkan merupakan data kuantitatif, yaitu merupakan hasil observasi atas suatu objek yang bisa dinyatakan dalam angka. Data tersebut antara lain sebagai berikut:

1. *Usage area nesting problem* yang dinyatakan dalam persen (%)
2. waktu pemotongan yang dinyatakan dengan menit.
3. Tingkat akurasi dan presisi pemotongan yang dinyatakan kedalam satuan milimeter (mm),

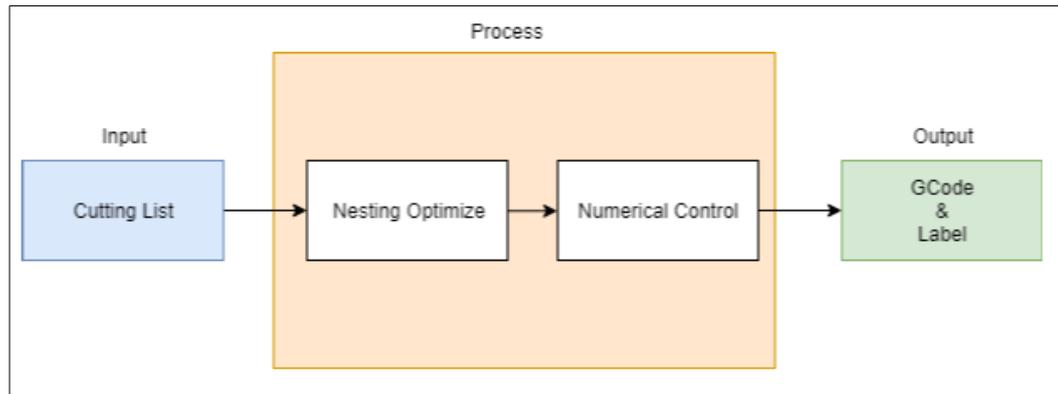
3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada aplikasi ini dilakukan dengan membuat, Gambaran Input dan Output, Data Flow Diagram (DFD), Flowchart dan desain antarmuka.

3.3.1. Gambaran Input dan Output

Secara umum aplikasi ini memiliki empat tahapan penting yang terbagi kedalam input, proses dan output. Tahapan-tahapan tersebut akan dilalui ketika aplikasi dijalankan. Berikut adalah skema input, proses, dan output pada aplikasi Cutting Optimizer.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 3.1 Skema Input Proses Output Aplikasi Cutting Optimizer

Berikut penjelasan dari keempat tahapan pada aplikasi.

A. Input Cutting List

Merupakan daftar potong atau daftar kebutuhan yang apabila disusun akan membentuk sebuah *cabinet* produk furnitur. Input *Cutting List* pada aplikasi dapat menampung lebih dari satu bentuk produk furnitur. Setiap potongan pada daftar potong memiliki parameter yang nantinya akan menentukan proses dan output yang sesuai. Berikut contoh input *Cutting List* dalam bentuk tabel.

Tabel 3.1 Daftar Potong/*Cutting List*

Label	Qty	Width (mm)	Length (mm)	Material
Top	1	1062	490	HPL
Dinding Tengah	2	828	340	HPL
Back	1	1082	2003	PLYWOOD
Counter-Frontage	4	1000	84	2 FC

B. Proses Nesting Optimize

Merupakan proses optimalisasi dengan menyusun daftar potongan kedalam material yang berukuran lebih besar. Penyusunan dilakukan dengan algoritma *Bottom Left Fill* karena mesin CNC memiliki titik koordinat nol pada posisi kiri-bawah.

C. Proses Numerical Control

Merupakan proses menghasilkan kode mesin CNC atau biasa disebut GCode dimana kode ini nantinya akan dibaca oleh mesin agar melakukan otomatisasi pemotongan. GCode yang dihasilkan harus sesuai dengan titik koordinat yang dihasilkan pada tahapan *nesting optimize* agar mesin CNC dapat bergerak sesuai dari yang diharapkan.

D. GCode dan Label

Merupakan sebuah output yang dihasilkan aplikasi dimana GCode akan dieksekusi oleh CNC berupa kode instruksi yang ditulis pada file berekstensi NC. Sedangkan label adalah informasi mengenai bagian-bagian yang telah dipotong yang nantinya informasi ini akan diprint menggunakan Label Printer. Berikut adalah contoh output GCode dan Label.

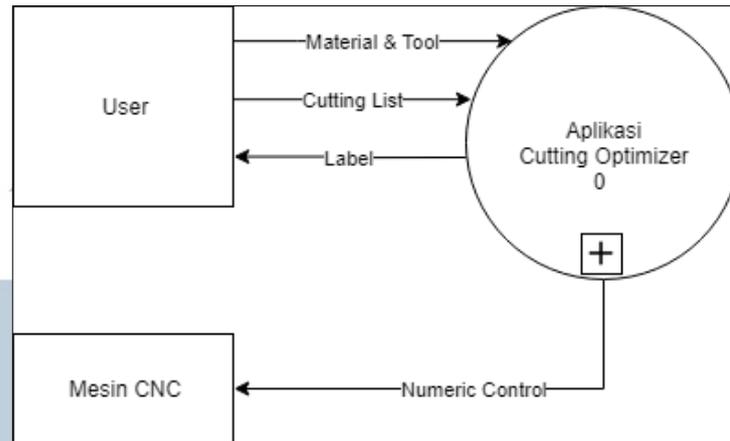
3.3.2. Data Flow Diagram

DFD adalah gambaran aliran data yang terdapat pada suatu proses. Penelitian ini memiliki DFD sebagai berikut.

A. Diagram Konteks

Diagram Konteks menggambarkan alur data dan entitas sistem secara umum. Terdapat dua entitas yang terlibat pada aplikasi *Cutting Optimizer*, yaitu User/Pengguna aplikasi yang nantinya akan membangun sebuah input dan mesin CNC sebagai penerima input yang tela diolah oleh aplikasi *Cutting Optimizer*. Berikut adalah desain diagram konteks yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 3.2 Diagram Konteks Aplikasi

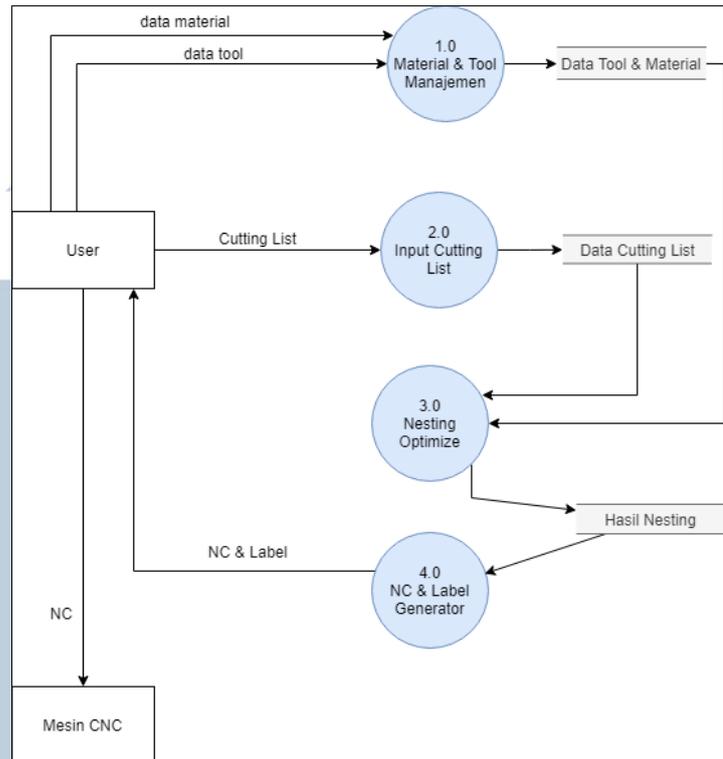
User bertugas untuk mengatur data material dan tool yang digunakan oleh mesin CNC serta membuat daftar pemotongan atau disebut *Cutting List* yang nantinya akan diinput ke aplikasi. Setelah aplikasi menerima input *Cutting List* maka aplikasi akan mengolah data tersebut hingga menjadi output berupa NC dan Label.

Output akan digunakan oleh operator dalam melakukan produksi furnitur, yaitu pemotongan material menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. NC (Numerical Control) merupakan sekumpulan instruksi yang nantinya akan diinput ke mesin CNC. Sedangkan label digunakan sebagai identifikasi *part* yang telah dipotong.

B. Diagram Nol

Berdasarkan diagram konteks dibuat level turunan proses tersebut dengan lebih spesifik. Diagram nol menjelaskan bagaimana input dan output pada aplikasi akan melalui proses yang telah didefinisikan pada diagram. Berikut pada desain diagram nol yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.3 Diagram Nol

B.1. Material & Tool Manajemen

Proses ini berfungsi sebagai pengaturan awal dimana user mengatur parameter *Tool* (pisau CNC) dan *material* sesuai yang dimilikinya. Data pengaturan ini akan digunakan ketika aplikasi hendak melakukan optimasi terhadap *cutting list* yang telah diinput oleh user. Optimasi yang dihasilkan akan menyesuaikan data pengaturan yang telah diinput oleh user. Berikut adalah penjelasan parameter pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter Tool dan Material

Nama Parameter	Parameter	Satuan
	Nama	-
	Tool Number	numerik
	Tool Offset	numerik
	Diameter	milimeter
	Cut Feedrate	mm/menit
	Plug Feedrate	mm/menit
	RPM	rotasi/menit

Tabel 3.2 Parameter Tool dan Material (Lanjutan)

Nama Parameter	Parameter	Satuan
Material	Nama	-
	Width	milimeter
	Height	Milimeter
	Thickness	Milimeter
	Grain	-

B.2. Input Cutting List

Proses ini merupakan proses penginputan daftar potongan yang dibutuhkan oleh user sebelum dilakukannya optimasi oleh sistem. Input *Cutting List* telah dijabarkan sebelumnya pada Tabel 3.1 Daftar Potong/*Cutting List*.

B.3. Nesting Optimize

Proses ini merupakan proses yang melakukan optimasi terhadap *Cutting List* yang telah diinput sebelumnya. Potongan potongan kecil yang didefinisikan pada cutting list akan disusun kedalam material target *usage area* yang rendah.

B.4. NC & Label Generator

Hasil dari optimasi yang dilakukan pada proses sebelumnya akan dibaca oleh *generator* untuk menghasilkan *Numerical Control* untuk yang digunakan untuk mesin CNC dan *Label* sebagai identifikasi atas potongan-potongan yang telah dipotong dan didefinisikan dari *Cutting List*.

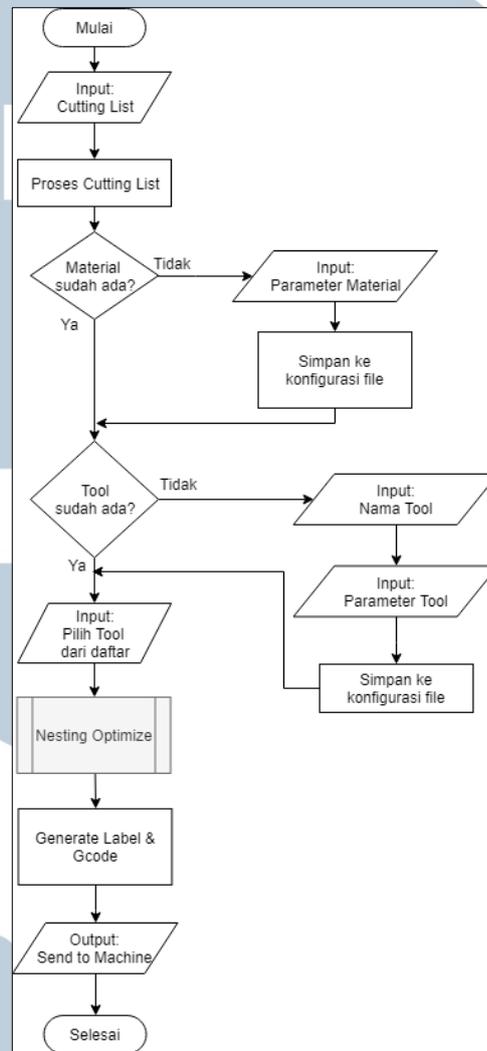
3.3.3. Flowchart

Flowchart adalah alur proses yang ada di dalam suatu sistem. Dalam penelitian ini terdapat flowchart aplikasi dan flowchart optimasi.

A. Flowchart Aplikasi

Flowchart aplikasi menjelaskan alur proses secara umum pada aplikasi *Cutting Optimizer*. Berawal dari penginputan *Cutting List* yang dapat diinput dengan manual ataupun dengan *import* file yang sudah ada dengan file DXF

Autocad. Output yang dihasilkan berupa file .NC beserta projek yang di dalamnya terdapat konfigurasi label sesuai hasil optimasi yang telah dilakukan oleh program.

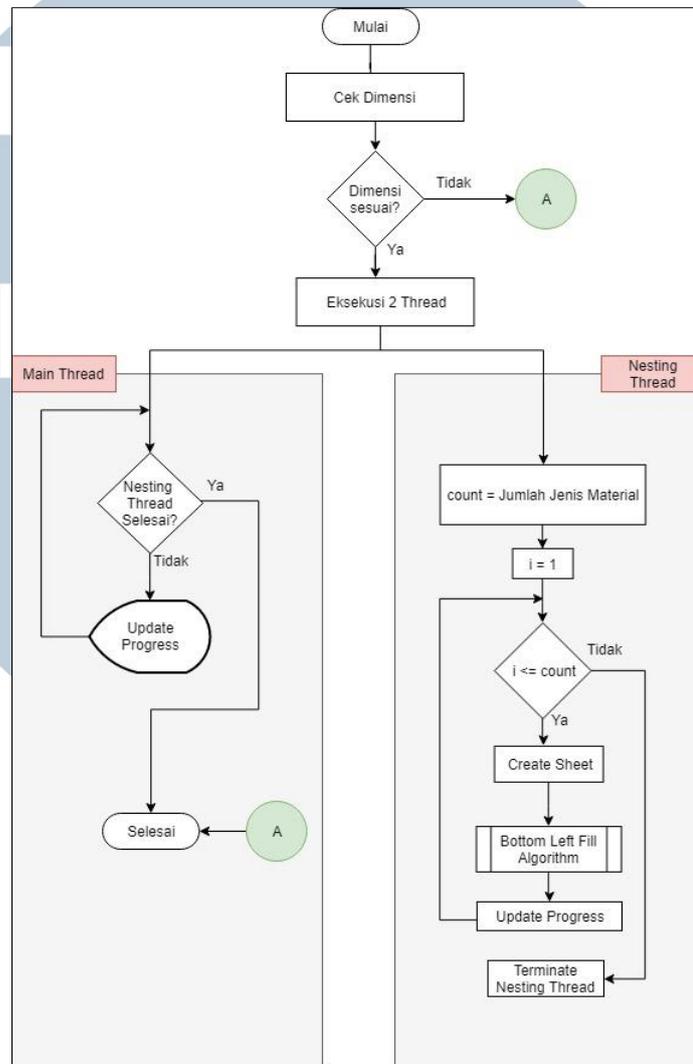


Gambar 3.4 Flowchart Aplikasi

B. Flowchart Nesting Optimize

Nesting Optimize berfungsi untuk melakukan optimasi pada material yang hendak akan dioptimasi sesuai permintaan yang telah didefinisikan oleh *Cutting List*. Pada proses *Nesting Optimize* terdapat dua thread yang berjalan secara *asynchronous*, yaitu *Main Thread* dan *Nesting Thread*. *Nesting Thread* bertugas melakukan nesting dan menjalankan algoritma *Bottom Left Fill* sedangkan *Main*

Thread berfungsi untuk melakukan *update progress* dari apa yang telah dikerjakan oleh *Nesting Thread*.

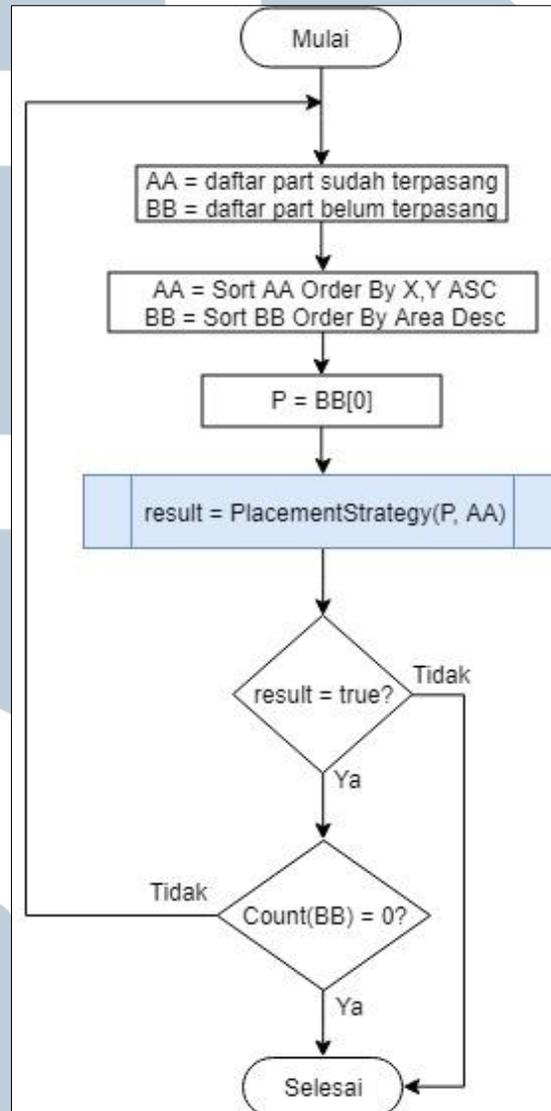


Gambar 3.5 Flowchart Nesting Optimize

C. Flowchart Bottom Left Fill

Flowchart *Bottom Left Fill* menjelaskan bagaimana sebuah part dapat ditempatkan pada posisi pojok bawah kiri dimana titik koordinat mendekati titik nol. Algoritma ini akan mendahulukan potongan atau *part* yang terbesar pada *area* yang didapatkan dari perhitungan *width x height*. Kemudian Program akan

melakukan *sort* pada *part* yang telah terpasang agar posisi pemasangan *part* selanjutnya selalu mengacu pada aturan *Bottom Left Fill*.

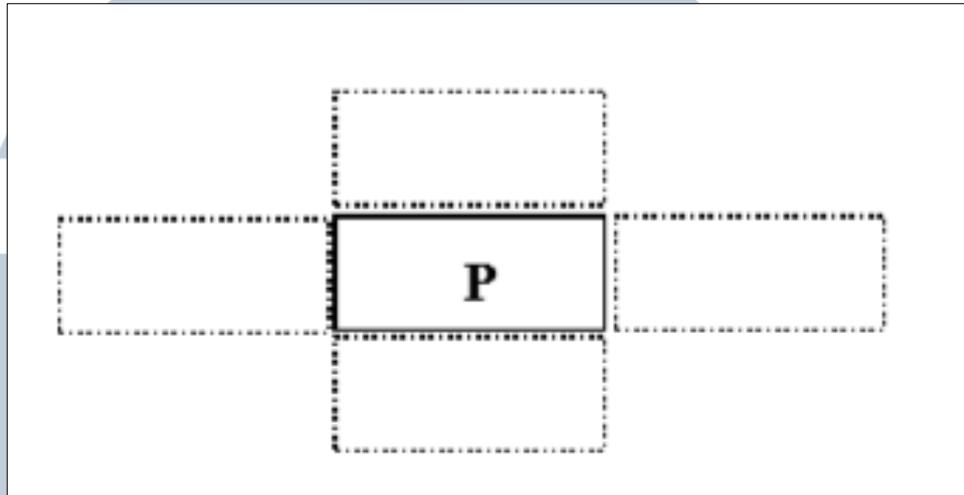


Gambar 3.6 Flowchart Bottom Left Fill

D. Flowchart Placement Strategy

Placement Strategy merupakan sebuah strategi penempatan *part* pada ruang kosong tanpa adanya tumpang tindih satu sama lain. *Placement Strategy* ini menggunakan pendekatan *No Fit Polygon* yang menelusuri ruang kosong dengan mengorbit polygon yang ada. Setiap *part* yang akan ditempatkan pada ruang kosong

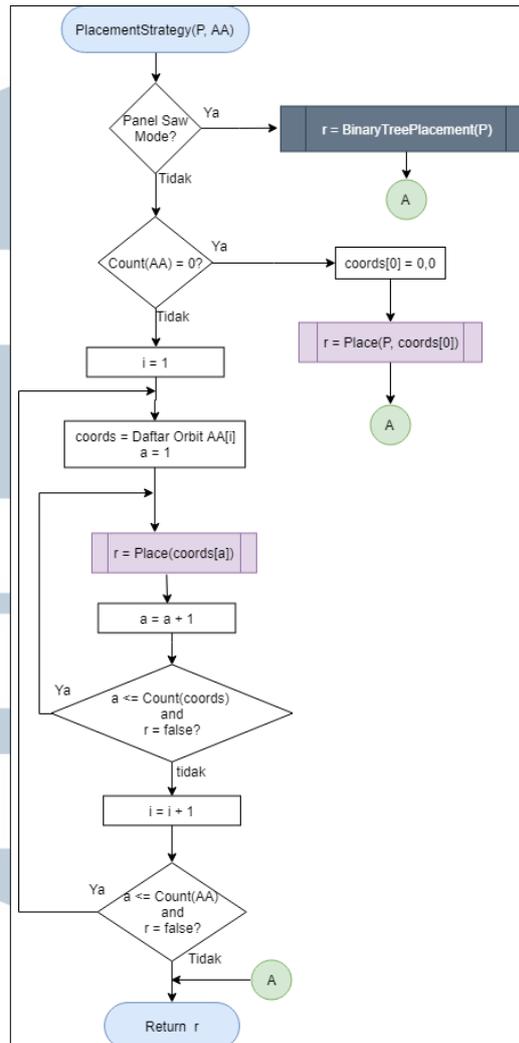
akan mencoba semua kemungkinan penempatan koordinat berdasarkan orbit dari *polygon* lain.



Gambar 3.7 Empat ruang kosong terhadap *polygon* P (Graham Kendall, 2000)

Pada Gambar 3.7 merupakan sebuah ilustrasi untuk menggambarkan bagaimana koordinat ruang kosong didapatkan. Pada Gambar 3.7 terlihat bahwa terdapat empat titik ruang kosong yang mengitari *polygon* P. Algoritma akan mencoba seluruh kemungkinan koordinat tersebut berdasarkan orbit dari *polygon*. Apabila koordinat tersebut memungkinkan untuk ditempatkan potongan yang didefinisikan pada *Cutting List*, maka *Placement Strategy* akan menempatkannya pada posisi tersebut. Apabila ruang kosong tersebut tidak cocok dengan ukuran yang dicoba, maka proses selanjutnya akan mencari poligon baru yang telah ditempatkan sebelumnya untuk dicoba ulang menggunakan pendekatan orbit poligon. Berikut adalah alur proses dari *Placement Strategy*.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

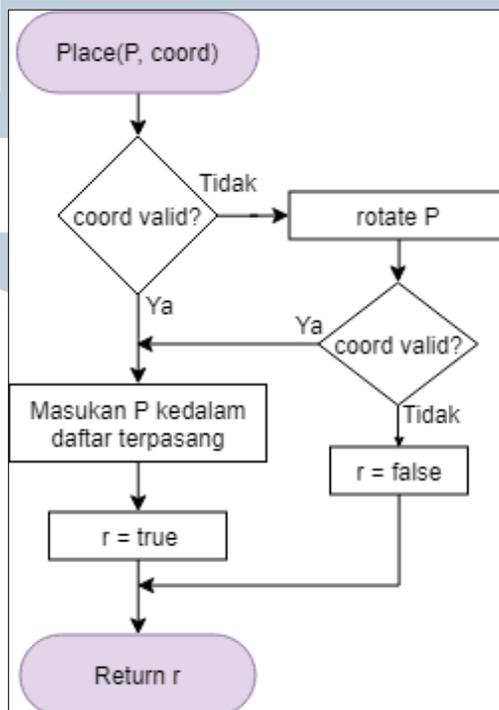


Gambar 3.8 Flowchart Placement Strategy

Flowchart *Placement Strategy* memiliki dua mode penting yaitu mode *Panel Saw* dan mode *Non Panel Saw*. Jika mode *Panel Saw* diaktifkan maka algoritma penempatan akan menggunakan *Binary Tree*. Jika mode *Non Panel Saw* diaktifkan maka algoritma penempatan akan menggunakan tehnik *orbit*. Modul ini memiliki *return* yang apabila *part* dari *Cutting List* berhasil ditempatkan, maka modul ini memiliki nilai *True*. Sedangkan apabila *part* gagal ditempatkan pada semua kemungkinan yang ada, maka modul ini memiliki nilai *false*.

E. Flowchart Place

Proses Place berfungsi untuk mencoba sebuah *part* untuk ditempatkan pada koordinat yang diberikan. Jika *part* yang dicoba pada koordinat terjadi *overlapping* proses akan mencoba kembali dengan *part* yang telah dirotasi. Jika koordinat yang diberikan sesuai dan tidak memiliki *part* lain yang telah terpasang (tidak *overlapping*) maka module ini memberikan nilai *return True* jika koordinat yang diberikan membuat *part* yang dicoba terjadi *overlapping* maka module ini memberikan nilai *return false*.

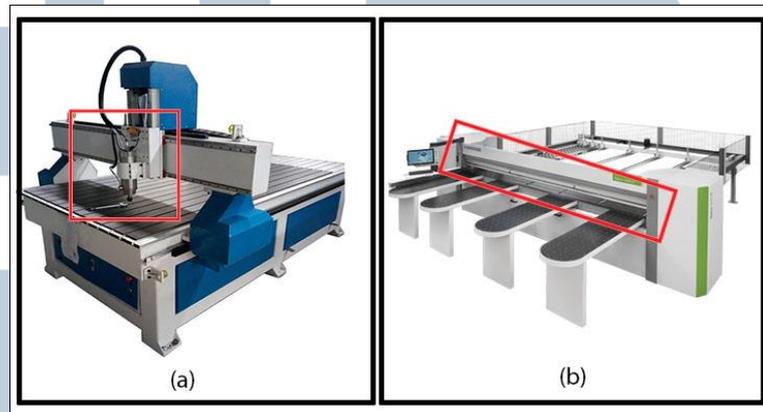


Gambar 3.9 Flowchart Place

F. Flowchart Binary Tree Placement

Binary Tree Placement digunakan pada saat sistem melakukan *Nesting Optimize* dengan mode *Panel Saw*. Mode *Panel Saw* biasa digunakan pada kondisi mesin yang memiliki tipe *Panel Saw*. Hal ini sangat memengaruhi proses optimalisasi pola potong dari metode yang biasanya. Algoritma ini memanfaatkan

struktur data *Binary tree* untuk memecahkan masalah pola potong pada mesin CNC yang bersifat *Panel Saw*. Pada gambar yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 memperlihatkan perbedaan antara mesin *CNC Router* dan *CNC Panel Saw*.



Gambar 3.10 (a) CNC Router (b) CNC Panel Saw (philicamcnc.com, 2018)

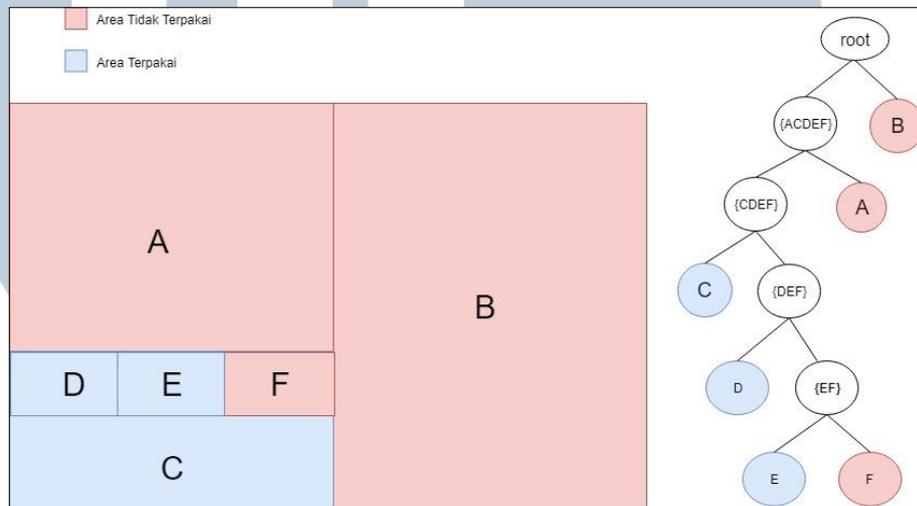
Pada Gambar 3.10 yang dilingkari berwarna merah merupakan pemotong panel dimana *CNC Router* memotong berdasarkan sumbu tiga *axis*, yaitu sumbu *x*, *y*, dan *z*. Sedangkan *CNC Panel Saw* hanya memiliki dua *axis*, yaitu sumbu *x* dan *y*.

Karena *panel saw* tidak memiliki sumbu *z*, maka sistem kerja *panel saw* akan memotong tegak lurus secara vertikal atau horizontal dan membelahnya menjadi dua potongan dengan ukuran pada sisi yang dipotong adalah sama. Hal ini sangat berbeda dengan prinsip kerja *CNC Router* yang dapat memainkan sumbu *z* dan dapat langsung memotong pada garis *outline* panel.

Pada Gambar 3.11 merupakan struktur *Nesting Optimize* dengan menggunakan struktur *binary tree*. Untuk melakukan optimalisasi, penelitian ini akan menggunakan algoritma penyusunan material dengan mengimplementasikan *Tree* untuk mengakomodasi sifat *Nested Component*. Pembentukan *Tree* ini memiliki aturan di mana *left child* dan *right child* dapat mengandung area yang

terpakai dan tidak terpakai. Sebagai contoh pembentukan tree dapat dilihat pada gambar berikut.

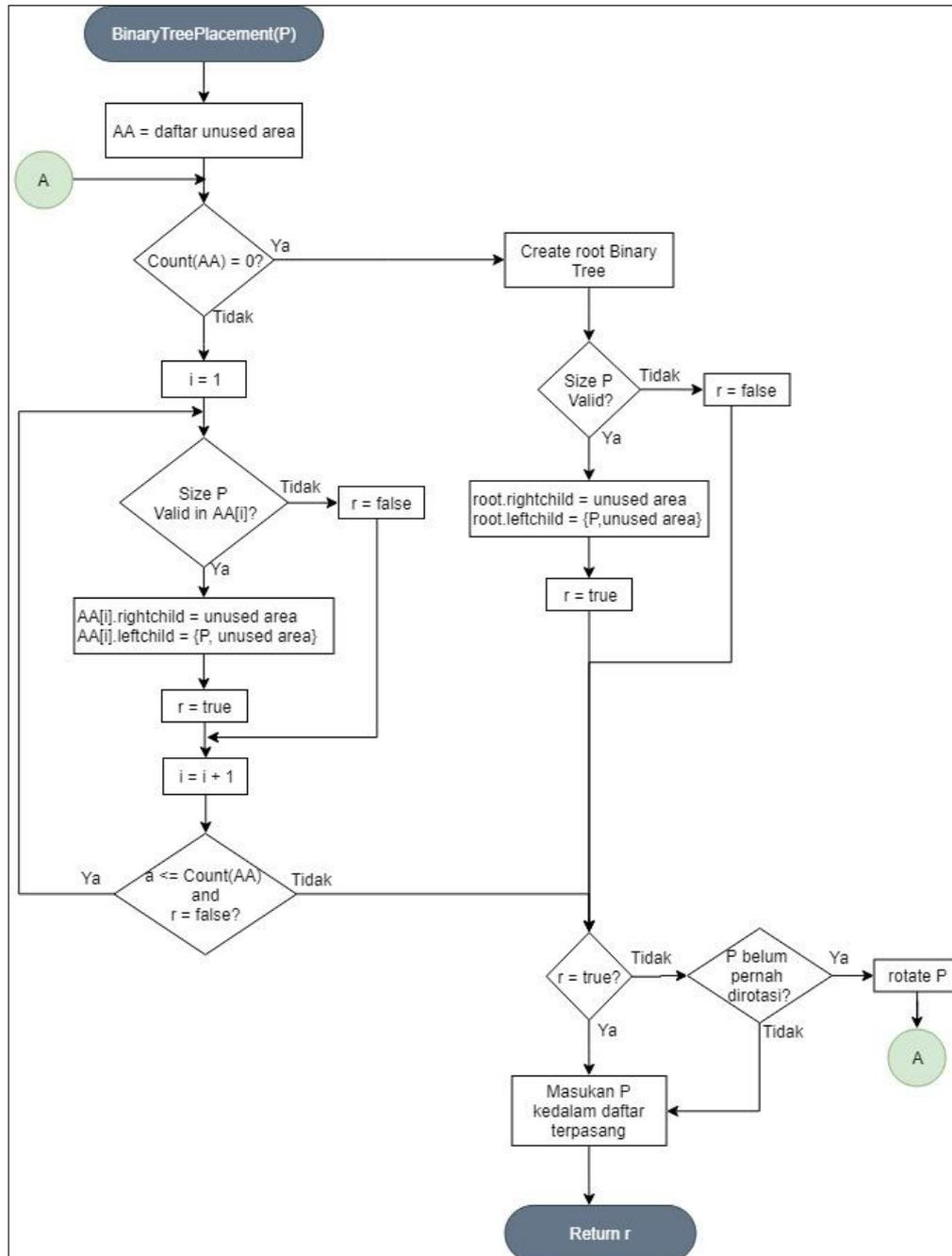
Setiap node akan menyimpan informasi seperti panjang, lebar, area terpakai, area tidak terpakai dan luas area. Informasi ini yang nantinya akan digunakan untuk melakukan optimalisasi dan menghasilkan pola-pola pemotongan. Pola pemotongan juga harus memperhatikan aturan-aturan pemotongan mesin CNC.



Gambar 3.11 Binary Tree Nesting Optimize

Untuk menghimpun area yang terpakai atau tidak terpakai dapat dilakukan dengan algoritma *traversal* pada *binary tree* tersebut. *Leaf node* berfungsi sebagai penanda bahwa area yang dimiliki *node* pada material tersebut dapat ditempatkan area baru pada area yang tidak terpakai. Pada area berwarna merah yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 merupakan area yang tidak terpakai yang artinya area tersebut dapat diletakan sebuah *part* baru dengan membaginya menjadi beberapa bagian sesuai garis potong vertikal atau horizontal. Berikut adalah flowchart *Binary Tree Placement*.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.12 Flowchart Binary Tree Placement

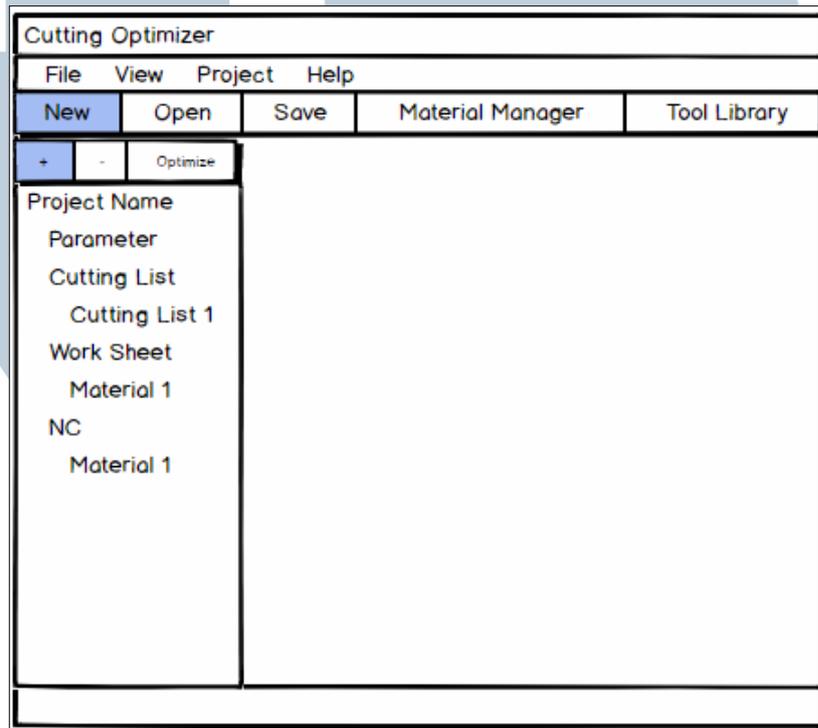
3.3 Rancangan Tampilan Antarmuka

Rancangan tampilan antarmuka pada penelitian ini dilakukan dengan pembuatan *mockup interface* dapat digambarkan sebagai berikut.

N U S A N T A R A

3.3.1. Rancangan Antarmuka Halaman Utama

Rancangan antarmuka pada halaman utama ditampilkan pada Gambar 3.13 dimana memiliki sebuah menu bersifat *tree*. Di dalam *tree* dapat memiliki lebih dari satu project. Masing masing *project* memiliki *Parameter*, *Cutting List*, *Worksheet* dan *NC (Numerical Control)*.

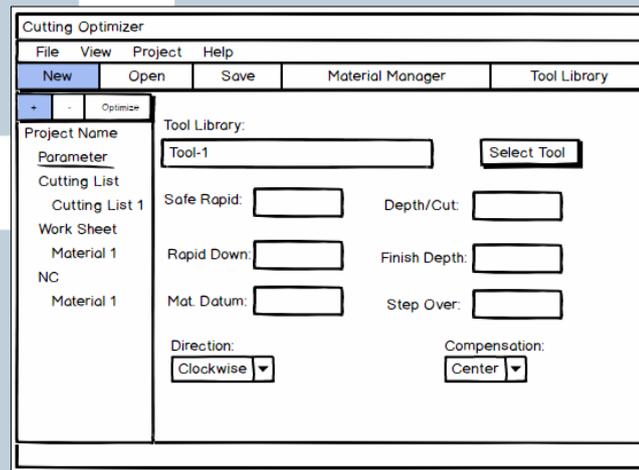


Gambar 3.13 Rancangan Antarmuka Halaman Utama

Parameter digunakan untuk mengatur nilai-nilai yang digunakan dalam menghasilkan *numerical control* untuk mesin. *Cuting List* digunakan untuk tempat dimana user dapat memasukan daftar *Cutting List* sesuai *cabinet* yang dibuat. *Worksheet* digunakan untuk mengelompokkan hasil *Nesting* berdasarkan material dalam bentuk *sheet*. Pada halaman ini user dapat melihat pola potong kayu yang dihasilkan oleh aplikasi. *NC (Numerical Control)* digunakan untuk melihat kode CNC yang dihasilkan oleh aplikasi. Setiap *sheet* yang dieksekusi akan memiliki satu buah input kode CNC.

3.3.2. Rancangan Antarmuka Parameter

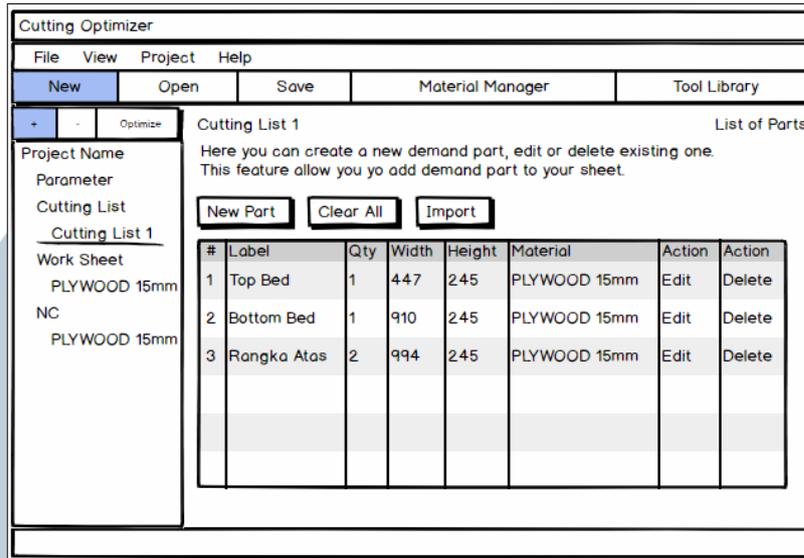
Rancangan antarmuka *parameter* ditunjukkan pada Gambar 3.14 dimana halaman ini berfungsi untuk mengatur parameter untuk setiap *project*. Nilai parameter akan disimpan pada *file project*.



Gambar 3.14 Rancangan Antarmuka Parameter

3.3.3. Rancangan Antarmuka Cutting List

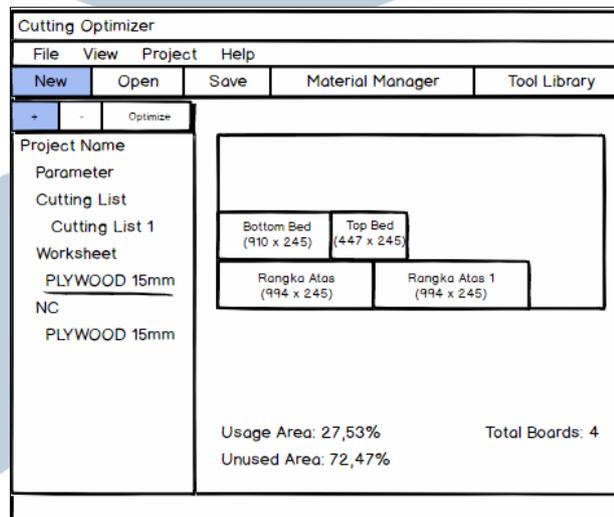
Rancangan antarmuka *Cutting List* ditunjukkan pada Gambar 3.15 dimana halaman ini berfungsi untuk menginput *Cutting List* yang dibutuhkan oleh user. Halaman ini memiliki tiga tombol yaitu, *New Part* digunakan untuk menambahkan secara manual *Cutting List*, *Clear All* digunakan untuk menghapus semua *Cutting List*, dan *Import* digunakan untuk menambahkan *cutting list* yang berasal dari *file DXF*.



Gambar 3.15 Rancangan Antarmuka Cutting List

3.3.4. Rancangan Antarmuka Worksheet - Material

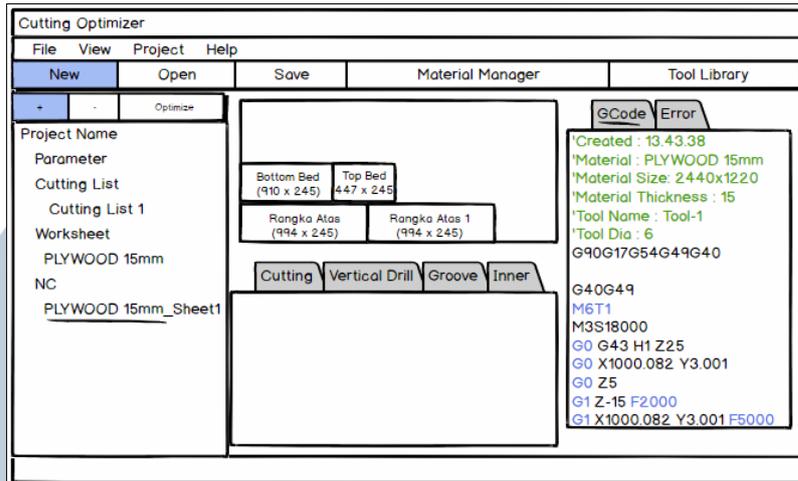
Rancangan antarmuka *Worksheet - Material* ditunjukkan pada Gambar 3.16 dimana halaman ini berfungsi untuk melihat hasil *Nesting Optimize* yang.



Gambar 3.16 Rancangan Antarmuka Worksheet - Material

3.3.5. Rancangan Antarmuka Numerical Control

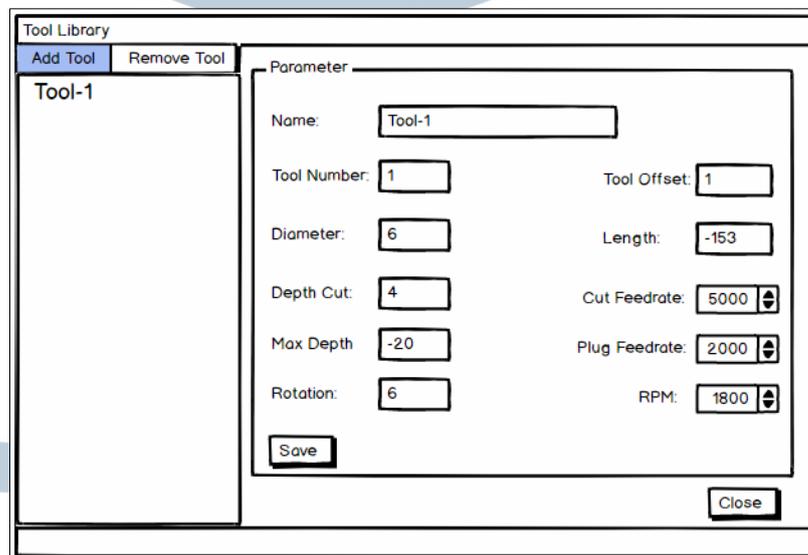
Rancangan antarmuka *Numerical Control* ditunjukkan pada Gambar 3.17 dimana halaman ini berfungsi untuk melihat GCode yang dihasilkan.



Gambar 3.17 Rancangan Antarmuka Numerical Control

3.3.6. Rancangan Antarmuka Tool Library

Rancangan antarmuka *Tool Library* ditunjukkan pada Gambar 3.18 dimana halaman ini berfungsi untuk mengatur daftar tool yang dimiliki oleh user dan digunakan untuk mesin CNC.

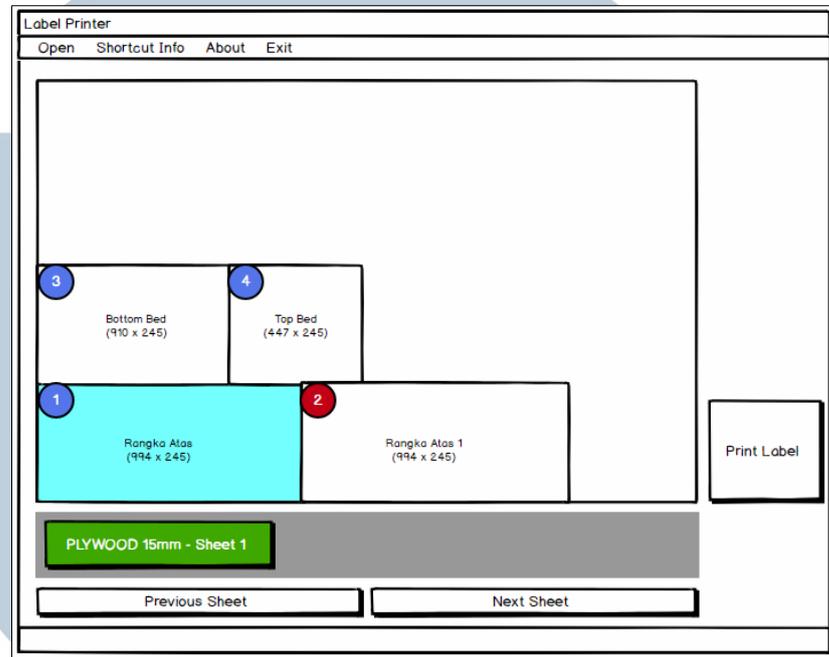


Gambar 3.18 Rancangan Antarmuka Tool Library

3.3.7. Rancangan Antarmuka Label Printer

Rancangan antarmuka *Label Printer* ditunjukkan pada Gambar 3.19 dimana halaman ini digunakan untuk mencetak label untuk setiap potongan. Halaman ini

akan ditampilkan bersamaan dengan saat proses pemotongan material pada mesin CNC sedang berlangsung.



Gambar 3.19 Rancangan Antarmuka Label Printer

Halaman *Label Printer* akan menunjukkan pola potong kayu yang sama dengan eksekusi pemotongan material yang dilakukan mesin CNC karena *operator* mesin CNC harus mengetahui letak atau posisi *label* yang akan diletakan pada setiap *part*/potongan sebagai identifikasi *Cutting List* agar lebih mudah dalam membangun sebuah *cabin*

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A