



### **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 II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Computer Numerical Control

Mesin CNC (Computer Numerical Control) adalah mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan nomor kode data perintah, huruf dan simbol, sesuai standar ISO. Sistem alat mesin CNC bekerja berdasarkan numerical control sehingga CNC akan lebih akurat, lebih presisi, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi massal. Mesin CNC ini dirancang untuk mendukung produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi intervensi operator selama mesin beroperasi (Sutarman dan Hermawan, 2017).



Gambar 2.1 Contoh mesin pemotong CNC (philicamcnc.com, 2018)

Format Computer Numerical Control (CNC) dalam bentuk otomatisasi program, permesinan dan peralatan lainnya yang dikendalikan oleh program yang berisi data, kode, angka. Mesin CNC mengubah data kode menjadi serangkaian instruksi dan menggerakkan bagaimana motor akan bergerak (Sutarman dan Hermawan, 2017).

Fungsi CNC dalam hal ini lebih banyak menggeser kerja operator pada peralatan mesin konvensional. Komputer berbasis pengontrol numeric ini dapat membaca kode instruksi N, G, F, T, dan lain lain, kode tersebut akan diintruksikan

ke mesin CNC untuk bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat untuk melakukan pergerakan dalam hal ini adalah pemotongan material. Pengoperasian menggunakan mesin CNC ini dapat dijamin keakuratannya hingga 1/1000 mm (mikron) dengan pengerjaan massal pada produk dengan hasil yang persis sama dan cepat (Sutarman dan Hermawan, 2017).

CNC memiliki perangkat komputer yang disebut Machine Control Unit (MCU) yang berfungsi untuk menerjemahkan kode MCU ke dalam bentuk persumbuan dan gerakan yang sesuai dengan titik koordinat yang diperintahkan. Kode-kode bahasa pada peralatan mesin CNC dikenal dengan kode G dan M, kode-kode tersebut telah distandarisasi oleh standar IS, atau agensi standar internasional lainnya (Sutarman dan Hermawan, 2017).

Sistem koordinat pada mesin CNC memiliki tiga sumbu yaitu sumbu X, Y dan Z. X didefinisikan sebagai sumbu pergerakan horizontal, sumbu Y didefinisikan sebagai sumbu yang bergerak secara melintang, dan sumbu Z didefinisikan sebagai sumbu yang bergerak secara vertikal (Sutarman dan Hermawan, 2017).

Pada kasus penelitian ini, aplikasi diharapkan dapat menghasilkan sebuah kode instruksi CNC yang berasal dari pola pemotongan yang telah optimalisasi. Berikut adalah contoh instruksi untuk mesin CNC:

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

```

1 (Customer : MOEY)
2 (Created : 10.12.59)
3 (Material : 2 FC 18 mm)
4 (Material Size : 2440x1220)
5 (Tool Name: Tool-1)
6 (Tool Dia.: 6)
7 (++++PROGRAM BEGIN++++)
8 G90G17G54G49G40
9
10
11 (Operation : Drill_Ambalan Mati 2 [1])
12 (Tool Dia : 6)
13 G40G49
14 M6T1
15 M3S18000
16 G0 G43 H1 Z25
17 (Drill Dia : 6.1mm)
18 (Face : TOP)
19 G00 X1826.95 Y141
20 G00 Z25
21 G01 Z-7 F2000
22 G02 X1826.95 Y141 I0.04999999999999998 J0 F5000
23 G00 Z25
24 (Drill Dia : 6.1mm)
25 (Face : TOP)
26 G00 X1826.95 Y141
27 G00 Z25
28 G01 Z-14 F2000
29 G02 X1826.95 Y141 I0.04999999999999998 J0 F5000
30 G00 Z25
31 (Drill Dia : 6.1mm)
32 (Face : TOP)
33 G00 X1826.95 Y141
34 G00 Z25
35 G01 Z-18 F2000
36 G02 X1826.95 Y141 I0.04999999999999998 J0 F5000
37 G00 Z25

```

Gambar 2.2 Contoh bahasa pemrograman CNC

Dalam bukunya “Fundamentals of CNC Machining” fungsi-fungsi yang digunakan dalam bahasa pemrograman CNC (Autodesk Inc, 2014):

Kode yang dimulai dengan G disebut *preparatory* karena mereka menyiapkan perangkat untuk jenis tertentu untuk bergerak. Kode yang diawali dengan M disebut *miscellaneous words*. Kode ini mengontrol opsi bantu mesin. Kode ini menyesuaikan dengan konfigurasi mesin di mana setiap mesin akan memiliki arti tersendiri dalam mengeksekusi kode M. Kode CNC ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel instruksi kode CNC

Keyword	Arti
G00	Gerakan cepat. Digunakan untuk memposisikan mesin untuk gerakan non-milling.
G01	Gerakan garis pada koordinat yang telah ditentukan.
G02	Pergerakan arc searah jarum jam.
G04	Pergerakan arc melawan arah jarum jam.
M00	Memberhentikan program.
M06	Melakukan penggantian <i>tool</i> .

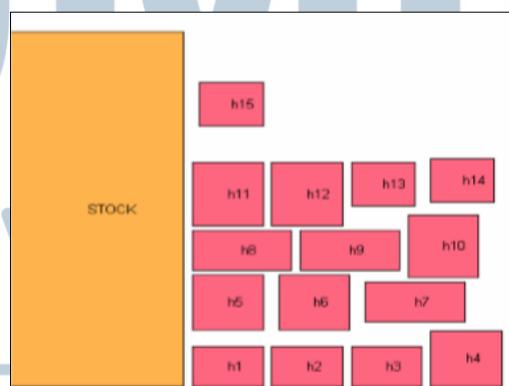
Kode yang diawali dengan M disebut *miscellaneous words*. Kode ini mengontrol opsi bantu mesin. Kode ini menyesuaikan dengan konfigurasi mesin di mana setiap mesin akan memiliki arti tersendiri dalam mengeksekusi kode M.

## 2.2 Nesting Problem

Nesting problem adalah permasalahan pemotongan yang menempatkan beberapa item ke dalam bentuk yang lebih besar untuk menemukan letak posisi yang paling efisien. Tujuan dari proses nesting ini adalah untuk meminimalkan pemborosan material. (LoValvo, 2017).

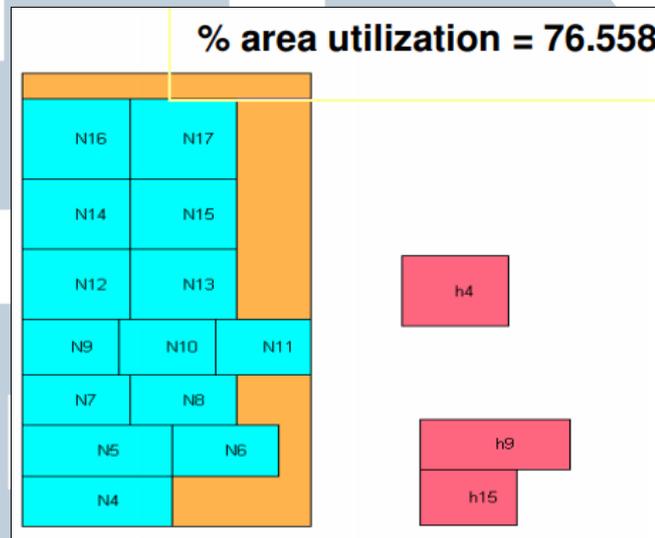
Kompleksitas masalah seperti itu sering dihadapi dengan pendekatan dua tahap, yang disebut hybrid algorithm, yaitu penggabungan antara algoritma penempatan item dengan algoritma meta-heuristic. Dimulai dari urutan posisi, proses penempatan menghasilkan konfigurasi yang tidak tumpang tindih. Solusi untuk efisiensi ini dilakukan oleh meta-heuristic agar objek yang ditempatkan dapat menemukan posisi yang terbaik (LoValvo, 2017).

Nesting problem menempatkan bagian-bagian material ke dalam sebuah wadah dan ditempatkan secara optimal sehingga menghasilkan area sisa yang terbesar pada bahan baku. (Xie dan Wang, 2007).



Gambar 2.3 Penyusunan material yang akan dioptimalisasi (Gupta, 2006).

Jika melihat kasus pada Gambar 2.3, daftar material yang berwarna merah akan disusun pada raw material. Penyusunan material ini disusun dengan optimal agar pemanfaatan area dapat dilakukan semaksimal mungkin.



Gambar 2.4 Penyusunan material setelah dioptimalisasi (Gupta, 2006).

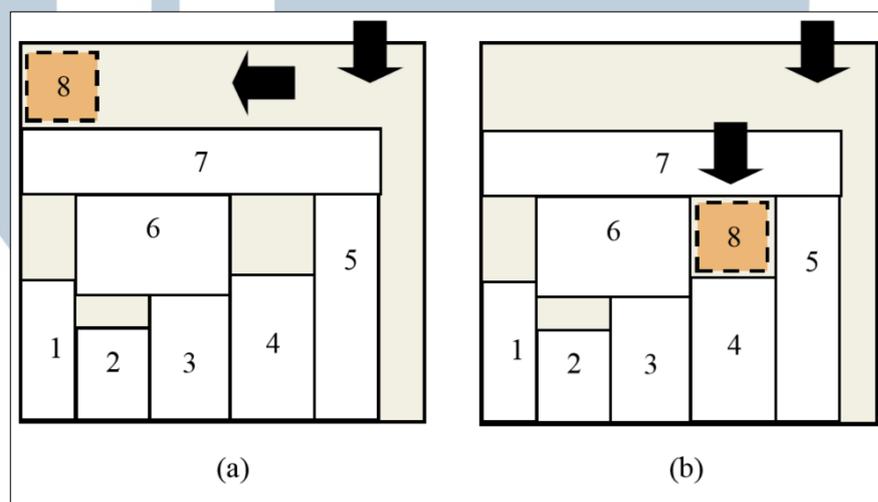
### 2.2.1 Bottom Left Algorithm

Untuk memecahkan Nesting Problem, terdapat berbagai macam algoritma yang dapat dilakukan diantaranya adalah *Bottom Left Fill*, *The No Fit Polygon*, *Pixel Method* dan lain-lain. Namun dipilihnya algoritma *Bottom Left Fill* ini karena mesin CNC memiliki nilai koordinat titik nol yang berada pada pojok bawah kiri sehingga apabila diimplementasikan hasil dari proses nesting akan lebih optimal terhadap gerakan mesin CNC karena cenderung mendekati koordinat titik nol.

Algoritma ini merupakan pengembangan dari algoritma *Bottom Left* yang terdiri dari penempatan secara berurutan pada setiap potongan yang disusun sebisa mungkin pada posisi yang mendekati nol atau mengarah pada paling bawah-kiri tanpa adanya tumpang tindih diantara potongan yang telah ditempatkan sebelumnya (LoValvo, 2017).

Kelemahan dari algoritma *Bottom Left* tidak dapat mengisi kesenjangan yang terjadi dari proses penempatan sebelumnya, sedangkan *Bottom Left Fill*. Mampu mengisi kesenjangan ini (Daoden dan Thaiupathump, 2017).

*Bottom Left Algorithm* memodifikasi dengan memanfaatkan area yang kosong. Potongan yang tersisa dapat ditempatkan pada posisi area yang kosong diantara potongan yang diapit dengan tujuan untuk menentukan solusi *packing* yang lebih baik (LoValvo, 2017).



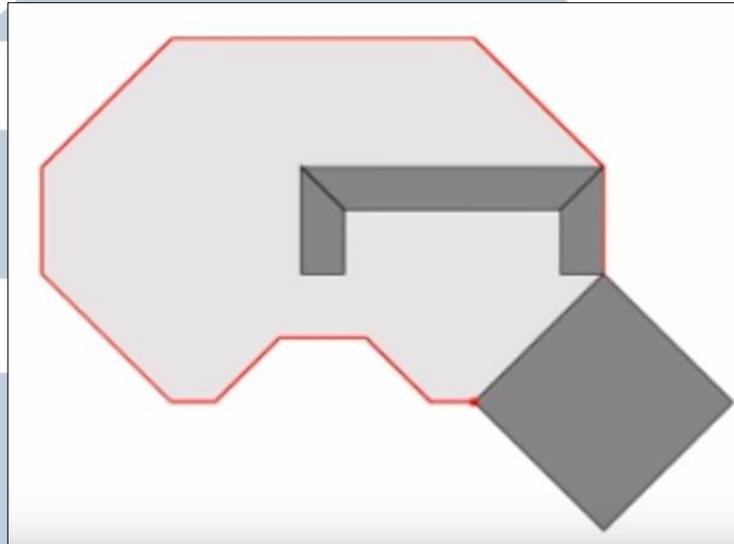
Gambar 2.5 (a) BL Algorithm dan (b) BLF Algorithm (Daoden dan Thaiupathump, 2017)

### 2.2.2 No Fit Polygon

*No Fit Polygon* (NFP) adalah sebuah pendekatan untuk menelusuri sebuah poligon untuk diletakan pada semua posisi yang bentuknya dapat ditempatkan hingga menyentuh poligon lain tetapi tidak tumpang tindih. Pendekatan ini sangat berguna untuk mencari solusi ruang kosong pada *Nesting Problem* (Jonas Lindmark, 2013).

Kompleksitas pendekatan ini sangat tergantung terhadap *vertex* dari poligon input. Poligon dianggap lebih kompleks apabila memiliki berbagai sifat bentuk.

Biasanya jenis poligon yang paling kompleks adalah poligon cembung (Jonas Lindmark, 2013).

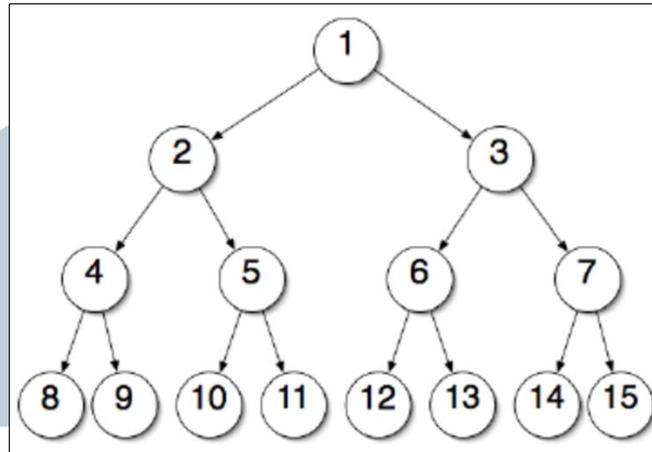


Gambar 2.6 (a) Pendekatan *No Fit Polygon*

Manfaat menggunakan *No Fit Polygon* dapat digunakan pada bentuk yang reguler maupun bentuk yang tidak reguler. *No Fit Polygon* diperoleh dengan memperbaiki posisi titik referensi poligon yang mengorbit yang bergerak di sekeliling poligon. Algoritma yang dikembangkan pada metode ini menggunakan sistem hybrid berdasarkan metode penentuan posisi tipe *Bottom Left Fill*, berbasis menggunakan sistem bersarang yang menggunakan konsep *No Fit Polygon* (LoValvo, 2017).

### 2.3 Binary Tree

Salah satu struktur data standar yang telah banyak digunakan dalam pemrograman adalah struktur data *tree*. Binary tree merupakan sekumpulan node yang terdiri dari *root* dan dua *subset* terpisah yang disebut *sub-tree* kiri dan kanan. Binary tree paling banyak digunakan untuk mengimplementasikan algoritma pencarian biner untuk akses data yang lebih cepat (Vinod, 2007).



Gambar 2.7 (a) Struktur Data Binary Tree (Andrusky, 2006)

*Binary Search Tree* merupakan pencarian data struktur nonlinier dalam ilmu komputer yang dapat didefinisikan sebagai satu set *node* terbatas yang terdiri atas *node* kosong atau *node* yang memiliki root dan dua *node* terpisah yang disebut *left right subtrees*. *Binary Tree* paling banyak digunakan untuk mengimplementasikan algoritma pencarian biner untuk akses data yang lebih cepat ketika memori alokasi statis dengan ukuran data yang cukup kecil. Sebuah array dapat digunakan sebagai representasi untuk mengimplementasikan struktur data dari *binary tree* (Vinod, 2007).

UMMN

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA