



Algoritma A* Dalam Peletakan Pola Pakaian Pada Kain

Irma Amelia Dewi¹, Asep Nana H², Safira Dwi Aryanti P³

^{1,2,3}Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung

^{1,2,3}Jl. P.H.H Mustafa No.23, Bandung, 40124, Indonesia

Email korespondensi : imameamel@gmail.com

Dikirim 31 Oktober 2017, Direvisi 14 November 2017, Diterima 23 November 2017

Abstrak - *Strip Packing Problem* (SPP) merupakan permasalahan dalam peletakan suatu pola dari obyek yang beraturan ataupun tidak beraturan pada sebuah wadah berukuran tertentu. Salah satu kasus dalam SPP biasanya dialami oleh perusahaan konveksi dalam memproduksi pakaian secara masal. Permasalahan yang muncul adalah bagaimana meletakkan pola-pola pakaian di atas kain agar memperoleh optimalisasi dalam penggunaan bahan dan mengurangi sisa kain yang berlebih. Salah satu metode yang digunakan untuk dalam permasalahan SPP ini menggunakan Algoritma A*. Setiap pola pada satu jenis model pakaian yang ditentukan pengguna dihitung luas polanya dan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar. Kemudian pola dipetakan di atas kain dengan ukuran tertentu hingga mencapai kuantitas pakaian yang diinginkan terpenuhi. Pada penelitian ini hanya fokus pemetaan untuk mencapai efisiensi keterpakaian bahan. Model baju yang diujikan adalah pakaian wanita: kaos & kemeja lengan panjang & pendek, celana panjang dan rok panjang. Pola dibuat dalam bentuk *Scalable Vector Graphics* (SVG) berupa titik koordinat x dan y. Dari hasil pengujian pola diperoleh efisiensi keterpakaian bahan mencapai 68%, hal ini dipengaruhi oleh faktor pemetaan dari besaran luas yang terkecil ke terbesar secara iteratif sehingga memungkinkan adanya ruang kosong(sisa) antar pola yang tidak terpakai.

Kata kunci - *Strip Packing Problem*, Algoritma A*, pola pakaian, *Scalable Vector Graphic* (SVG)

Abstract - *Strip Packing Problem* (SPP) is a problem that appears in the laying of a pattern of regular or irregular objects in a container of a certain size. One of the cases in SPP is usually experienced by garment companies in mass-producing clothing. The problem that arises is how to lay the patterns of clothing on the fabric in order to obtain optimization in use of materials and to reduce excess fabric remnants. One of the methods used for this SPP problem is using A* Algorithm. Each pattern of the clothing model is calculated and measured from the smallest to the largest. Then the pattern is mapped on a cloth of a certain size. The process repeated until it reaches the specified quantity. In this research only focus of mapping to achieve the efficiency of material usage. Clothes model tested is women's clothing: long & short sleeveless shirts, long pants and long skirts. Patterns are made in the form of *Scalable Vector Graphics* (SVG). From the test result, the efficiency of material usage reaches 68%, it is influenced by the mapping factor from the smallest quantity to the largest iteratively so as to allow the existence of empty space between unused patterns.

Keywords - *Strip Packing Problem*, A* Algorithm, Patterns of Clothing, *Scalable Vector Graphic* (SVG)

I. PENDAHULUAN

Strip Packing Problem (SPP) merupakan permasalahan dalam peletakan pola suatu obyek beraturan (*reguler*) atau tidak beraturan (*irreguler*) pada suatu wadah atau kontainer dalam ukuran tertentu. Permasalahan tersebut sering muncul pada bidang industri tekstil, kayu, kulit kaca maupun metal. Industri jenis ini harus memotong material bahan baku ke bentuk yang lebih kecil dengan pola yang beragam. Oleh karena itu dibutuhkan strategi dalam perencanaan peletakan pola yang tepat di atas bidang

bahan agar memperoleh optimalisasi penggunaan bahan.

Salah satu permasalahan SPP yaitu pada bidang konveksi yang memproduksi pakaian dalam jumlah banyak. Dalam proses perancangan pakaian, pemetaan pola adalah salah satu hal yang tidak bisa diabaikan begitu saja karena berdampak kepada biaya produksi sehingga perlu diperhatikan peletakan pola yang optimal untuk menambah efisiensi keterpakaian kain dan mengurangi sisa kain yang berlebih.

Metode yang digunakan untuk kasus dalam pencarian dan pemetaan adalah yang berbasis pencarian *heuristic* seperti, *Alpha Beta Prunning*, Greedy, Algoritma A*, *Generate and test* [1][2][3][4][5][6][7]. Algoritma A* ini dianggap dapat menghemat waktu, meminimalkan ruang kosong, serta menghemat biaya produksi karena melakukan pencarian berdasarkan pembobotan dengan bobot terendah. Penelitian mengenai optimasi peletakan pola telah dilakukan untuk bidang datar regular menggunakan Algoritma A* dengan memperoleh hasil akurasi yang cukup tinggi [8] [9]. Penelitian lain yang sejenis mengenai optimasi dengan metode yang berbeda diantaranya yaitu optimasi peletakan bahan kaos polo menggunakan *integer programming*[10], optimasi dalam pemotongan bahan baku [11], pencarian solusi optimal *cutting stock problem* dengan menggunakan *firefly algorithm* [12][13] dan optimasi pemakaian bahan baku dengan algoritma program dinamis sekuensial [14].

Pola pakaian memiliki bentuk yang ireguler atau tidak beraturan. Dalam pembuatan pola pakaian juga memiliki aturan dan perhitungan yang saling berhubungan antara ukuran parameter untuk menghasilkan garis pola. Seperti pada penelitian sebelumnya telah dilakukan sistem pembangkitan pola berdasarkan ukuran kustomisasi dari pengguna sehingga menghasilkan ukuran kain yang dibutuhkan[15]. Oleh karena itu, pengembangan penelitian dilakukan dengan dirancangnya suatu aplikasi yang dapat memetakan pola-pola dari suatu model pakaian dengan ukuran standar yang diproduksi secara masal seperti perusahaan konveksi seperti kaos lengan pendek, kaos lengan panjang, kemeja lengan pendek, kemeja lengan panjang, celana panjang dan rok dengan masing-masing jumlah dan potongan pola dapat dilihat pada Tabel. 1 serta ukuran pola dapat dilihat pada Tabel.2.. Pola-pola yang digunakan dibuat dalam bentuk *Scalable Vector Graphics* (SVG).

Tabel 1 . Jenis Pakaian dan Jumlah Pola

No	Jenis Pakaian	Keterangan
1	Kaos Lengan Pendek & Kaos Lengan Panjang	- Badan Depan & Belakang - Lengan Kiri & kanan
2	Kemeja Lengan Pendek & Kemeja Lengan Panjang	- Badan Depan Kiri & kanan - Badan Belakang - Lengan Kiri & Kanan - Saku - Kerah Atas & Bawah
3	Celana Panjang	- Depan kiri & kanan - Belakang Kiri & Kanan
4	Rok	- Potongan Depan & Belakang

Tabel 2 . Jenis Pakaian dan Jumlah Pola

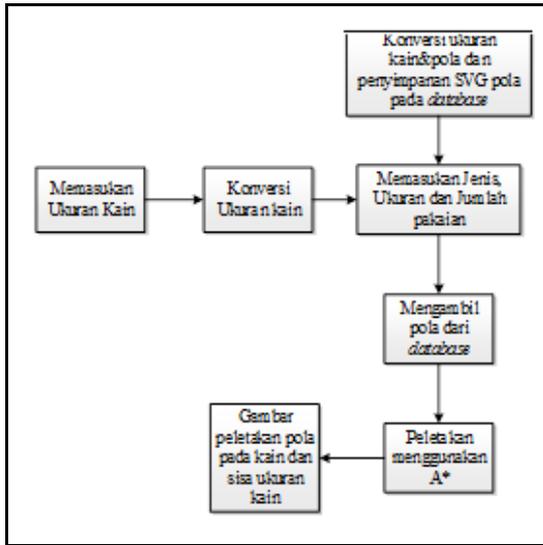
Model Pakaian	Pola	S (cm)	M (cm)	L (cm)	XL (cm)
Kaos/Ke-meja Lengan Pendek & Panjang	Lebar badan	48	50	52	54
	Panjang badan	65	68	71	74
	1/2 Lingkar lengan	23	24	25	26
	Panjang lengan (panjang)	55	57	60	64
	Pundak	13	14	15	16
	Panjang lengan (pendek)	21	22	23	24
Celana Panjang	Lingkar pinggang	75	80	85	90
	Panjang Celana	104	105	105	106
	Lingkar Paha	31	32	33	34
	Lebar bawah	20	20	21	22
Rok Panjang	Lingkar pinggang	124	128	144	160
	Panjang rok	90	94	95	98
	Lingkar bawah	134	138	154	170

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai *cutting stock problem* penelitian ini menggunakan algoritma A* untuk peletakan pola yang berbentuk *irregular* dalam kasus penelitian ini berupa pola pakaian dengan ukuran standar pakaian (S,M,L,XL) dengan jenis pakaian adalah pakaian yang biasa diproduksi oleh perusahaan konveksi kaos lengan pendek, kaos lengan panjang, kemeja lengan pendek, kemeja lengan panjang, celana panjang dan rok. Algoritma A* digunakan dengan menghitung cost berupa luas setiap potongan pola masing-masing model busana, kemudian diurutkan dari cost terendah ke terbesar. Pola kemudian diletakkan pada bidang kain 2D disusun sebanyak kuantitas yang ditentukan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan penggunaan bahan kain melalui pemetaan peletakan pola pakaian menggunakan algoritma pencarian A* dengan menghitung efisiensi keterpakaian bahan kain.

II. METODE PENELITIAN

Proses peletakan pola ini diawali dengan membuat terlebih dahulu pola pakaian dalam bentuk SVG sehingga menghasilkan koordinat dari setiap titik-titik pola yang disimpan ke basis data pola. Jenis pola pakaian yang dibuat adalah pakaian yang biasa diproduksi oleh perusahaan konveksi agar pola dan kain lebih mudah diproses di komputer, dilakukan konversi ukuran dari satuan meter ke piksel dan

diskalakan 1:25 dari ukuran sebenarnya. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Pemetaan pola dilakukan untuk satu model pakaian dan ukuran serta kuantitas.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan algoritma A* Setiap pola dari jenis model pakaian tersebut dihitung luas pola dan diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar kemudian dipetakan di atas kain dengan ukuran tertentu. Pola dengan bobot terkecil dipetakan terlebih dahulu dimana pola pertama dipetakan di koordinat (0,0) dari kain yaitu ujung kiri atas. Pola dengan bobot terendah berikutnya dipetakan secara horizontal pada koordinat x tertinggi sampai dengan batas kain dan dilanjutkan secara vertikal pada koordinat y tertinggi hingga mencapai kuantitas pakaian yang diinginkan.

A. Membuat Template Pola dan Konversi dan Skala Kain dan Pola

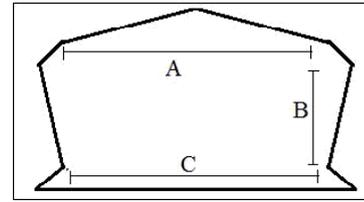
Setiap pola dan kain dikonversi terlebih dahulu, dengan mengubah satuan meter ke *pixel*. Hasil konversi di skalakan 1:25 kali dengan membagikan hasil konversi dengan 25. Skala 1:25 dilakukan terkait pertimbangan resolusi dan cetak hasil pemetaan. Konversi ke dalam bentuk *pixel* dilakukan seperti pada persamaan (1) [16] dengan acuan konversi piksel seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Konversi *Pixel*

Ukuran Awal	Ukuran <i>Pixel</i>
1 (cm)	37.79 <i>pixel</i>
1 (m)	3779.52 <i>pixel</i>

$$\text{Konversi meter – piksel} = (\text{ukuran sebenarnya} \times \text{nilai piksel}) / 25 \quad (1)$$

Diasumsikan untuk mengkonversikan ukuran lengan pendek seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Potongan Pola Lengan Pendek (S)

Ukuran dari gambar potongan pola di atas adalah A= 46 cm, B=21cm dan C= 38 cm, sehingga diperoleh jika menggunakan persamaan (1) adalah sebagai berikut,

$$A = \frac{46 \times 37,79}{25} = 69,53$$

$$B = \frac{21 \times 37,79}{25} = 31,74$$

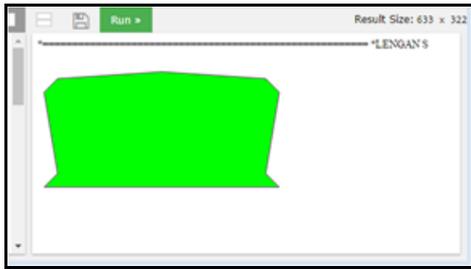
$$C = \frac{38 \times 37,79}{25} = 57,44$$

Setelah ukuran pola dan kain dikonversikan ke dalam piksel selanjutnya membuat pola ke dalam SVG untuk menentukan nilai setiap titik koordinat. Penentuan titik kooordinat (0,0) terdapat pada sisi kiri atas sebagaimana sebagai koordinat awal pada citra sehingga titik 1 pada Gambar 2 adalah titik yang paling kiri. Proses penentuan koordinat dilakukan dengan memprediksi berdasarkan ukuran dan jumlah garis ditentukan dari perpotongan garis dari pola. Selanjutnya setelah didapatkan koordinat setiap titik untuk semua pola dilakukan perhitungan luas. Berikut ini adalah koordinat titik pada lengan pendek ukuran S.

Tabel 4. Kumpulan Koordinat Pola Lengan Pendek (S)

N	Xn	Yn
1	10	15
2	15	10
3	39.77	10
4	74.54	10
5	79.54	15
6	74.54	31.74
7	79.54	36.74
8	10	36.74
9	15	31.74

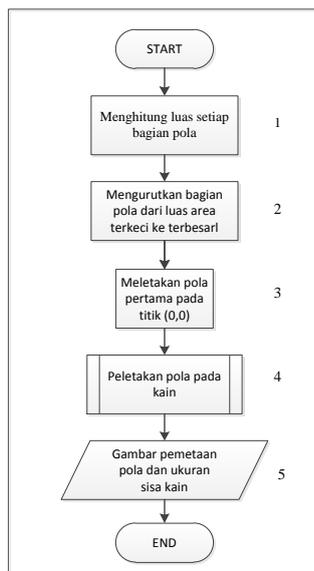
Titik koordinat disimpan pada SVG Editor. Pola dalam bentuk SVG dan luas pola disimpan kedalam *database*. Sehingga *template* pola dan luas sudah tersedia di dalam *database*.



Gambar 3. Hasil SVG Lengan Pendek (S)

B. Pemetaan Pola Pakaian Menggunakan A*

Untuk proses pemetaan pola pakaian, harus ditentukan terlebih dahulu jenis pakaian, ukuran pakaian (S,M,L atau XL), menentukan kuantitas pakaian yang akan dibuat dan menentukan ukuran (panjang dan lebar) kain sebagai wadah memetakan pola.



Gambar 4. Flowchart Pemetaan Pola Menggunakan Algoritma A*

Algoritma A* akan mengunjungi secara mendalam selama simpul tersebut merupakan simpul yang terbaik. Jika simpul yang sedang dikunjungi ternyata tidak mengarah kepada solusi yang diinginkan, maka akan melakukan penambahan nilai sesampai lebih menjanjikan dari pada simpul yang terakhir dikunjungi. Langkah yang dapat dilakukan seperti pada *flowchart* Gambar.4 sebagai berikut,

a) Menghitung Luas Pola

Algoritma A* mempertahankan sebagian dari solusi, sebagai contoh jalur dimulai dari node awal, akan disimpan dalam sebuah queue yang disebut *priority queue*. Prioritas yang diberikan ke sebuah jalur x ditentukan oleh fungsi [17][18],

$$f(x)=g(x)+ h(x) \quad (2)$$

Dimana:

$g(x)$ = nilai *cost* dari *path* yang telah ditemukan

$h(x)$ = estimasi heuristik nilai *cost* paling minimal

Untuk kasus ini, fungsi $f(x) = g(x) + h(x)$ didefinisikan sebagai berikut :

$g(x) = heuristic \text{ luas (luas pola)}$

$$g(x) = \frac{((x_1 * y_2) + (x_2 * y_3) + (x_3 * y_n) + (x_n * y_1)) - ((y_1 * x_2) + (y_2 * x_3) + (y_3 * x_n) + (y_n * x_1))}{2} \quad (3)$$

Dimana :

X = sumbu x dalam koordinat pola

Y = sumbu y dalam koordinat pola

Sehingga jika dijabarkan perhitungan luas pada pola lengan pendek (S) adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} L &= \frac{(((10 * 15) + (15 * 15) + (39.77 * 15) + (74.54 * 20) + (79.54 * 36.74) + (74.54 * 41.74) + (79.54 * 41.74) + (10 * 36.74)) - ((20 * 15) + (15 * 39.77) + (15 * 74.54) + (15 * 79.54) + (20 * 74.54) + (36.74 * 79.54) + (41.74 * 10) + (41.74 * 15))}{2} \\ &= \frac{(((150) + (225) + (596.55) + (1490.8) + (2922.3) + (3111.3) + (3320) + (367.4)) - ((300) + (596.55) + (1118.1) + (1193.1) + (1490.8) + (2922.3) + (417.2) + (626.1))}{2} \\ &= \frac{(12183.35) - (8964.35)}{2} \\ &= 3219 / 2 = 1609.5 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh luas pola lengan pendek ukuran S adalah 1609.5. Perhitungan luas dilakukan juga untuk semua potongan pola dengan proses yang sama.

b) Mengurutkan Pola Berdasarkan Luas

Algoritma A* akan memprioritaskan *cost* terkecil terlebih dahulu, yang kemudian akan dimasukan ke dalam *list* sesuai dengan urutan yang paling mendekati solusi terbaik menurut A* (*cost* terkecil sampai terbesar). Kemudian, obyek (pola) pertama pada *list* diambil dan kemudian disimpan ke dalam *container* (kain) sesuai dengan urutan yang terbaik untuk solusi.

Setelah perhitungan luas seperti di atas, selanjutnya diurutkan dari ukuran terkecil sampai ukuran yang terbesar (*ascending*). Sebagai contoh studi kasus, diambil jenis pakaian kaos lengan pendek dengan ukuran S yang memiliki 4 potong pola dengan proses awal perhitungan luas masing masing pola, lalu di urutkan. Didapatkan luas masing-masing pola setelah dilakukan perhitungan luas yang sama.

- Menghitung $h(x)$ lengan pendek.

➤ Keliling kain (KK)

$$KK = (2)p + (2)l \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 KK &= (2) 302.36 + (2)755.9 \\
 &= 2117
 \end{aligned}$$

➤ Keliling pola (KP)

$$\begin{aligned}
 KP &= 69.54 + 31.74 + 69.54 + 31.74 \\
 &= 202.56
 \end{aligned}$$

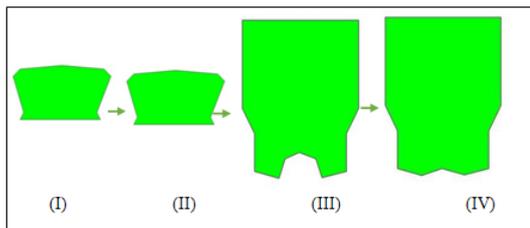
Untuk nilai PM (pola mengenai batas kain) dan PKP (pola bersinguungan) adalah 0 karena pola pertama diletakan tidak melewati batas. Setelah didapatkan keliling kain dan pola maka nilai h(x) dihitung sebagaimana persamaan (5),

$$h(x) = ((KK - PM) + (Kp -PM)) - PKP \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 h(x) &= ((2117 - 0) + (202.56 - 0)) - 0 \\
 &= 3319.56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(x) &= 3319.56 + 1609.5 \\
 &= 4929.06
 \end{aligned}$$

Nilai h(x) dihitung pada setiap peletakan pola, lalu dibandingkan dengan nilai pola lainnya. Didapatkan hasil penyusunan pola seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengurutan Potongan Pola Kaos Pendek

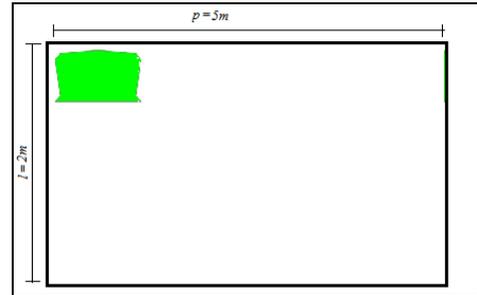
Sesuai dengan luas dari masing-masing potongan 4 pola didapatkan hasil penyusunan adalah lengan pendek kiri, lengan pendek kanan, badan depan dan badan belakang.

c) Peletakan pola pada kain

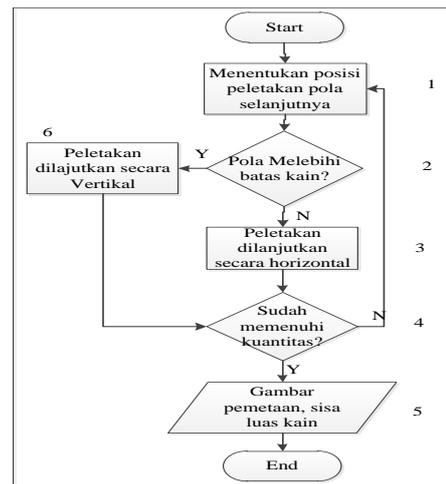
Menentukan start state atau titik (0,0), dimana A* selalu memulai proses pemetaan dimulai dari kiri atas. Dari contoh pakaian kaos lengan pendek didapatkan potongan pola terkecil adalah pola lengan. Lengan dimasukkan ke dalam kanvas kain yang sudah dimasukkan sebelumnya. Letak koordinat pola pertama disesuaikan dengan nilai koordinat pertama potongan pola seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3 bahwa koordinat awal pola adalah (0,0). Sesuait dengan titik awal setiap SVG pola. Cara peletakan pola dilakukan dengan membuat grid yang sesuai dengan width dan height setiap potongan pola, sehingga jarak peletakan tidak terlalu berjauhan tanpa menyisakan kain yang banyak diantara peletakan pola.

Peletakan pola selanjutnya akan menjadi proses baru dan dijelaskan oleh flowchart Gambar 7. Posisi peletakan pola berikutnya dilakukan berdasarkan pola dengan luas terkecil pertama. Dari pola yang pertama dapat ditentukan nilai koordinat x terbesar. Sebagai contoh pada kasus kaos lengan pendek pola terkecil (luas) adalah

pola lengan, sehingga pola berikutnya akan diposisikan berdasarkan koordinat x terbesar adalah 79.54 (Tabel 3).



Gambar 6. Posisi Peletakan Pola Pertama



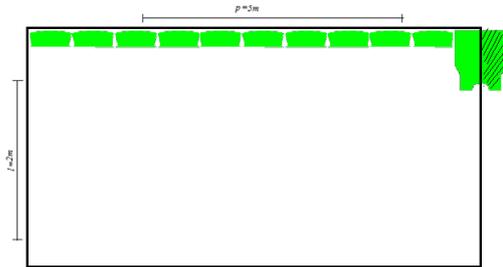
Gambar 7. Flowchart Proses Peletakan Pola Kedua dan Seterusnya

Untuk menentukan posisi pola berikutnya dilakukan pengecekan apakah melewati batas maksimal panjang kain, dengan cara membandingkan koordinat x terbesar dengan ukuran kain. Asumsi ukuran kain adalah 5m x 2m atau 755.9 x 302.36 pixel. Jika koordinat x terbesar + 10 sebagai jarak pola 1 dengan lainnya > dari panjang kain maka pemosisian dilanjutkan secara vertikal tetapi jika sebaliknya maka pemosisian secara horizontal. Hal ini menunjukkan bahwa posisi penempatan pola berikutnya tidak melewati batas kain.



Gambar 8. Posisi Peletakan Pola Berikutnya

Proses peletakan pola dan pengecekan posisi terus dilakukan sampai dengan jumlah kuantitas yang ditentukan. Pada Gambar.9 menunjukkan pemosisian pola jika pola melebihi batas tepi kain, maka pola akan diposisikan berdasarkan koordinat y terbesar dari pola sebelumnya.



Gambar 9. Pola Melebihi Batas Kain

Untuk menentukan efisiensi keterpakaian kain yang, dilakukan proses perhitungan sisa kain yang tidak terpakai. Jika semua pola sudah dipetakan sesuai dengan kuantitas yang ditentukan, selanjutnya dilakukan proses perhitungan sisa kain dengan cara mengurangi luas kain dengan total luas semua pola yang sudah dipetakan.



Gambar 10. Pemetan Keseluruhan Pola Sesuai Kuantitas

Perhitungan luas kain menggunakan persamaan (6).

$$L = p \times l \quad (6)$$

$$L (\text{kain}) = 302.36 \times 755.9 = 228553.9$$

Pada studi kasus yang dijelaskan pola kaos lengan pendek dengan kuantitas 5 buah baju diperoleh pola yang sudah diletakan adalah 5 pola tangan kiri, 5 pola tangan kanan, 5 pola badan depan dan 5 pola badan belakang makan perhitungan totalnya adalah

$$\begin{aligned} \text{Total Luas pola} &= (5) 1759 + (5) 1759 + (5) \\ &6341.8 + (5) 6741.9 \\ &= 8795 + 8795 + 31709 + \\ &33709.5 \\ &= 83008.5 \text{ pixel} \end{aligned}$$

Dalam menentukan sisa kain dilakukan dengan menggunakan persamaan,

$$\text{Sisa Kain} = \text{Luas Kain} - \text{Luas seluruh pola} \quad (7)$$

Sehingga diperoleh sisa luas kain = $228553.9 - 83008.5 = 145545.42$ piksel. Kemudian dikonversikan kembali ke satuan meter persegi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa scenario pengujian, yaitu pengujian algoritma A* dalam pemetaan bangun bidang datar sederhana, pengujian efisiensi pemetaan pola menggunakan A* secara ascending, pengujian perbandingan pemetaan pola dengan mengurutkan pola secara ascending dan descending, dan pengujian pemetaan pola dalam kuantitas besar.

A. Pengujian Algoritma A* dalam Pemetaan Bangun Bidang Datar Sederhana

Pengujian awal meletakan bangun datar (kotak, lingkaran dan segitiga) untuk menguji seberapa optimal aplikasi jika menggunakan bangun datar sederhana. Dipetakan pada ukuran kain 1m x1m. Berikut adalah hasil dari pemetaan bangun datar.

a) Persegi panjang



Gambar 11. Output Pemetaan Persegi Panjang

Bangun datar persegi panjang, menyerupai bentuk kain sehingga saat dilakukan pemetaan nyaris tidak ada sisa sama sekali. Hanya menyisakan luas kain 0.14 meter.

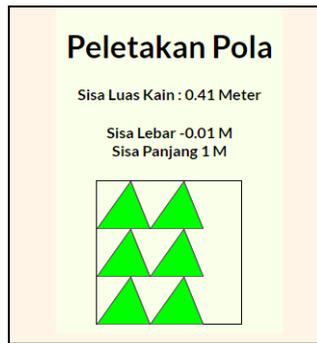
b) Lingkaran



Gambar 12. Output Pemetaan Lingkaran

Jika dibandingkan dengan persegi panjang, lingkaran menyisakan kain lebih banyak pada setiap lengkungannya Sisa luas kain yang dihasilkan adalah 0.33 meter.

c) Segitiga



Gambar 13. Output pemetaan segitiga

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bidang datar regular seperti kotak memiliki efisiensi keterpakain bahan yang lebih besar 86% dibanding bentuk bangun datar lain yang lebih sederhana seperti lingkaran dan segitiga. Dengan pengujian sederhana tersebut penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma A* memberikan pemetaan yang optimal pada bentuk yang beraturan.

Tabel 5 Perbandingan Bangun Datar

Bangun	Sisa Luas kain (m ²)	Sisa Panjang (m)	Sisa Lebar (m)	Persentase Efisiensi(%)
Kotak	0.14	1	0.06	86
Lingkaran	0.33	1	0.06	67
Segitiga	0.41	1	-0.01	59

B. Pengujian Efisiensi Pemetaan Pola Menggunakan A* Secara Ascending

Dari analisis pengujian yang telah dipaparkan menjadi acuan prosentase efisiensi pada bentuk polygon irreguller/tidak beraturan. Pengujian dilakukan pada pola jenis pakaian kaos lengan panjang & pendek, kemeja lengan panjang & pednek, celana panjang dan rok panjang wanita.

Pengujian dilakukan pada ukuran kain sebagai container/wadah pola dengan lebar sekitar 1.15 meter dan 1.5 meter serta panjang berkisar 1 meter-1.75 meter. Untuk ukuran lebar kain mengikuti ukuran standar produksi kain sehingga pada penelitian ini pengujian kaos & kemeja lengan pendek menggunakan ukuran lebar rata-rata adalah 1.15 meter dan untuk kaos & kemeja lengan panjang, celana panjang dan rok panjang menggunakan ukuran lebar kain 1.5 meter.

Pada pengujian awal menggunakan kuantitas 1 buah pakaian untuk melihat seberapa efisien pemetaan algoritma A* pada studi kasus pakaian. Tingkat persentase efisiensi keterpakain kain dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah.

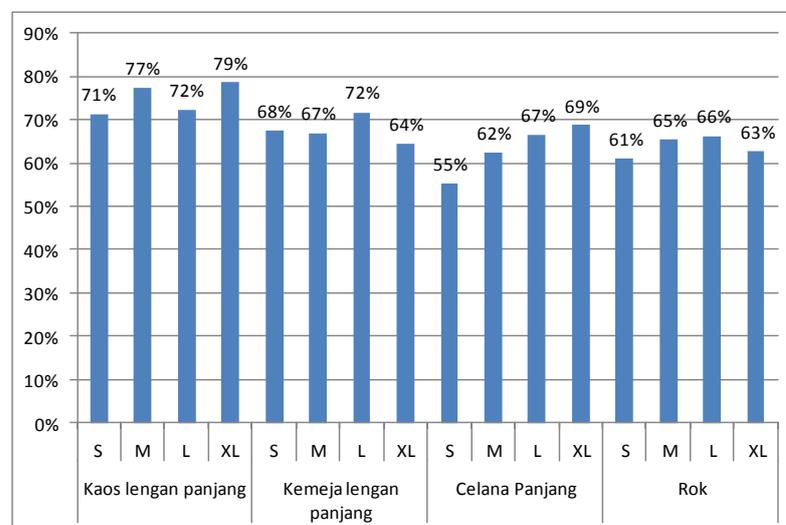
$$\frac{\text{Luas Kain Terpakai}}{\text{Luas Total Kain}} \times 100\% \quad (8)$$

Berdasarkan pengujian pada Tabel 6 dapat dianalisis bahwa rata-rata persentase efisiensi pemetaan pola menggunakan algoritma A* sebesar 68%, dengan visualisasi tingkat persentase efisiensi dapat dilihat pada Gambar 14.

Tabel 6. Pengujian Efisiensi Keterpakain Kain Menggunakan Algoritma A*

Pengujian	Size	Ukuran Kain		Luas (m ²)	Qty	Kain terpakai (m)	Sisa Kain (m)	Efisiensi(%)
		Pjg (m)	Lbr (m)					
kaos lengan pendek	S	1	1.15	1.15	1	0.74	0.41	64%
	M	1	1.15	1.15	1	0.82	0.33	71%
	L	1.15	1.15	1.3225	1	0.8725	0.45	66%
	XL	1.15	1.15	1.3225	1	0.9925	0.33	75%
Kaos lengan panjang	S	1.15	1.5	1.725	1	1.065	0.66	62%
	M	1.15	1.5	1.725	1	1.155	0.57	67%
	L	1.15	1.5	1.725	1	1.245	0.48	72%
	XL	1.15	1.5	1.725	1	1.355	0.37	79%
Kaos lengan panjang	S	1	1.5	1.5	1	1.07	0.43	71%
	M	1	1.5	1.5	1	1.16	0.34	77%
	L	1.15	1.5	1.725	1	1.245	0.48	72%
	XL	1.15	1.5	1.725	1	1.355	0.37	79%
Kemeja lengan pendek	S	1.15	1.15	1.3225	1	0.8525	0.47	64%
	M	1.25	1.15	1.4375	1	0.9175	0.52	64%
	L	1.25	1.15	1.4375	1	0.9775	0.46	68%

Pengujian	Size	Ukuran Kain		Luas (m ²)	Qty	Kain terpakai (m)	Sisa Kain (m)	Efisiensi(%)
		Pjg (m)	Lbr (m)					
Kemeja lengan panjang	XL	1.5	1.15	1.725	1	1.035	0.69	60%
	S	1.15	1.5	1.725	1	1.165	0.56	68%
	M	1.25	1.5	1.875	1	1.255	0.62	67%
	L	1.25	1.5	1.875	1	1.345	0.53	72%
	XL	1.5	1.5	2.25	1	1.45	0.8	64%
Celana Panjang	S	1.15	1.15	1.3225	1	0.7325	0.59	55%
	M	1.25	1.15	1.4375	1	0.8975	0.54	62%
	L	1.25	1.15	1.4375	1	0.9575	0.48	67%
	XL	1.25	1.15	1.4375	1	0.9875	0.45	69%
Rok	S	1.35	1.5	2.025	1	1.235	0.79	61%
	M	1.35	1.5	2.025	1	1.325	0.7	65%
	L	1.5	1.5	2.25	1	1.49	0.76	66%
	XL	1.75	1.5	2.625	1	1.645	0.98	63%



Gambar 14. Persentase Efisiensi Pemetaan Pola Menggunakan Algoritma A*

Dari Gambar 14 dapat ditunjukkan bahwa pemetaan pola pakaian yang paling tinggi efisiensi keterpakaian bahannya adalah untuk pola pakaian kaos lengan panjang. Pada pakaian model tersebut pola kebanyakan berbentuk beraturan tidak terlalu banyak perpotongan, sedangkan pada pola celana panjang sebagai salah satu pola dengan tingkat persentase efisiensi keterpakaian bahannya yang kecil disebabkan pola celana panjang yang banyak perpotongan berbentuk tidak beraturan.

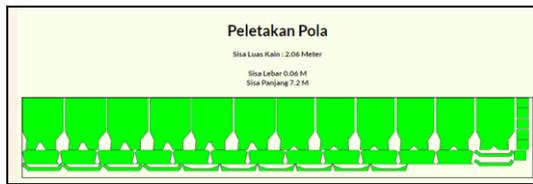
C. Pengujian Perbandingan Pemetaan Pola dengan Mengurukan Pola Secara Ascending dan Descending

Pengujian kali ini dilakukan untuk membandingkan peletakan secara *descending* dan

ascending. Menurut A* peletakan dilakukan dari potongan ukuran terkecil ke terbesar (*ascending*), namun dengan pengujian ini dapat diketahui proses mana yang lebih efektif. Sebagai studi kasus, ukuran kain yang dimasukkan 7.2 m x 1.15 m, dengan jenis baju kemeja lenga pendek ukuran XL sebanyak 6 buah. Hasil pemetaan dari *ascending* dan *descending* diperlihatkan pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15. Output Pemetaan Ascending

Gambar 16 Output Pemetaan *Descending*

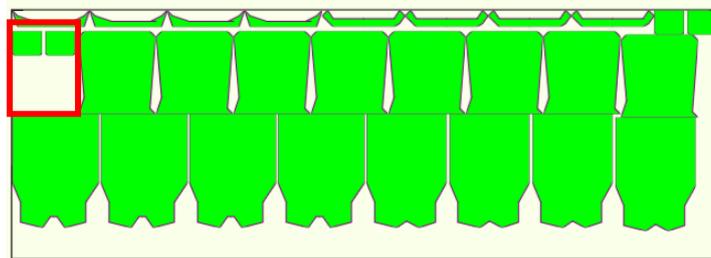
Dari hasil pengujian di atas didapatkan kesimpulan bahwa sisa luas tidak terpengaruhi oleh urutan pemetaan karena nilai yang di dapatkan sama, didapatkan sisa panjang yang sama pula. Hal yang membedakan adalah sisa lebar, dilihat dari sisa lebar pemetaan secara ascending lebih optimal karena lebih kecil nilainya. Namun dari hasil pemetaan pada Gambar 15 dan Gambar 16 terlihat posisi pemetaan lebih rapi dan optimal secara *descending*. Jadi antara proses pemetaan keduanya tingkat keoptimalannya seimbang. Nilai sisa dapat dilihat pada Tabel 7.

Sehingga berdasarkan pengujian tersebut, pada penelitian ini pola disusun dalam bentuk vertikal dan belum dilengkapi dengan fungsi merotasi atau

memutar pola sehingga akan terdapat celah pada setiap posisi pola berikutnya, seperti pada Gambar 17. Dikarenakan berdasarkan algoritma A* pemetaan pola dilakukan dari pola dengan *cost* atau luas terendah ke luas paling terbesar dengan pengurutan diutamakan secara horizontal sampai mendekati batas tepi kain dan dilanjutkan pemetaan vertikal berdasarkan dari koordinat y terbesar dari baris pola terakhir seperti pada area yang diberi kotak pada Gambar 17. Hal ini menyebabkan terdapat ruang kosong antara pola kecil dengan pola yang besar. Tentunya hal tersebut menjadi salah satu kekurangan sehingga efisiensi keterpakaian pakaian tidak optimal.

Tabel 7. Perbandingan Pemetaan *Ascending* dan *Descending*

	Ukuran Kain	qty	Sisa Luas (m ²)	Persentase Efisiensi (%)
Ascending	7.2m x 1.15m	6	2.06	75.12
Descending	7.2m x 1.15m	6	2.06	75.12



Gambar 17. Pemetaan pola Kuantitas 4 kemeja lengan pendek

Tabel 8 Pengujian Efisiensi dengan Kuantitas Pakaian

Pengujian	Ukuran Kain		luas (m ²)	Qty	Selisih Luas Berdasarkan Qty (m)	Kain terpakai (m)	Sisa Kain (m)	Efisiensi (%)
	Pjg (m)	Lbr (m)						
kaos lengan pendek	1	1.15	1.15	1	1.15	0.74	0.41	64%
	2	1.15	2.3	2	1.15	1.49	0.81	65%
	3	1.15	3.45	3	1.15	2.23	1.22	65%
	4	1.15	4.6	4	1.15	2.97	1.63	65%
	5	1.15	5.75	5	6.61	3.71	2.04	65%
	10.75	1.15	12.363	10	4.89	7.4225	4.94	60%
	15	1.15	17.25	15	5.92	11.14	6.11	65%
	20.15	1.15	23.173	20		14.8525	8.32	64%
Kemeja lengan panjang	1.15	1.5	1.725	1	1.65	1.165	0.56	68%
	2.25	1.5	3.375	2	1.5	2.325	1.05	69%
	3.25	1.5	4.875	3	1.5	3.485	1.39	71%
	4.25	1.5	6.375	4	1.5	4.645	1.73	73%
	5.25	1.5	7.875	5	7.5	5.805	2.07	74%
	10.25	1.5	15.375	10	8.25	11.245	4.13	73%
	15.75	1.5	23.625	15	7.88	17.425	6.2	74%
	21	1.5	31.5	20		23.23	8.27	74%

D. Pengujian Pemetaan Pola Dalam Kuantitas Besar

Pengujian juga dilakukan untuk kuantitas pakaian dalam jumlah besar. Pengujian pada Tabel 8 dilakukan dengan kuantitas 1-5,10,15,20 buah pakaian. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan kebutuhan kain dapat diprediksikan dari kelipatan luas. Jika dilihat dari Tabel. 8 kolom luas berdasarkan kuantitas penambahan luas kain akan berkelipatan sesuai dengan luas kain sebelumnya. Sehingga diperoleh keefisienan keterpakaian bahan kain dengan kuantitas pakaian yang dengan range 1-20 mencapai 68%.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai aplikasi optimasi peletakan pola pakaian menggunakan A* yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa rata-rata tingkat efisiensi pengujian keterpakaian bahan untuk pola pakaian kaos berlengan panjang dan pendek, kemeja berlengan panjang dan pendek, celana panjang dan rok panjang sebesar 68%. Pada penelitian ini penggunaan Metode A* pada bentuk polygon tidak beraturan tidak terlalu optimal karena menyisakan ruang diantara pola cukup banyak. Peletakan dilakukan dari potongan pola terkecil sehingga ruang diantara pola tidak dapat terpakai, berbeda jika dilakukan secara *random*, ketika terdapat ruang kecil diantara pola dapat terisi oleh pola yang lebih kecil. Selain itu, posisi pemetaan pola yang termasuk dalam bentuk tidak beraturan (*irregular*) tidak dapat di rotasi. Namun tujuan dari dibuatnya aplikasi ini sudah tercapai karena mengimplementasi aplikasi sesuai dengan A*.

B. Saran

Pada penelitian ini tidak dapat melakukan rotasi pola dan melacak ruang kosong diantara pola-pola yang telah tersusun sehingga dibutuhkan tambahan fungsi untuk dapat merotasi pola sesuai dengan kebutuhan dan melakukan pelacakan koordinat ruang kosong yang tidak terpakai untuk menyimpan pola.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kuswardayan, Arieshanti and A. Irooyan, "Penerapan Algoritma Alpha Beta Prunning Sebagai Kecerdasan Buatan pada Game Pawn Battle," *Infotel*, vol. 9 No.2, 2017.
- [2] A. Ambarwari and N. W. Yanti, "Penerapan Algoritma Greedy Pada Permasalahan Knapsack Untuk Optimasi Pengangkutan Peti Kemas," 2016. [Online]. Available: Researchgate.net. [Accessed 30 9 2017].
- [3] D. Putra, M. Aswin and W. Djurianto, "Pencarian Rute Terdekat pada Labirin Menggunakan Metode A*," *Jurnal EECCIS*, Vols. Vol 6, No.2, 2012.
- [4] Yuliana, Ananda and I. Surya, "Implementasi Algoritma A Star pada Pemecahan Puzzle 8," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 1, 2012.
- [5] F. Harianja, "Penerapan Algoritma A* pada Permasalahan Optimalisasi Pencaian Solusi Dynamic Water Jug," *Pelita Informatika Budi Darma*, Vols. 4, No.3, 2013.
- [6] S. Herawati, "Peramalan Kunjungan Wisatawan Mancanegara Menggunakan Generalized Regression Meural Networks," *Jurnal Infotel*, Vols. 8, No.1, 2016.
- [7] S. Welianto, G. Santosa and A. Rachmat, "Implementasi Algoritma Generate ans Test pada Pencarian Rute Terpendek," *Jurnal Informatika Universitas Kristen Duta Wacana*, Vols. Vol 7, No.2, 2011.
- [8] D. Delling, P. Sanders, D. Schultes and D. Wagner, "Algorithmics of Large and Complex Network:Design, Analysis and Simulation," *Springer*, pp. 117-139, 2009.
- [9] W. P. Sari, W. Gazali and H. Soeparno, "Perancangan Program Aplikasi optimasi Peletakan Posisi Label Kertas atau Plastik Menggunakan Metode A* Heuristic," ePrint Library Binus, Jakarta, 2013.
- [10] D. Rochman and S. Christian, "Optimasi Pemotongan Bahan Kaos Polo di PT.MGJ Menggunakan Integer Programming," in *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Yogyakarta*, Yogyakarta, 2011.
- [11] M. Warih, "Analisis Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dan Local Search untuk Optimasi Pemotongan bahan Baku," in *Seminar Nasional Aplikasi Telnologi Informasi*, Yogyakarta, 2009.
- [12] Wijarnako, Fitriani and Wahyu, "Pencarian Solusi Optimal Cutting Stock Problem dengan Menggunakan Firefly Algorithm," OpenLibrary Telkom University, Bandung, 2014.
- [13] D. J. Parlinggoman, "Optimasi Pemakaian Bahan Baku Dengan Algoritma Program Dinamis Sekuensial," <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2011-2012/Makalah2011/>, Bandung, 2011.
- [14] L. W. Santoso, "Penerapan Metode Sequensial Dynamic Programming untuk Optimasi Pemakaian Bahan baku pada Industri Manufaktur," [fportfolio.petra](http://portfolio.petra.ac.id), Surabaya, 2014.
- [15] Y. I. Nurhasanah, M. Ichwan and I. A. Dewi, "Perancangan dan Realisasi Sistem Pakar untuk Menentukan Ukuran Pola dan Desain Busana," *Jurnal Informatika Itenas*, Vols. Vol 1, No. 3, pp. 38-57, 2012.

- [16] Accelware, "Pixel (X) to Meter Conversion," 2009. [Online]. Available: Unitconversion.org. [Accessed 12 Mei 2017].
- [17] W. Zeng and L. R. Crurch, "Finding Shortest Path on Real Road Network the Case for A*," *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 531-543, 2009.
- [18] V. Mutiana, F. Amastini and N. Mutiara, "Optimasi Pencarian Jalur dengan Metode A-Star," *Jurnal ULTIMACS* , Vols. Vol 5, No.2, 2013.