

APLIKASI MODEL PERENCANAAN PEMOTONGAN (*CUT ORDER PLANNING*) PADA INDUSTRI GARMENT

Oleh:

Gianti Puspawardhani; Moro Sujatmiko; Cucu Wahyudin; Ade Sri M; T.M.A. Ari Samadhi
Jurusan Teknik Industri-Fakultas Teknik UNJANI
E-mail : moro@koran.com

ABSTRAK

Perencanaan pemotongan kain merupakan kegiatan penting pada suatu industri pakaian/garment, sebelum proses pemotongan dan proses manufaktur dilakukan. Masalah dalam perencanaan pemotongan kain pada industri garment adalah penempatan pola/pattern bagian-bagian pakaian pada selembar kain (bahan) yang dapat memaksimalkan luas areal kain yang terpakai dengan biaya pemotongan yang minimal. Perencanaan pemotongan bahan (*cut order planning*) merupakan masalah yang kompleks karena ukuran, style, dan *due date* pakaian yang dipesan konsumen sangat bervariasi.

Faktor maksimisasi luas areal kain yang terpakai dan minimisasi biaya pemotongan merupakan dua kriteria yang harus diperhatikan dalam perencanaan pemotongan kain pada suatu industri garment, oleh karenanya penelitian yang melibatkan kedua faktor ini sangat diperlukan. Penelitian ini menggabungkan metode penempatan trim Grienda dan Daniels (1999) dengan metode minimisasi biaya pemotongan kain melalui kombinasi ukuran pola/pattern pada suatu seksi (Jacobs et.al, 1998). Pengujian terhadap model yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan data real dari suatu industri garment di Bandung.

Kata kunci: *Cut Order Planning, Garment*

Pendahuluan

Mode dan tren pakaian sangat cepat berubah, sehingga suatu industri garment harus responsif terhadap perubahan tersebut jika ingin bertahan dan menang dalam persaingan usahanya. Untuk mengantisipasi perubahan, industri garment (terutama skala kecil-menengah), cenderung memproduksi dengan strategi *make to order* dengan ukuran lot produksi yang kecil.

Kriteria penting pada suatu sistem manufaktur *make to order* (Schroeder, 2000), diantaranya adalah kemampuan untuk mengakomodasi permintaan konsumen yang bervariasi dan pemenuhan *due date* seperti yang diinginkan konsumen. Akomodasi terhadap permintaan konsumen yang beragam dan pemenuhan *due date* dapat dilakukan jika sistem manufaktur mampu secara efisien merubah prioritas produksinya. Kemampuan untuk merubah prioritas produksi secara efisien diantaranya ditentukan oleh fleksibilitas proses perencanaan dalam mengakomoda-

dasi perubahan. Salah satu proses perencanaan penting dalam industri garment

(Jacobs et.al, 1998) adalah perencanaan pemotongan bahan/kain (*cut order planning*).

Perencanaan pemotongan kain merupakan kegiatan penting pada suatu industri garment sebelum proses pemotongan dan manufaktur dilakukan. Masalah dalam perencanaan pemotongan kain adalah penempatan pola/pattern pakaian pada selembar kain, sehingga dapat memaksimalkan luas areal kain yang terpakai. Perencanaan pemotongan kain merupakan masalah yang kompleks karena ukuran, style, ketersediaan alat dan bahan, serta *due date* pakaian yang dipesan konsumen sangat bervariasi.

Proses pemotongan kain dilakukan dengan cara menumpukkan sejumlah lembar kain pada meja pemotongan, dengan kain yang sudah diberi gambar pola ditempatkan pada lapisan teratas (kain master). Pemotongan dilakukan dengan mengikuti garis-garis pada kain master. Jika penempatan pola pada kain master efisien, maka *scraf* (majun) yang dihasilkan pada proses pemotongan akan minimal, begitu pula sebaliknya. Oleh karenanya, perencanaan

pemotongan kain merupakan proses yang sangat penting pada industri *garment*.

Berbagai penelitian tentang perencanaan pemotongan kain telah dilakukan, diantaranya oleh Grinde dan Daniels (1999) serta Jacobs et al (1998). Grinde dan Daniels (1999) melakukan penelitian tentang penempatan pola pada kain master. Dalam penelitiannya pola suatu jenis pakaian dibagi dalam 2 kelompok, yaitu bagian yang “besar” yang disebut *panel* (misalnya bagian kaki pada celana panjang), dan yang “kecil” yang disebut *trim* (misalnya kantong celana/*pockets*, *beltloops*, *waistbands*). Penelitian Grinde dan Daniels (1999) berfokus pada metode penempatan *trim* pada kain master, sedangkan bagian *panel* diasumsikan telah tergambar pada kain tersebut.

Jacobs et al (1998) melakukan penelitian tentang penentuan jumlah tumpukan oPT.imum pada proses pemotongan kain, sehingga diperoleh biaya pemotongan yang minimum. Penelitiannya mengasumsikan bahwa pola pakaian telah tergambar pada kain master.

Output dari proses perencanaan pemotongan kain adalah selebar kain dengan pola pakaian yang sudah digambar di atasnya. Kain yang sudah digambar tersebut akan menjadi input bagi proses pemotongan kain dan proses manufaktur, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada jumlah *scraf* (majun) yang dihasilkan dan persediaan produk jadi. Dengan demikian metode penempatan *panel* dan *trim* pada kain master, yang pada Grinde dan Daniels (1999) diasumsikan telah tersedia, menjadi sangat penting.

Karena akan berpengaruh pada jumlah *scraf* dan persediaan produk jadi, maka perencanaan pemotongan kain selain mempertimbangkan efisiensi penempatan pola juga harus mempertimbangkan *due date* dari setiap ukuran pakaian. Penelitian ini mencoba mengembangkan model penempatan pola (*panel dan trim*) pada kain master dengan mempertimbangkan efisiensi penempatan pola dan *due date* dari setiap ukuran. Posisi penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Posisi penelitian terhadap penelitian lain

Peneliti	Penempatan Panel	Penempatan Trim	Penentuan <i>Ply Height</i>
Grinde&Daniels (1999)	Given	Given	Metode heuristik *Minimasi biaya pemotongan
Jacobs et al (1998)	Given	Metode analitis * Maksimasi penempatan trim	-
Gianti et al (2001)	Metode heuristik *Maksimasi penempatan pola pada kain master (minimasi majun)		-

Perumusan Masalah

Kegiatan perencanaan pemotongan kain diawali dengan diterimanya sejumlah pesanan untuk dimanufaktur. Setiap pesanan yang diterima memiliki spesifikasi ukuran, *style*, bahan, jumlah dan *due date* tertentu. Setelah bahan dan pola untuk setiap ukuran tersedia, dilakukan pemilihan kombinasi ukuran yang akan mengalami proses pemotongan bersama-sama. Bahan yang akan dipotong dihamparkan (dan ditumpuk) pada meja potong. Pola dari

kombinasi ukuran terpilih digambarkan pada kain master, dan diletakkan pada lapisan yang paling atas.

Masalah pertama yang dihadapi pada perencanaan pemotongan kain adalah pada penentuan kombinasi ukuran yang akan mengalami proses pemotongan bersama-sama, sehingga kombinasi terpilih dapat meminimumkan *scraf* dan memperhatikan prioritas pemotongan (berhubungan dengan *due date*). Pemilihan kombinasi merupakan masalah yang kompleks. Kombinasi terpilih dapat hanya

terdiri dari sejumlah pola dengan ukuran yang sama atau campuran dari ukuran yang berbeda.

Sebagai ilustrasi, pada sebuah industri kecil *garment* yang memiliki meja potong dengan panjang 7 meter serta lebar 2 meter dapat memuat maksimum 6 pola celana panjang dari 3 ukuran (No. 28 (S), 29(M), 30(L)). Berdasarkan data ini, maka jumlah kombinasi ukuran yang mungkin adalah 58 buah kombinasi. Jika masing-masing ukuran pakaian terdiri dari 4 *panel* dan 13 *trim*, maka pada setiap kombinasi akan terdapat 24 *panel* dan 52 *trim* yang harus ditempatkan pada kain master. Dengan demikian akan terdapat 76 ! (lebih dari 8×10^{81}) cara penempatan *panel* dan *trim* pada kain master. Kombinasi dan cara penempatan pola akan semakin besar seiring dengan penambahan tipe ukuran pakaian, serta jumlah maksimum pola yang dapat diakomodasi oleh meja pemotongan pada setiap kali proses pemotongan dilakukan.

Pada industri *garment* skala kecil-menengah, penempatan *panel* dan *trim* dilakukan oleh pekerja yang berpengalaman. Penempatan pola pakaian didasarkan pada pengalaman (*trial and error*), tanpa metode yang dibakukan, dan didasarkan pada kriteria visual. Oleh karenanya hanya karyawan tertentu yang dapat melakukan pekerjaan penempatan pola, sehingga ketergantungan perusahaan pada karyawan tersebut sangat besar. Dengan kondisi seperti ini, maka metode standar penempatan pola pada kain master sangat diperlukan agar efisiensi penggunaan kain dan pemenuhan *due date* menjadi lebih terukur.

Penelitian ini mencoba mengembangkan metode penempatan *panel* dan *trim* pada kain master. Karena masalah perencanaan pemotongan kain sangat kompleks, maka pada penelitian ini digunakan batasan-batasan sebagai berikut;

1. Model yang dikembangkan ditujukan untuk industri *garment* skala kecil-menengah, yang memiliki meja pemotongan kain dengan panjang maksimum 10 meter dan lebar maksimum 2 meter.
2. Penelitian dibatasi pada penentuan penempatan panel dan trim pada kain master, sedangkan penentuan jumlah tumpukan lembar kain merupakan topik penelitian yang berbeda.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Jumlah, ukuran/*style*, dan *due date* pesanan diketahui, serta tidak mengalami perubahan selama horison perencanaan.
2. *Style* pakaian untuk semua ukuran pada satu meja pemotongan sama.
3. Penempatan *panel* dan *trim* secara vertikal/horizontal tidak mempengaruhi kualitas produk jadi.

Formulasi Model

a. Parameter dan variabel

Misalkan suatu perusahaan *garment* menerima pesanan yang terdiri dari 3 ukuran v (S,M,L), dengan jumlah pesanan ke i untuk ukuran v adalah n_{iv} ($i = 1,2,3,\dots,m$, $v=1,2,\dots,w$). Untuk setiap pesanan ke i ukuran v memiliki *due date* d_{iv} . Setiap ukuran pakaian v disusun oleh sebanyak b bagian pola, yang terdiri dari *panel* dan *trim*. Pada perusahaan tersebut terdapat 1 buah meja dengan panjang P dan lebar L . Setiap kain yang akan dipotong memiliki lebar standar, 1.2 meter.

Variabel keputusan pada model yang dikembangkan adalah penentuan kombinasi ukuran terpilih X_c ($c=1,2,3,\dots,k$) dan cara penempatan *panel* dan *trim* Y_t ($t=1,2,3,\dots,u$) yang dapat memaksimalkan luas *panel* dan *trim* yang dapat diletakkan di atas kain master, dengan memperhatikan prioritas berdasarkan *due date*. Parameter-parameter yang digunakan pada model ini selengkapnya adalah sebagai berikut;

- n_{iv} : Jumlah pesanan ke i untuk ukuran v
 d_{iv} : *due date* pesanan ke i untuk ukuran v
 A_b : Luas areal pola bagian ke b
 A_T : Luas maksimum kain yang dihamparkan di meja potong
 d_{ivc} : *due date* pesanan ke i untuk ukuran v pada kombinasi ke c

b. Model Matematika

$$\text{Max} \\ z = \sum_{t=1}^u \sum_{c=1}^k \sum_{b=1}^r A_b \cdot X_c \cdot Y_t$$

X_c = 1; Jika pola bagian b pada kombinasi ke c diletakkan pada kain master.
= 0; lainnya

Y_t = 1; Jika pola bagian b pada cara penempatan *panel* dan *trim* ke t diletakkan pada kain master.
= 0; lainnya.

S/t

$$\sum_{b=1}^r A_b \leq A_T \quad (1)$$

$$A_b \geq 0 \quad (2)$$

$$d_{iv} \sum d_{ivc} \quad (3)$$

Fungsi tujuan pada model ini adalah maksimasi luas *panel* dan *trim* yang dapat diletakkan pada kain master. Kendala 1 menunjukkan bahwa luas maksimum dari *panel* dan *trim* yang diletakkan di atas kain master adalah sama dengan luas maksimum kain yang terhampar di atas meja potong. Kendala 2 menunjukkan bahwa luas *panel* dan *trim* selalu lebih besar dari 0, dan kendala 3 menunjukkan bahwa *due date* dari pesanan ke i pada ukuran v terdapat pada *due date* dari salah satu pesanan pada kombinasi ukuran ke c terpilih.

Solusi optimum dari model penentuan kombinasi ukuran serta penempatan *panel* dan *trim* pada kain master dapat ditentukan secara analitis, namun ukuran yang semakin beragam dan jumlah serta tipe *panel* dan *trim* yang semakin banyak akan memperbesar kombinasi dan cara penempatan *panel* dan *trim* pada kain master (fungsi NP Hard). Oleh karenanya, penentuan solusi optimum dengan cara analitis akan membutuhkan waktu komputasi yang sangat besar.

Penentuan solusi pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan heuristik, karena selain model yang dikembangkan merupakan fungsi NP hard, penentuan penempatan *panel* dan *trim* pada kasus real di industri *garment* juga lebih memprioritaskan pada kecepatan waktu.

Pengembangan Algoritma

Algoritma yang dikembangkan dikelompokkan ke dalam dua algoritma, yaitu algoritma penentuan kombinasi terpilih dan penempatan *panel* (Algoritma 1) dan algoritma penempatan *trim* (Algoritma 2). Algoritma penentuan kombinasi terpilih didasarkan pada luas total *panel* dan *trim* dari kombinasi yang mungkin, yaitu yang paling mendekati luas maksimum dari kain yang dihamparkan di meja potong.

Algoritma penempatan *panel* dan *trim* didasarkan pada Grinde dan Daniels (1999) bahwa secara logis penempatan *panel* akan dilakukan lebih dahulu, yang kemudian diikuti oleh penempatan *trim* pada areal kosong diantara *panel*. Algoritma 3, penempatan *trim*, didasarkan pada pemasangan luas areal kosong yang tersedia dengan luas *trim* yang akan ditempatkan, serta kesesuaian bentuk dasar (lingkaran, segiempat, segitiga) dari areal kosong dan *trim*. Algoritma yang dikembangkan adalah sebagai berikut;

Algoritma 1 (Pemilihan kombinasi ukuran dan penempatan panel)

1. Pembangkitan kombinasi ukuran
 - a. Hitung luas *panel* dan *trim* dari pola pakaian untuk setiap ukuran.
 - b. Berdasarkan pesanan yang ada, bangkitkan kombinasi ukuran yang mungkin, dengan aturan luas total *panel* dan *trim* dari kombinasi tersebut mendekati luas hamparan kain di atas meja.
2. Penentuan luas panel dari kombinasi ukuran yang mungkin
 - a. Kelompokkan pola dalam kelompok *panel* dan *trim*.
 - b. Hitung luas total *panel* untuk setiap kombinasi terpilih.
 - c. Urutkan kombinasi terpilih berdasarkan luas panel terbesar.

3. Penentuan kombinasi terpilih
 - a. Dari kombinasi terpilih, tentukan kombinasi dengan luas *panel* terbesar.
 - b. Dari kombinasi dengan luas panel terbesar, periksa apakah pada kombinasi tersebut melibatkan pesanan dengan *due date* terdekat.

Jika tidak terdapat pesanan dengan *due date* terdekat, periksa apakah masih ada kombinasi dengan luas *panel* yang lebih kecil. Jika masih terdapat kombinasi tersebut, pilih kombinasi dengan luas *panel* yang lebih kecil. Kembali ke langkah 3b.

Jika sudah tidak terdapat kombinasi, lanjutkan ke langkah 16.

Jika terdapat pesanan dengan *due date* terdekat, jadikan kombinasi tersebut sebagai kombinasi ukuran terpilih. Lanjutkan ke langkah 4.

4. Petakan *panel* dari kombinasi terpilih pada kain master. Lanjutkan ke algoritma penempatan *trim*.

Algoritma 2. (Penempatan Trim)

1. Identifikasi bentuk dasar areal kosong dan *trim*
 - a. Identifikasikan bentuk-bentuk dasar (h = lingkaran, q = segitiga, z = persegi panjang)
 - b. Identifikasi areal kosong pada kain master. Identifikasikan areal tersebut kedalam bentuk dasar terdekat. Beri nomor h_g = lingkaran ke g , q_g = segitiga ke g , z_g = persegi panjang ke g ; ($g = 1, 2, \dots, \infty$). Hitung luas (A) dari bentuk dasar tersebut.
 - c. Identifikasikan *trim* setiap ukuran pakaian ke bentuk dasar terdekat. Beri nomor ($h_{g'}$ = lingkaran trim ke g , $q_{g'}$ = segitiga trim ke g , $z_{g'}$ = persegi panjang trim ke g ; ($g = 1, 2, \dots, \infty$). Hitung luas dari setiap bentuk dasar *trim*.
2. Untuk semua g , tentukan;

$h_{g'} = h_g$, Jika $A h_{g'} \leq A h_g$; (A = luas areal)

Apakah ada $h_{g'} \neq h_g$?

Jika tidak ada, lanjutkan ke langkah 3,

Jika ada $h_{g'} \neq h_g$, Inventarisir $h_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 3

3. Untuk semua g , tentukan;

$q_{g'} = q_g$; Jika $A q_{g'} \leq A q_g$; (A = luas areal)

Apakah ada $q_{g'} \neq q_g$?

Jika tidak ada $q_{g'} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 4,

Jika ada $q_{g'} \neq q_g$, Inventarisir $q_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 4

4. Untuk semua g , tentukan;

$z_{g'} = z_g$; Jika $A z_{g'} \leq A z_g$; (A = luas areal)

dan $P z_{g'} \leq P z_g$. (P = panjang persegi panjang)

dan $L z_{g'} \leq L z_g$; (L = lebar persegi panjang)

Apakah ada $z_{g'} \neq z_g$?

Jika tidak ada $z_{g'} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 5,

Jika ada $z_{g'} \neq z_g$, Inventarisir $z_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 5

5. Apakah ada $h_{g'}$, $q_{g'}$, dan $z_{g'}$ yang belum punya pasangan ?

Jika tidak ada $h_{g'}$, $q_{g'}$, dan $z_{g'}$ yang tidak punya pasangan, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $h_{g'}$, $q_{g'}$ dan $z_{g'}$ yang tidak punya pasangan, lanjutkan ke langkah 6.

6. Untuk semua g , bangkitkan inventarisasi $h_{g'}$, $q_{g'}$ dan $z_{g'}$ yang belum punya pasangan. Identifikasi sebagai $h'_{g'}$, $q'_{g'}$ dan $z'_{g'}$.

7. Untuk semua g , tentukan;

$h_{g'} = q_g$; Jika $A h_{g'} \leq A q_g$; (A = luas areal)

dan visual $h_{g'}$ dapat ditempatkan pada q_g .

Apakah ada $h_{g'} \neq q_g$?

Jika tidak ada $h_{g'} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 9

Jika ada $h_{g'} \neq q_g$, Lanjutkan ke langkah 8.

8. Untuk semua g , tentukan;

$h_{gt} = z_g$; Jika $A h_{gt} \leq A z_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual h_{gt} dapat ditempatkan pada z_g .

Apakah ada $h_{gt} \neq z_g$?

Jika tidak ada $h_{gt} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 9

Jika ada $h_{gt} \neq z_g$, Lanjutkan ke langkah 16

9. Untuk semua g , tentukan;

$q_{gt} = h_g$; Jika $A q_{gt} \leq A h_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual q_{gt} dapat ditempatkan pada h_g .

Apakah ada $q_{gt} \neq h_g$?

Jika tidak ada $q_{gt} \neq h_g$, lanjutkan ke langkah 11.

Jika ada $q_{gt} \neq h_g$, Lanjutkan ke langkah 10.

10. Untuk semua g , tentukan;

$q_{gt} = z_g$; Jika $A q_{gt} \leq A z_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual q_{gt} dapat ditempatkan pada z_g .

Apakah ada $q_{gt} \neq z_g$?

Jika tidak ada $q_{gt} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 11

Jika ada $q_{gt} \neq z_g$, Lanjutkan ke langkah 16

11. Untuk semua g

$z_{gt} = h_g$; Jika $A z_{gt} \leq A h_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual z_{gt} dapat ditempatkan pada h_g .

Apakah ada $z_{gt} \neq h_g$?

Jika tidak ada $z_{gt} \neq h_g$, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $z_{gt} \neq h_g$, Lanjutkan ke langkah 12.

12. Untuk semua g

$z_{gt} = q_g$; Jika $A z_{gt} \leq A q_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual z_{gt} dapat ditempatkan pada q_g .

Apakah ada $z_{gt} \neq q_g$?

Jika tidak ada $z_{gt} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $z_{gt} \neq q_g$, Lanjutkan ke langkah 16

13. Apakah masih ada trim yang belum

punya pasangan ?

Jika tidak ada, lanjutkan ke langkah 14

Jika masih ada, lanjutkan ke langkah 16

14. Hitung

Panjang kain yang akan dipotong; jarak antara ujung kain dengan ujung pola.

Luas kain yang akan dipotong (lebar x panjang kain), lanjutkan ke langkah

15. Hitung luas scraf (luas kain – (luas total panel+luas total trim), lanjutkan ke langkah 17.

16. Dari kombinasi terpilih, hilangkan 1 ukuran dengan ketentuan;

a. Ukuran S, jika ukuran S tidak ada pada due date terdekat.

b. Ukuran M, jika ukuran M tidak ada pada due date terdekat

c. Ukuran L, jika ukuran L tidak ada pada due date terdekat

Kembali ke Algoritma 1.

16. Program selesai

Aplikasi dan Analisis Model

Untuk mengetahui cara kerja dan performansi algoritma yang dikembangkan, digunakan contoh data dari perusahaan *garment* yang memproduksi celana panjang jeans (contoh aplikasi 1 dan 2). Analisis model dilakukan dengan membandingkan performansi hasil algoritma yang dikembangkan dengan cara penempatan pola di perusahaan yang dikunjungi, dan rencana pengembangan penelitian lebih lanjut. Performansi yang dibandingkan adalah jumlah scraf (majun) yang dihasilkan.

Contoh aplikasi 1.

Misalkan suatu industri *garment* menerima pesanan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Penempatan panel dan trim pada contoh aplikasi ini diilustrasikan pada lampiran (Gambar 1).

Tabel 1. Pesanan pada contoh aplikasi 1

No	Ukuran	Σ Demand (Pieces)	Due date (hari ke)
1	27 (S)	57	9
2	28 (M)	60	10
3	29 (L)	18	6

Setiap ukuran celana tersusun dari 4 panel dan 11 trim. Kombinasi yang mungkin ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan aturan algoritma yang dikembangkan, terpilih kombinasi ke 24, yang memiliki luas panel terbesar dan mengandung pesanan dengan *due date* terdekat.

Contoh aplikasi 2.

Industri *garment* menerima pesanan seperti pada Tabel 2. Spesifikasi lain dari contoh aplikasi 2 sama dengan contoh aplikasi 1. Kombinasi ukuran ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan aturan algoritma yang dikembangkan, terpilih kombinasi ke 19.

Tabel 2. Contoh aplikasi 2

Ukuran	Σ Demand	Due Date
27	40	8
28	28	10
29	60	15

Tabel 3. Kombinasi ukuran

No	Ukuran			Luas total (cm ²)	luas panel (cm ²)
	S	M	L		
1	1	1	4	75,673.34	68,377.26
2	1	2	3	74,890.78	67,602.62
3	1	3	2	74,108.22	66,827.98
4	1	4	1	73,325.66	66,053.34
5	2	1	3	74,514.68	67,234.60
6	2	2	2	73,732.12	66,459.96
7	2	3	1	72,949.56	65,685.32
8	3	1	2	73,356.02	66,091.94
9	3	2	1	72,573.46	65,317.30
10	4	1	1	72,197.36	64,949.28
11	5	1	0	71,038.70	63,806.62
12	5	0	1	71,821.26	64,581.26
13	6	0	0	70,662.60	63,438.60
14	0	1	5	76,832.00	69,519.92
15	0	2	4	76,049.44	68,745.28
16	0	3	3	75,266.88	67,970.64
17	0	4	2	74,484.32	67,196.00
18	0	5	1	73,701.76	66,421.36
19	1	0	5	76,455.90	69,151.90
20	2	0	4	75,297.24	68,009.24
21	3	0	3	74,138.58	66,866.58
22	4	0	2	72,979.92	65,723.92
23	0	6	0	72,919.20	65,646.72
24	0	0	6	77,614.56	70,294.56
25	4	2	0	71,414.80	64,174.64
26	3	3	0	71,790.90	64,542.66
27	2	4	0	72,167.00	64,910.68
28	1	5	0	72,543.10	65,278.70

Analisis Model

Penempatan pola pada kain master di industri *garment* dilakukan berdasarkan pengalaman. Penempatan pola pada kain master biasanya dilakukan untuk ukuran dan *style* yang sama, dan jarang ukuran yang berbeda diletakkan pada kain master yang sama. Jika setelah proses pemotongan, perusahaan menerima pesanan yang harus segera dikirim, maka dilakukan pemetaan kain master untuk setiap ukuran pesanan tersebut. Selanjutnya dilakukan proses pemotongan dan proses manufaktur. Proses manufaktur untuk pesanan *mendadak* dapat dilakukan mendahului proses manufaktur untuk pesanan sebelumnya. Oleh karenanya, persediaan produk setengah jadi menjadi tinggi. Hal ini salah satunya disebabkan oleh tidak dilakukannya proses pemotongan secara bersama-sama untuk ukuran yang berbeda.

Contoh aplikasi 2 menunjukkan bahwa Kain master dengan kombinasi pola dari beberapa ukuran, selain menunjukkan akomodasi terhadap pesanan konsumen yang beragam juga memiliki peluang untuk menghasilkan majun dengan lebih sedikit. Majun yang dihasilkan pada contoh aplikasi 2 sebesar 7 544.10 cm² untuk setiap lembar kain yang dipotong, sedangkan dengan cara yang biasa dilakukan di pabrik menghasilkan majun sebesar 13 337.40 cm². Hal ini menunjukkan bahwa algoritma yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk memaksimalkan penempatan panel dan trim pada kain master (minimasi majun).

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah dengan menjadikan arah penempatan (vertikal/horisontal) sebagai fungsi pembatas, karena cara penempatan akan berpengaruh pada kualitas produk jadi. Hal lain yang harus dipertimbangkan pada pengembangan penelitian ini adalah integrasi penentuan peletakkan pola dan penentuan jumlah tumpukan, akomodasi terhadap *style* yang berbeda pada satu kain master, serta pengaruh perencanaan pemotongan kain terhadap persediaan produk jadi dan setengah jadi. Diharapkan output dari pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah suatu metode perencanaan pemotongan kain yang terintegrasi, lengkap dengan simulasi komputer, sehingga siap dipergunakan oleh industri *garment* skala kecil-menengah.

Kesimpulan

Industri *garment*, dalam mengantisipasi perubahan, cenderung beroperasi dengan strategi *make to order*, berproduksi dengan lot yang kecil, dan berupaya meningkatkan efisiensi produksinya. Kriteria penting pada strategi *make to order* adalah akomodasi terhadap jenis dan jumlah pesanan konsumen, serta pemenuhan *due date*. Adapun efisiensi produksi pada industri *garment* diantaranya ditunjukkan oleh jumlah majun (*scraf*) yang dihasilkan. Pemenuhan terhadap ketiga kriteria dari strategi *make to order*, serta upaya peningkatan efisiensi produksi diantaranya dilakukan dengan membuat rencana pemotongan kain.

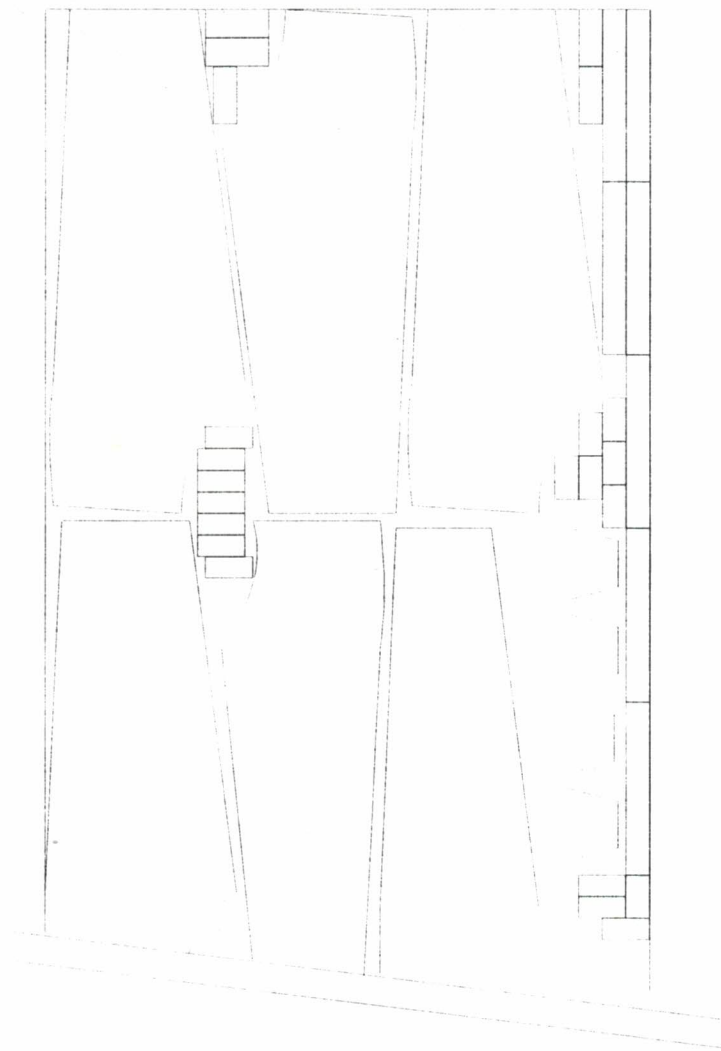
Algoritma yang dikembangkan memiliki kemampuan untuk meminimasi jumlah *scraf* (majun) yang dihasilkan, serta dapat mengakomodasi pesanan konsumen dari berbagai ukuran dengan tetap mempertimbangkan *due date* yang merupakan kriteria penting pada sistem manufaktur *make to order*.

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah dengan menjadikan arah penempatan (vertikal/horisontal) sebagai fungsi pembatas, integrasi penentuan peletakkan pola pada kain master dan penentuan jumlah tumpukan, akomodasi terhadap *style* yang berbeda pada satu kain master, serta pengaruh perencanaan pemotongan kain terhadap persediaan produk jadi dan setengah jadi.

Daftar Pustaka

1. Bazaraa, M.S., J.J. Jarvis., H.Sherali. 1990. *Linear Programming And Network Flows*. John Wiley & Sons, New York.
2. Fogarty, Blackstone, Hoffman. 1991. *Production and Inventory Management*. APICS.
3. Grinde, R.B.,K. Daniels. 1999. Solving an Apparel Trim Placement Problem Using a Maximum Cover Problem Approach. *IIE Transaction*, 31, 763-769.
4. Jacobs, C., Blecha, J.C. Ammons, A. Schutte, T.Smith. 1998. Cut Order

- Planning for Apparel Manufacturing. *IIE Transaction*, 30,79-90.
5. Morton, T.E., D.W. Pentico. 1993. *Heuristic Scheduling System*. John Wiley & Sons, New York.
 6. Schroeder., R.G. 2000. *Operations Management*. Irwin McGraw-Hill, Boston.



Gambar 1. Ilustrasi penempatan panel dan trim