DOTTED-BOARD MODEL DAN *EXTENDED LOCAL SEARCH* UNTUK OPTIMALISASI TATA LETAK POLA BUSANA PADA BAHAN BERMOTIF DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ATURAN KESERASIAN MOTIF

Fitri Bimantoro[1)], Nanik Suciati[2)], dan Isye Arieshanti[3)]
[1, 2,3)] Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
e-mail: beema.yichi@gmail.com [1)], nanik@if.its.ac.id[2)], isye.arieshanti@gmail.com[3)]

ABSTRAK

Permasalahan peletakkan pola busana penting dilakukan untuk memperoleh efisiensi dalam penggunaan bahan kain.Tidak hanya itu, waktu pemrosesan dengan memperhatikan keserasian motif juga masih menjadi masalah yang belum terselesaikan. Permasalahan ini dikenal dengan irregular strip packing problem (SPP). Penelitian irregular SPP menggunakan bahan bermotif pernah dilakukan sebelumnya, namun tidak memperhatikan keserasian isi motif. Penelitian ini diusulkan untuk menyelesaikan irregular SPP pada bahan bermotif dengan mempertimbangkan keserasian isi motif. Metode yang diusulkan adalah Dotted Board Model (DBM) yang dikombinasikan dengan Extended Local Search (ELS). Pada tahap awal pola busana dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pola busana yang memiliki aturan keserasian motif, dan kelompok pola busana yang tidak memiliki aturan keserasian motif. Selanjutnya, inisialisasi tata letak awal dilakukan pada kelompok pola busana yang memiliki aturan keserasian motif menggunakan DBM. Selebihnya, pola busana tanpa aturan keserasian motif akan dioptimalisasi dengan menggunakan ELS. Setiap aturan keserasian memiliki poin yang digunakan sebagai tolak ukur keserasian motif. Berdasarkan ujicoba, kombinasi terbaik ELS+DBM terdapat pada resolusi 3 piksel dengan iterasi local search ke 5. Nilai efisiensi dan waktu ELS+DBM adalah 57% dan 381 detik. Waktu komputasi ELS+DBM lebih cepat dengan selisih waktu komputasi 392,7detik dibandingkan tanpa DBM. Hal ini menunjukkan bahwa metode ELS+DBM lebih unggul dibandingkan ELS tanpa DBM, karena metode ELS+DBM memiliki waktu yang lebih singkat untuk mencapai nilai efisiensi yang hampir sama.

***Kata Kunci**: Dotted-Board Model, Extended Local Search, Irregular Strip Packing Problem, keserasian motif*

ABSTRACT

In order to use fabric efficiently, problems of sewing pattern laying that well known as irregular strip packing problem (SPP) are important issue to be studied. Some important irregular SPPs in sewing pattern laying are unresolved, such as how to put sewing patterns in order not to overlap, to keep the harmony of motive among some of sewing patterns, and to make the process time faster. This study is proposed to solve the ISSP on patterned fabric by considering the harmony of motives. The proposed method is Dotted Board Model (DBM) combined with Extended Local Search (ELS). In the early stages, the sewing pattern is divided into two groups. First, the sewing patterns that have rules to harmonize the motives. Second, the sewing patterns that do not have rules to harmonize the motives. Furthermore, DBM is used to make a model from container therefore the container become discrete. Whereas, ELS is used to optimized the sewing patterns that do not have motives harmony rules. Each harmony rule has points that are used to measure the motives harmony. The experiment result show that the best combination of ELS + DBM is in 3 pixel and 5th iteration as resolution and iteration of local search, respectively. The result of best combination is 57% and 381 seconds as efficiency and time value, respectively. The combination of ELS+DBM is two times faster than ELS without DBM. That result show that combination method of ELS+DBM is more superior than ELS without DBM, because the combination method of ELS+DBM has a shorter time to achieve a similar efficiency value.

***Keywords**: Dotted-Board Model, Extended Local Search, Irregular Strip Packing Problem, motives harmony.*

I. PENDAHULUAN

BATIK berasal dari bahasa jawa yang terdiri atas dua kata yakni *Amba* yang berarti menulis dan *Nitik* yang berarti titik [1]. Dari segi istilah, batik awalnya didefinisikan sebagai teknik desain dan pewarnaan kain menggunakan malam. Namun seiring dengan perkembangan batik cap, batik mengalami pergeseran makna dan lebih sering dipahami sebagai kain atau busana yang memiliki desain motif geometris tertentu. Sejak 2 oktober 2009, UNESCO mengakui batik sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Non-bendawi milik Indonesia [2]. Dari segi bahasa, motif batik didefinisikan sebagai kerangka gambar yang mewujudkan batik secara keseluruhan [3]. Dari sifat keberulangan dan keteraturan motifnya, batik dapat dibedakan menjadi dua yaitu batik geometris dan batik non-geometris. Batik geometris, dapat dibedakan lagi menjadi dua bagian berdasarkan bentuk bagian geometris yang berulang-ulang atau yang disebut *raport.* Berdasarkan *raport,* motif batik geometris dibagi menjadi motif geometris dengan raport berbentuk biasa dan dengan *raport* berbentuk miring [4]. Penelitian tentang ekstraksi fitur batik geometris telah diusulkan oleh Fanani menggunakan Cardinal Spline Curve menghasilkan segmentasi motif

klowongan dan isen-isen [5]. Motif batik yang sangat bervariasi menjadi masalah dalam peletakkan dan pemotongan pola busana, permasalahan tersebut dikenal dengan *irregular SPP. Irregular SPP* merupakan permasalahan umum dalam hal peletakan dan pemotongan pola dalam kontainer. Pola yang dimaksud adalah objek yang memiliki bentuk tertentu. Kontainer merupakan media dimana beberapa pola ditempatkan dengan aturan tertentu dengan tujuan mendapatkan ukuran kontainer yang paling optimal. Ukuran kontainer yang optimal adalah kontainer yang memiliki dimensi paling minimum yang didalamnya terdapat pola yang tidak saling tumpang tindih dan memiki sisa ruang kosong yang paling sedikit. Salah satu aplikasi *Irregular* SPP ditemukan pada industri busana. Tujuan dari *Irregular* SPP adalah untuk meminimalkan panjang kontainer dengan mengoptimalkan tata letak objek yang ada di dalamnya dengan syarat tidak ada objek yang saling tumpang tindih [6]**.** Pada pembuatan busana, perlu dipertimbangkan keserasian motif pada penjahitan (penyambungan) potongan-potongan pola busana, terutama pada busana bagian depan. Keserasian busana tampak jelas pada kain yang memiliki motif geometris karena akan sangat mempengaruhi impresi atau kesan bagi penggunanya. Peletakan motif yang sesuai tidak hanya akan mempengaruhi pada keserasian, namun juga pemanfaatan bahan kain yang optimal agar tidak banyak kain yang tersisa. Dengan demikian biaya produksi kain dapat ditekan dan meningkatkan kemampuan daya beli terhadap kain tersebut. Oleh karena itu optimalisasi peletakan pola pada kain yang mempertimbangkan keserasian motif busana merupakan hal yang penting untuk diteliti.

Beberapa penelitian telah diusulkan untuk menyelesaikan *irregular* SPP, antara lain seperti yang ditunjukkan pada penelitian [6-10]. Algoritma ELS mengoptimalisasi tata letak objek di dalam kontainer dengan melakukan perulangan terhadap proses perubahan luas kontainer serta perubahan tata letak objek yang ada di dalamnya. Pada permasalahan optimalisasi tata letak pola busana di atas kain polos, algoritma ELS mampu mengoptimalkan penggunaan kain antara 75%-88%. [8]**.** Sa'dyah meneliti *irregular* SPP pada bahan bermotif. Pada penelitiannya, Sa'dyah melakukan optimasi tata letak pola busana menggunakan ELS dengan mempertimbangkan keserasian motif pada bahan [8]. Namun pada penelitian ini, keserasian motif yang dipertimbangkan hanya keberadaan motif pinggiran tanpa mempertimbangkan keserasian isi motifnya, sehingga keserasian motif tengah diabaikan. Toleda et al, pada tahun 2013 melakukan penelitian tentang tata letak bentuk tak beraturan. Pada penelitiannya, toleda et al melakukan pendekatan dengan *Mixed-integer Programing* dan mengajukan model yang disebut *Dotted-Board Model* (DBM) [9]. Namun demikian DBM memiliki keterbatasan dalam penerapannya. DBM hanya menggunakan kontainer polos sebagai media untuk peletakan pola, DBM tidak mempertimbangkan keserasian jika digunakan pada media yang bermotif. Demikian halnya penelitian yang diusulkan oleh Sa'dyah, pada penelitiannya hanya mempertimbangkan keberadaan motif pinggiran, atau dengan kata lain tidak mempertimbangkan keserasian motif utama secara utuh terutama pada bagian depan daerah kancing. Selain itu, waktu komputasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan solusi ini terbilang tinggi. Satu iterasi membutuhkan waktu 3 menit, sedangkan solusi optimal didapatkan pada iterasi ke 15.

Berdasarkan permasalahan tersebut makalah ini diusulkan untuk melakukan optimalisasi peletakan pola pada bahan bermotif dengan mempertimbangkan keserasian, baik motif utama maupun motif bagian pinggiran. Pendekatan yang diusulkan adalah melakukan kombinasi *Dotted Board Model* dengan ELS. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sebuah metode peletakan pola pada bahan bermotif yang serasi dan optimal.

II. Pola Busana dan Aturan Keserasian

Pola busana merupakan istilah dalam bidang desain busana yang berarti potongan-potongan kertas berbentuk menyerupai bagian-bagian busana. Pola busana digunakan sebagai purwarupa dari busana yang dibuat untuk diletakkan di atas kain pada saat proses pemotongan kain. Tujuannya untuk meminimalkan kesalahan hasil pengguntingan kain. Pola busana yang digunakan pada makalah ini terdiri dari sembilan pola seperti yang tampak pada Tabel I.

Keserasian motif merupakan estetika desain, bentuk atau elemen-elemen berupa gambar yang memiliki bentuk seperti benda yang mempunyai arti dan makna dan juga dapat mempengaruhi bentuk tubuh seseorang pada saat digunakan. Untuk memberikan kesan serasi pada busana maka peletakkan pola pada bahan kain merupakan hal yang penting, oleh karena itu terdapat beberapa aturan untuk menghasilkan potongan kain yang mempertimbangkan

Tabel I
POLA DASAR BUSANA [8]

Kode	Tipe	Jenis Pola Busana
1	1	Badan depan kiri
2	2	Badan depan kanan
3	3	Badan belakang
4	4	Lengan kiri
5	4	Lengan kanan
6	5	Dudukan kerah atas
7	5	Dudukan kerah bawah
8	6	Kerah atas
9	6	Kerah bawah

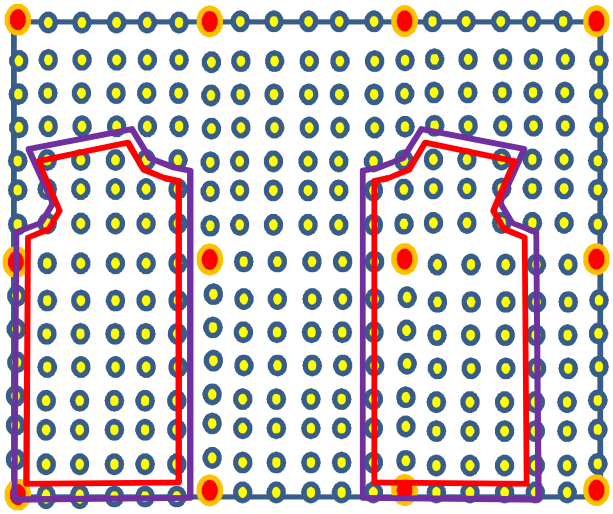
TABEL II
ATURAN KESERASIAN [8]

Kode	Aturan
1	Motif pinggiran pada bagian bawah pola busana depan
2	Motif pinggiran pada pertemuan bagian depan kanan dan bagian kiri
3	Motif dasar pada pertemuan bagian depan kanan dan kiri

keserasian. Aturan keserasian terdapat pada Tabel II. Tabel I dan Tabel II mengacu pada penelitian sebelumnya tentang pola yang digunakan untuk optimalisasi peletakkan pola dan aturan keserasian [8].

III. DOTTED BOARD MODEL

Pendekatan dengan *Dotted-Board Model* berdasarkan [9] dilakukan untuk merepresentasikan sejumlah *dot* pada sebuah *board* (kontainer) pada masing-masing baris dan kolom. Hal ini dilakukan untuk menjadi referensi peletakan bentuk geometris pada sebuah *board* berdasarkan titik referensi dari masing-masing bentuk. Ilustrasi dari *Dotted-Board Model* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Illustrasi Peletakkan DBM.

TABEL III
PARAMETER DBM

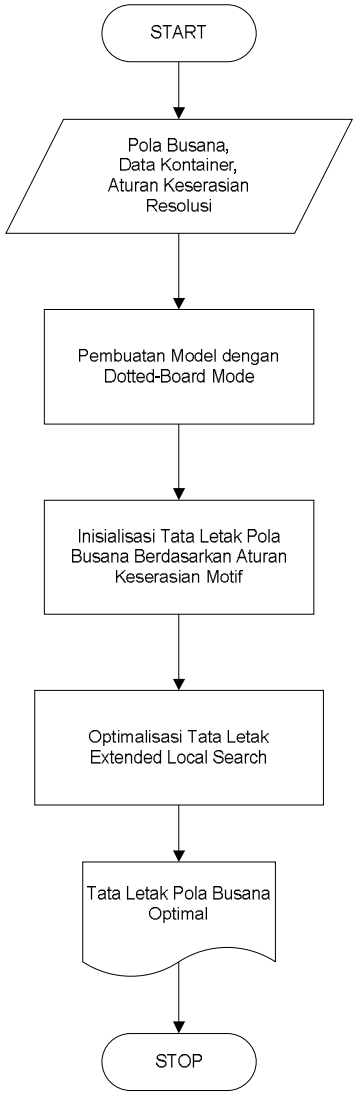
Parameter	Keterangan
W	Lebar *Board*
L	Panjang *Board*
g_x	Resolusi grid pada dimensi-x
g_y	Resolusi grid pada dimensi-y
C	Jumlah kolom
R	Jumlah baris
D	Jumlah *dot*

Bentuk *board* merupakan bangun datar persegi panjang yang memiliki Lebar W dan panjang L dimana bentuk-bentuk geometri dapat diletakkan. Untuk membuat sebuah *Dotted-Board Model*, diperlukan beberapa parameter pembentuk seperti yang ditunjukkan Tabel III.

IV. EXTENDED LOCAL SEARCH

Pada algoritma ELS, optimalisasi tata letak dilakukan menggunakan algoritma *Local Search* dan *Tabu Search.* Leung dkk [7] menambahkan algoritma *Tabu Search* pada proses optimalisasi tata letak untuk menghindari adanya kombinasi tata letak yang berulang selama iterasi algoritma berlangsung. Terdapat dua bagian utama pada algoritma ELS dalam melakukan optimasi yaitu inisialisasi tata letak dan optimasi tata letak. Proses inisialisasi tata letak menentukan panjang kontainer yang dibutuhkan untuk menampung objek menggunakan algoritma *Greedy Bottom Left.* Sedangkan pada proses optimasi tata letak ELS melibatkan algoritma *Local Search* dan algoritma *Tabu Search.*

Pada tahap awal, proses pencarian tata letak optimal dilakukan dengan menggunakan algoritma *Local Search*. Masukan untuk algoritma *Local Search* adalah keluaran yang dihasilkan oleh algoritma *Greedy Bottom Left* dengan panjang kontainer yang telah dikurangi. Sedangkan keluaran dari algoritma *Local Search* adalah vektor translasi *V* dan vektor rotasi *R* yang masing-masing menyatakan posisi dan orientasi setiap objek di dalam kontainer.



Gambar 2. Diagram Alir Penyelesaian Irregular SPP pada bahan bermotif

Algoritma ELS(P, W)
1. Generate initial legal placement (V, R) by greedy bottom-left heuristic.
2. $l_{best} = L(V, R)$
3. **While** in a time limit **Do**
4. $l = (1 - r_{dec}) I_{best}$
5. (V, R) = LocalSearch $\left(V, R, C(W, l)\right)$
6. **If** (V, R) is feasible **Then**
7. $(V_{best}, R_{best}) = (V, R)$
8. $l_{best} = L(V_{best}, R_{best})$
9. **Else**
10. $l = (1 + r_{inc}) I_{best}$
11. **If** $l > l_{best}$ **Then**
12. $(V_{best}, R_{best}) = (V, R)$
13. $l = (i - r_{dec}) I_{best}$
14. (V, R) = TabuSearch $\left(V, R, C(W, l)\right)$
15. **End If**
16. **End If**
17. **End While**
18. **Return** (V_{best}, R_{best})

Gambar 3. Algoritma *Tabu Search*.

Jika algoritma *Local Search* berhasil menempatkan semua poligon ke dalam kontainer, maka proses pencarian posisi terbaik bisa dihentikan. Namun jika algoritma *Local Search* tidak berhasil melakukan hal tersebut, proses pengurangan dan penambahan panjang kontainer akan diulangi dan proses pencarian posisi terbaik setiap poligon dilakukan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* hingga batas perulangan habis atau solusi optimal telah tercapai. Gambaran secara keseluruhan dari metode penelitian ini tampak pada Gambar 2, sedangkan penjelasan tentang algoritma ELS dalam bentuk *pseudocode* dapat dilihat pada Gambar 3**.**

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian menggunakan perangkat keras dengan spesifikasi Processor Intel I3 2,3 GHz, RAM 8 GB, sistem operasi Windows 7, dan Matlab 2012a. Skema pengujian yang dilakukan bertujuan memberikan representasi perbaikan metode dari penelitian sebelumnya yaitu dengan membandingkan penggunaan DBM dan tidak menggunakan DBM pada ELS. Perbandingan yang dicermati adalah efisiensi penggunaan kontainer, waktu, nilai keserasian (poin). Untuk mengetahui hal tersebut maka terdapat empat pengujian. Pertama, pengujian penempatan tata letak tanpa menggunakan DBM dan dengan menggunakan DBM secara global dari 12 skema pengujian. Pengujian kedua adalah perbandingan efisiensi dan waktu untuk pola busana berlengan panjang dan berlengan pendek. Pengujian ketiga adalah perbandingan orientasi pola lengan 0 dan 90 derajat. Pengujian keempat adalah pengujian efisiensi dan waktu terhadap aturan keserasian jika menggunakan pola lengan panjang dan lengan pendek. Semua pengujian memiliki 12 skema untuk mengetahui pengaruh DBM pada ELS seperti yang tampak pada Tabel IV.

TABEL IV
PARAMETER DBM

Skema	Kode pola busana	Aturan keserasian	Orientasi lengan
1	1, 2	1	0°
2	1, 2	1	90°
3	1, 2	2	0°
4	1, 2	2	90°
5	1, 2	3	0°
6	1, 2	3	90°
7	1, 2	1	0°
8	1, 2	1	90°
9	1, 2	2	0°
10	1, 2	2	90°
11	1, 2	3	0°
12	1, 2	3	90°

Terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk melakukan evaluasi pada tahapan ujicoba yaitu iterasi, resolusi, panjang kontainer, waktu komputasi dan nilai keserasian. Iterasi merupakan batas perulangan maksimum yang dilakukan oleh ELS untuk melakukan peletakan pola busana. Jika iterasi adalah *Nmo* maka *Nmo* = {5, 10, 15, 20}. Resolusi Merupakan titik referensi pada kontainer untuk mengatur jarak antar *dot*. Misal, Jika menggunakan resolusi = 2, maka jarak setiap peletakan pola pada kontainer akan berjarak dua piksel. Semakin tinggi nilai resolusi

maka akan semakin renggang jarak antar *dot*, dan sebaliknya. Jika resolusi adalah R, maka R = {1, 2, 3}.

Panjang kontainer untuk inisialisasi awal ditetapkan = 198 cm dengan lebar kontainer = 118 cm. Ukuran kontainer berdasarkan penelitian sebelumnya. Efisiensi merupakan parameter untuk mengukur efisiensi penggunaan kontainer. Nilai efisiensi dihitung menggunakan persentase, besaran nilai parameter efisiensi ditentukan berdasarkan panjang kontainer akhir setelah optimasi dikurangi dengan panjang awal. Semakin besar penggunakan kontainer maka nilai efisiensi semakin rendah, dan sebalikanya.

$$Efisiensi = \frac{Pg}{Pk} x100\% \quad (1)$$

dimana *pg* adalah panjang kontainer yang digunakan dan *pk* adalah panjang kontainer awal.

Waktu merupakan parameter yang menghitung berapa lama DBM dan ELS melakukan peletakan hingga mencapai iterasi (Nmo) yang ditentukan.

Poin merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan meletakkan pola berdasarkan aturan keserasian.

$$poin = \left(1 - \frac{|s - p|}{s}\right) x100\% \quad (2)$$

dimana *s* adalah posisi seharusnya dan *p* adalah posisi optimasi.

A. Hasil Pengujian 1

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui resolusi dan nilai Nmo yang paling sesuai dengan DBM dan ELS. Nilai resolusi yang digunakan untuk pengujian adalah 0, 1, 2 dan 3, sedangkan nilai Nmo (iterasi) yang digunakan adalah 5, 10, 15 dan 20. Resolusi 0 adalah representasi dari ELS tanpa menggunakan DBM sementara resolusi 1, 2 dan 3 merupakan representasi dari kombinasi DBM dan ELS.

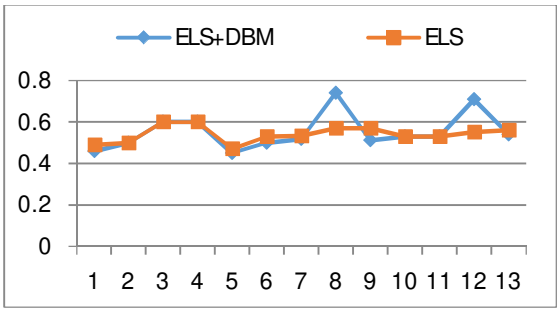
Berdasarkan hasil Tabel V rata-rata efisiensi maksimum untuk ELS+DBM terdapat pada resolusi ke 1 dan Nmo ke 10 dengan nilai efisiensi 57 %. Namun, jika ditinjau dari rata-rata waktu yang dibutuhkan pada untuk melakukan peletakkan nilai Nmo ke 10 bukan rata-rata waktu terendah. Berdasarkan Tabel VI rata-rata waktu terendah terdapat pada resolusi ke 3 dan Nmo ke 5 yaitu 381 detik. Sementara rata-rata efisiensi pada resolusi ke 3 dan Nmo ke 5 adalah 56 %.

TABEL V
PERBANDINGAN HASIL RATA-RATA EFISIENSI

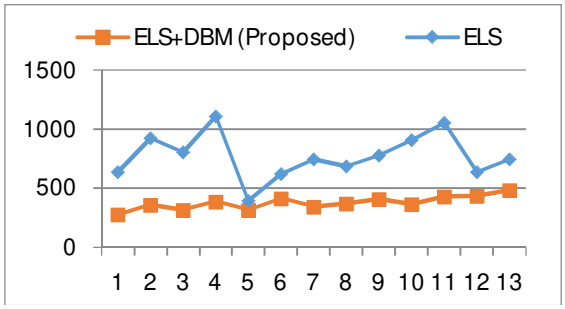
		ELS	ELS+DBM (proposed)		
	Resolusi	0	1	2	3
Nmo	5	54,00	56,00	53,00	56,00
	10	54,00	57,00	53,00	56,00
	15	55,00	56,00	53,00	56,00
	20	54,00	56,00	53,00	56,00

TABEL VI
PERBANDINGAN HASIL RATA-RATA WAKTU

		ELS	ELS+DBM (proposed)		
	Resolusi	0	1	2	3
Nmo	5	774	676	467	381
	10	1021	1292	598	489
	15	1243	1057	756	614
	20	1499	1244	876	746



Gambar 4. Perbandingan efisiensi antara ELS dengan ELS+DBM

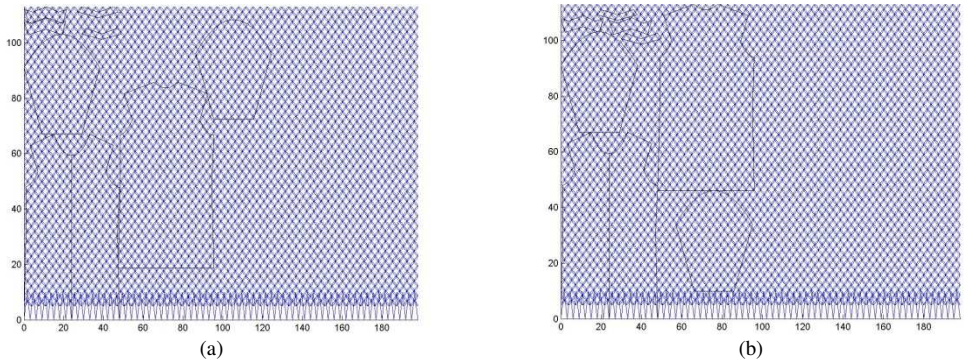


Gambar 5. Perbandingan waktu komputasi antara ELS dengan ELS+DBM

Berdasarkan pertimbangan antara rata-rata efisiensi dan waktu maka resolusi dan Nmo yang paling sesuai dengan sembilan pola yang diuji adalah resolusi ke 3 dan Nmo ke 5. Sementara ELS tanpa menggunakan DBM nilai efisiensi terbaik adalah 55 % pada Nmo ke 15, artinya untuk mendapatkan efisiensi maksimum, ELS membutuhkan iterasi hingga 15 kali, sementara jika dikombinasikan dengan DBM hanya membutuhkan 5 kali iterasi dan hasil efisiensi yang lebih baik. Grafik untuk menggambarkan perbedaan kinerja antara metode gabungan ELS+DBM dengan ELS ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

B. Hasil Pengujian 2

Pengujian jenis pola lengan panjang dan pendek bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan efisiensi kontainer dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan peletakkan pola jika memiliki ukuran yang berbeda. Jika ditinjau dari dimensi pola lengan panjang memiliki ukuran yang lebih luas dari pada pola lengan pendek. Namun demikian pengujian ini dilakukan untuk melihat selisih penggunaan bahan kain. Selain itu pengujian ini juga bertujuan melihat perbandingan kompleksitas waktu yang dibutuhkan pada ELS tanpa DBM dan ELS yang dikombinasikan dengan DBM. Hasil dari pengujian ini akan memberikan representasi efisiensi dan waktu pada ELS dan ELS tanpa DBM pada pola busana lengan panjang dan lengan pendek.



(a) (b)

Gambar 6. Contoh optimasi lengan pendek ELS. (a) Tanpa DBM. (b) Dengan DBM

Berdasarkan hasil pengujian, efisiensi maksimum dicapai pada kombinasi Nmo 10 dan resolusi 1 dengan nilai 53,67 %. Namun waktu yang dibutuhkan adalah 841 detik. Sedangkan jika berdasarkan waktu terbaik terdapat pada kombinasi Nmo 5 dan resolusi 3 dengan waktu 345 detik. Dengan pertimbangan efisiensi dan waktu kombinasi terbaik untuk pola lengan panjang adalah pada Nmo 5 dan resolusi 3, karena nilai efisiensi hanya berkurang 3,6 cm. Sedangkan pada ELS tanpa menggunakan DBM nilai efisiensi pada semua percobaan nilai Nmo rata-rata mencapai 53% dan waktu tercepat yang dibutuhkan untuk peletakkan pola adalah 746 detik atau sekitar 12 menit.

Contoh optimasi lengan terlihat pada Gambar 6.

C. Hasil Pengujian 3

Orientasi merupakan salah satu hal penting dalam hal efisiensi dan pemanfaatan bahan kain. Orientasi yang tidak tepat dalam peletakkan pola dapat mengakibatkan pemborosan dalam penggunaan bahan. Oleh karena itu pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui orientasi berapa yang paling sesuai untuk mendapatkan efisiensi yang paling optimal namun juga memiliki waktu yang relatif singkat. Pada pengujian ini hanya dilakukan pada pola lengan panjang dan pola lengan pendek.

Pola lengan dipilih untuk diuji karena tidak memiliki aturan keserasian, sehingga pola dapat ditempatkan secara dinamis pada kontainer. Sementara pola lain seperti kerah tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi dan waktu karena memiliki dimensi kecil. Pola bagian belakang tidak dipilih sebagai bagian dari pengujian orientasi karena pola bagian belakang memiliki ketergantungan pada pola bagian depan.

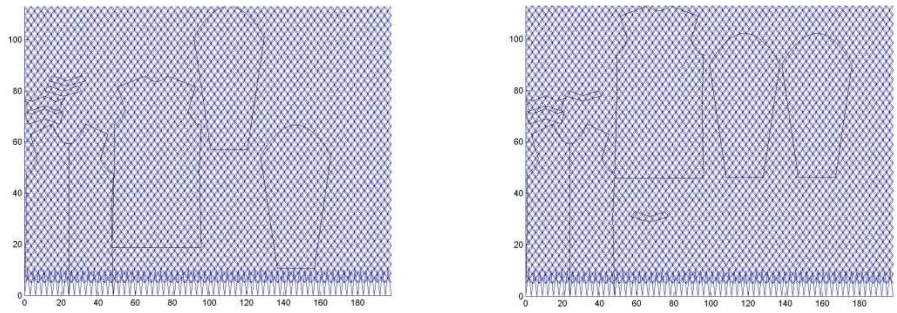
Efisiensi maksimum terdapat pada kombinasi ELS dan DBM pada Nmo 10 dan resolusi 1 orientasi 0 derajat, namun untuk mencapai nilai efisiensi 60 % dari dimensi kontainer awal 198 cm akan menghabiskan waktu 1,666 detik atau 33 menit. Sementara jika dicermati pada Nmo 5 dan resolusi 3 dengan nilai efisiensi 58% memang terdapat penurunan efisiensi sekitar 0,2 % atau sekitar 0,4 cm, namun waktu yang dibutuhkan hanya 348 detik atau 6 menit. Sementara pada ELS tanpa DBM mencapai efisiensi 54% dan waktu 676 detik pada semua skema. Dengan demikian kombinasi ELS dan DBM lebih unggul daripada tanpa menggunakan DBM dengan selisih panjang 8 cm dan waktu lebih cepat 5 menit dengan orientasi 0 derajat.

D. Hasil Pengujian 4

Aturan merupakan batasan yang sangat mempengaruhi efisiensi dan waktu komputasi. Dengan aturan keserasian yang kompleks berpotensi meningkatkan waktu peletakan pola pada kontainer. Terdapat tiga aturan keserasian yang digunakan dalam penelitian ini, oleh karena itu pengujian ini dilakukan untuk mengetahui aturan keserasian mana yang sangat mepengaruhi efisiensi dan waktu pada saat peletakkan pola dengan mempertimbangkan aturan keserasian. Hasil pengujian ini dapat diketahui aturan mana dari tiga aturan keserasian yang paling berpengaruh terhadap efisiensi dan waktu. Pola yang dikenai aturan keserasian adalah pola bagian depan kanan dan pola bagian depan kiri. Keserasian yang mempengaruhi adalah motif pinggiran dan keutuhan motif dasar batik. Berdasarkan hasil pengujian untuk aturan keserasian pertama efisiensi optimal terdapat pada Nmo 10 dan resolusi ke 1 sebesar 57,75%. Jika dibandingkan dengan ELS tanpa DBM akan menghasilkan selisih efisiensi 0,05% atau menghemat 0.01 cm namun memiliki waktu 130 detik lebih lama. Jika dibandingan dengan Nmo 5 resolusi 3 akan terjadi selisih efisiensi 0,02% atau 0,04 cm, namun memiliki waktu 400 detik lebih cepat daripada tanpa DBM. Contoh hasil perbandingan optimasi dengan mempertimbangkan aturan keserasian pertama terdapat pada Gambar 7.

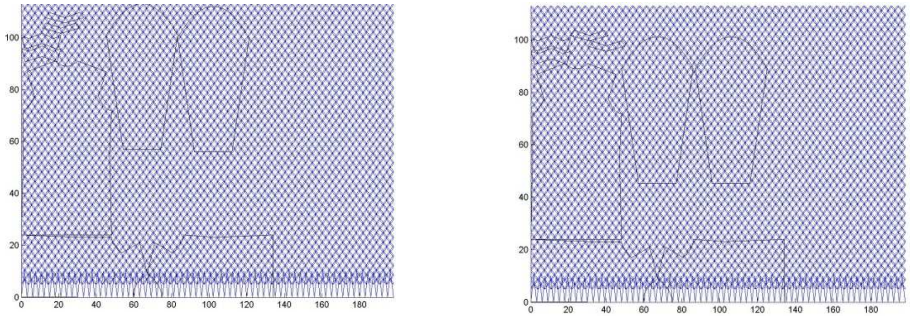
Berbeda dengan aturan pertama, aturan kedua menunjukkan hasil yang konstan untuk nilai efisiensi pada semua skema dan semua variasi Nmo dan resolusi. Terjadinya nilai yang konstan pada semua skema disebabkan oleh orientasi pola depan bagian kiri dan pola depan bagian kanan yang diletakkan secara horisontal. Aturan kedua adalah jika terdapat motif pinggiran pada bagian kancing, maka posisi pola bagian depan baik kanan dan kiri daerah kancing baju harus dikenai motif pinggiran. Karena pola depan ditata secara horisontal maka mengakibatkan kontainer yang dibutuhkan semakin panjang. Disamping itu karena motif pinggiran berada pada bagian bawah kontainer dan pola depan diletakkan horisontal menyebabkan banyak ruang tersisa pada bagian atas kontainer. Hal inilah yang menyebabkan nilai efisiensi menjadi konstan karena banyak ruang tersisa. Contoh hasil perbandingan optimasi dengan mempertimbangkan aturan keserasian kedua terdapat pada Gambar 8.

Aturan keserasian ketiga merupakan sebuah batasan dimana sebuah motif dasar akan terlihat utuh meskipun terpisah pada pola depan bagian kanan dan pola depan bagian kiri. Pertimbangan utama pada aturan ketiga adalah motif dasar utama bukan motif pinggiran. Efisiensi paling optimal dengan pertimbangan waktu adalah Nmo 5 dengan resolusi 3. Meskipun resolusi 1 memberikan nilai efisiensi yang lebih baik namun tidak secara signifikan memberikan perbedaan efisiensi, perbedaan nilai efisiensi pada resolusi 1 dan 3 hanya terpaut 0,01 % atau hanya terpaut 0.02 cm. Sementara, pada resolusi 1 waktu yang dibutuhkan adalah 604 detik, artinya terdapat perbedaan waktu yang lebih lama sebesar 191 detik daripada resolusi 3. Jika dibandingkan dengan ELS tanpa DBM untuk aturan ketiga nilai efisiensi optimum terdapat pada Nmo 15 dengan waktu 928 detik atau selisih 9 menit dari Nmo 5 resolusi 3. Contoh hasil perbandingan dengan mempertimbangkan aturan keserasian ketiga terdapat pada Gambar 9.



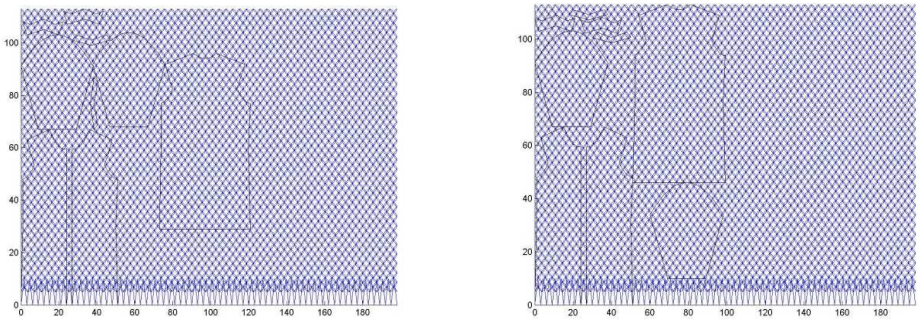
(a) (b)

Gambar 7. Contoh aturan keserasian 1 pada ELS. (a) Tanpa DBM. (b) Dengan DBM



(a) (b)

Gambar 8. Contoh aturan keserasian 2 pada ELS. (a) Tanpa DBM. (b) Dengan DBM



(a) (b)

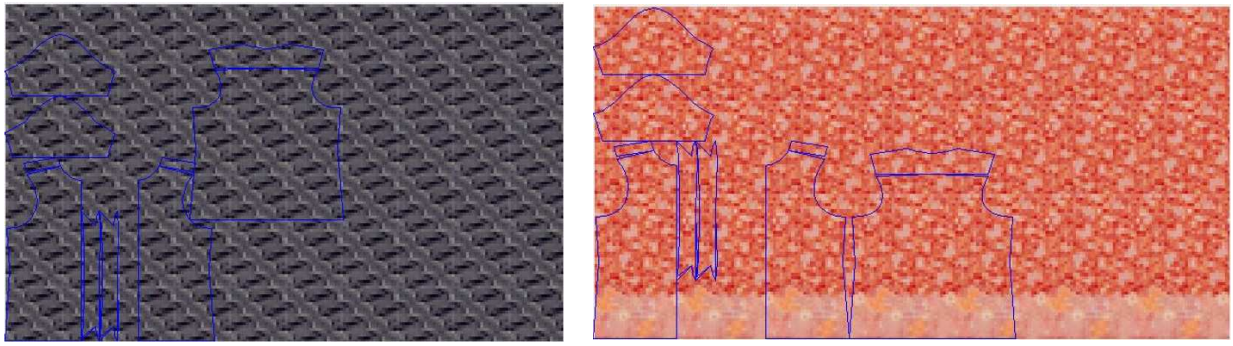
Gambar 9. Contoh aturan keserasian 3 pada ELS. (a) Tanpa DBM. (b) Dengan DBM

E. Hasil Pengujian 5

Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsionalitas algoritma yang diusulkan pada berbagai jenis pola busan dan pada jenis motif kain batik yang sebenarnya. Pola busana yang digunakan meliputi pola busana atasan wanita, kemeja anak, celana, dan rok. Sedangkan jenis motif kain batik yang digunakan sebanyak 3 jenis. Nilai resolusi yang digunakan pada pengujian ini adalah 3, dan nilai Nmo adalah 5. Hasil dari proses optimasi ditampilkan pada Gambar 10 dan Gambar 11. Sedangkan perbandingan Efisiensi dan waktu komputasi ditampilkan pada Tabel VII. Berdasarkan Tabel VII, DBM+ELS pada busana atasan selalu lebih unggul dari segi waktu. Namun untuk pola busana bawahan performa DBM+ELS tidak jauh berbeda dengan ELS tanpa DBM. Hal ini disebabkan karena sebagian besar pola busana bawahan memiliki luas area yang besar, sehingga sebagian besar pola busana terkena aturan keserasian pola busana. Sedangkan, pola busana bawahan dengan luas area yang kecil tersisa hanya 1 atau 2 bagian untuk dilakukan proses optimasi. Selain itu, berdasarkan Tabel 4.20 peletakan pola busana tersebut tidak akan mempengaruhi performa baik dari segi efisiensi maupun dari segi waktu.

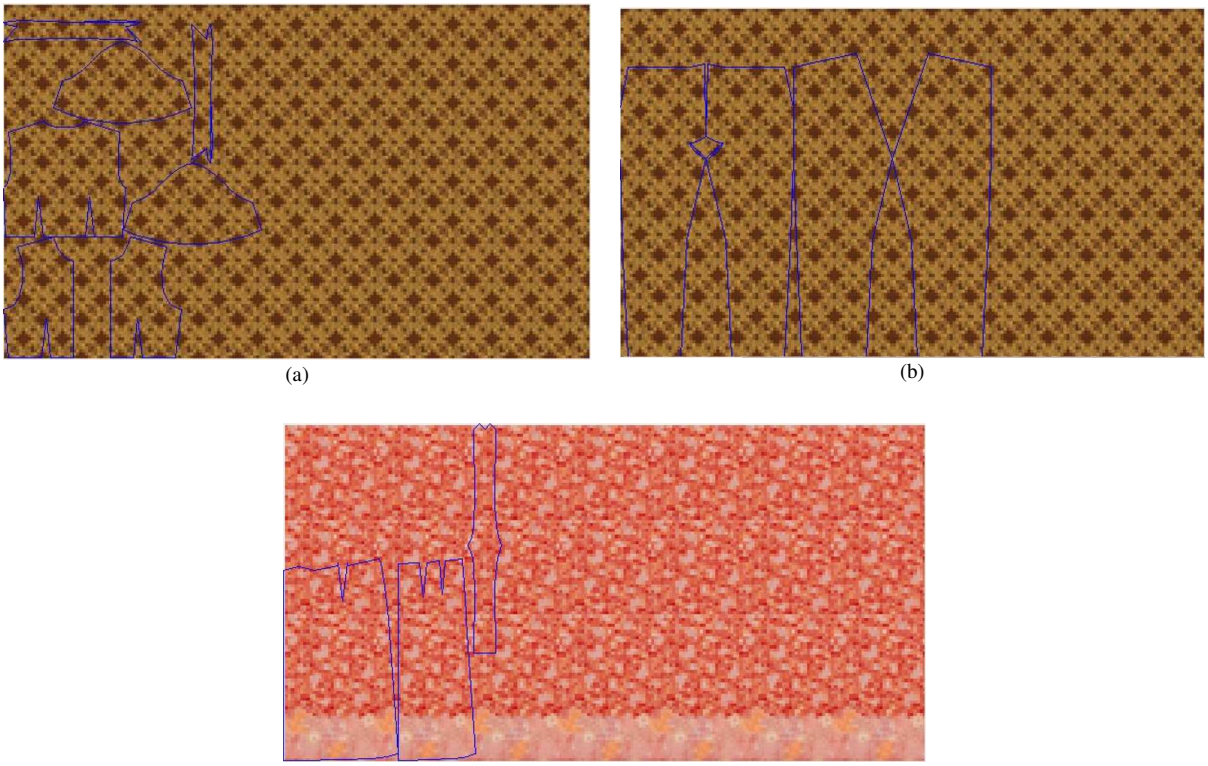
TABEL VII
PERBANDINGAN HASIL RATA-RATA EFISIENSI DAN WAKTU PADA VARIASI POLA BUSANA

	Efisensi (%)		Waktu (detik)	
Jenis Busana	ELS	DBM+ELS	ELS	DBM+ELS
Atasan Wanita	61	61	999.1	256,47
Busana Anak	42	42	446,41	175,63
Celana	40	40	7,64	6,92
Rok	57	57	2.2	2.1



(a) (b)

Gambar 10. Hasil Optimasi Pola Busana Atasan Wanita (a) Pada kain batik tanpa motif pinggiran. (b) Pada kain batik dengan motif pinggiran.



(a) (b)

(c)

Gambar 11. Hasil Optimasi Pola Busana dengan ELS+DBM. (a) Busana Anak. (b) Celana. (c) Rok.

VI. KESIMPULAN

Makalah ini telah memaparkan tentang optimasi peletakkan pola busana pada bahan bermotif dengan mempertimbangkan nilai keserasian menggunakan perpaduan metode DBM dan ELS. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, Poin aturan keserasian ketiga dapat mencapai nilai maksimal jika nilai resolusi DBM yang digunakan merupakan faktor persekutuan terbesar dari panjang motif dasar. Kedua, ukuran pola busana mempengaruhi efisiensi bahan dan waktu komputasi. Semakin besar ukuran pola busana, efisiensi bahan akan semakin berkurang, namun waktu komputasi akan semakin cepat. Ketiga, efisiensi bahan pada orientasi pola busana secara vertikal lebih efisien jika dibandingkan dengan orientasi pola busana secara horisontal, karena orientasi pola busana secara horisontal mengakibatkan penggunaan kontainer menjadi lebih panjang, namun banyak ruang kosong yang bebas digunakan oleh pola lain pada bagian atas kontainer sehingga lebih boros dalam penggunaan bahan. Keempat, dari keseluruhan hasil uji coba maka dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata secara keseluruhan kombinasi ELS dengan DBM memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan waktu komputasi, dimana waktu komputasi ELS dengan DBM sekitar dua kali lebih cepat dibandingkan hanya menggunakan ELS. Resolusi dan Nmo optimal yang dapat dicapai oleh metode perpaduan antara ELS dengan DBM adalah 5 dan 3, dengan rata-rata efisiensi 56 % dan rata-rata waktu komputasi 381 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Kuswadji. *Mengenal Seni Batik di Yogyakarta.* Yogyakarta: Proyek Pengembangan Permusiuman Yogyakarta, 1981.
[2] UNESCO. 2009. Diakses 30 Juni 2013. [Online]. Tersedia: http://www.unesco.org/culture/ich/RL/00170.
[3] S. Susanto. *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Yogyakarta: Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 1980.
[4] H.S. Doellah. *Batik : Pengaruh Zaman dan Lingkungan*. Solo : Batik Danar Hadi, 2002.
[5] Aris Fanani, Anny Yuniarti, Nanik Suciati**.** (2014). **"**Geometri Feature Extraction of Batik Image using Cardinal Spline Curve Representation". *Jurnal Telkomnika.* 12(2), hal. 307-404.
[6] T. Imamichi, M. Yagiura, dan H. Nagamochi. (2009). An Iterated Local Search Algorithm Based On Non Linear Programming For The Irregular Strip Packing Problem. *Discrete Optimization*. 6, hal. 345-361.
[7] S.C.H. Leung, Y. Lin, dan D. Zhang. (2012). Extended Local Search Algorithm Based On Nonlinear Programming For Two-Dimensional Irregular Strip Packing Problem. *Computers and Operational Research*. 39, hal. 678-686.
[8] H. Sa'dyah, "Optimalisasi Tata Letak Pola Busana Pada Kain Batik Dengan Mempertimbangkan Keserasian Motif Menggunakan Algoritma Extended Local Search," tesis magister, Dept. Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2013.
[9] F. Toleda, M.A. Carravilla, C. Ribeiro, J.F. Oliveira, A. Miguel Gomes. (2013). The Dotted-Board Model: A new MIP model for nesting irregular shapes. *International Journal of Production Economics*. 145(2), hal. 478-487.
[10] Fetty Tri Anggraeny, Nanik Suciati, Anny Yuniarti. "Extended Local Search and Polygon Grouping for 2D Irregular Strip Packing Problem". The 2013 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS), hal. 1-6.