

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam suatu perusahaan, manajemen produksi dan operasi memegang peranan penting di mana tugas dari manajemen ini tidak lepas dari pengendalian bahan baku yang ada di gudang. Pengendalian ini sangat dibutuhkan apalagi bila perusahaan menggunakan bahan baku impor dan lokal, di mana biaya untuk pembelian bahan baku semakin membengkak dan level persediaan sangat tinggi yang menyebabkan investasi pada modal tidak efisien (Masrurroh, 2009).

Pengendalian bahan baku tidak hanya pada saat perusahaan membeli bahan baku. Pengendalian pada penggunaan bahan baku juga harus diperhatikan pada saat perusahaan menggunakan bahan baku tersebut. Hal ini dikarenakan jika perusahaan tidak dapat mengendalikan penggunaan bahan baku maka dapat menyebabkan biaya yang sifatnya dapat merugikan perusahaan. Oleh karena itu, banyak desainer dan insinyur melakukan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan bahan baku yang tersedia. Seringkali, bahan baku yang tersedia memiliki standar ukuran yang lebih besar daripada ukuran yang dipesan oleh konsumen. Untuk memaksimalkan pemanfaatan bahan baku maka *order* yang masuk disusun secara bersamaan pada *stock* bahan baku yang dimiliki perusahaan. Masalah dalam meletakkan bagian *order* yang berfungsi untuk memaksimalkan pemanfaatan bahan baku ini biasa disebut dengan *Cutting Stock Problem* (Kopardekar dan Mital, 1999).

Penelitian mengenai *Cutting Stock Problem* pertama kali berhasil diformulasikan oleh Kantorovich (1960), kemudian Gilmore dan Gomory (1961 dan 1963) adalah peneliti pertama yang mengusulkan *linear programming*, di mana dapat dilakukan *traced back* untuk *column generation procedure* untuk *Cutting Stock Problem*. Burke *et al.* (2004) serta de Gelder dan Wagelmans (2009) juga meneliti tentang *Cutting Stock Problem* dengan berdasar pada penelitian Gilmore dan Gomory.

Cutting Stock Problem dapat muncul di berbagai bidang industri yang ada di dunia seperti industri kertas, industri baja, industri logam, industri batu, industri tekstil, dan industri lainnya (Kao *et al.*, 2013). *Cutting Stock Problem* yang ada di industri logam sudah pernah diteliti oleh Cui (2004) yang mengusulkan sebuah algoritma pemotongan *guillotine* agar bahan baku digunakan secara maksimum.

Hung *et al.* (2012) juga melakukan penelitian tentang *Cutting Stock Problem* yang mana industri yang diteliti memiliki bahan baku yang berbeda dengan penelitian yang diteliti oleh Cui (2004). Bahan baku yang digunakan pada penelitian Hung *et al.* (2012) adalah kayu, pipa, dan kawat. Penelitian *Cutting Stock Problem* yang dilakukan oleh Hung *et al.* (2012) lebih difokuskan pada permasalahan pemotongan bahan baku di mesin CNC yang digunakan oleh perusahaan tersebut agar proses pemotongan dapat berjalan dengan cepat. Matsumoto *et al.* (2010) juga melakukan penelitian tentang *Cutting Stock Problem*. Penelitian ini dilakukan pada industri kertas yang memproduksi berbagai macam kertas. Permasalahan yang ada pada penelitian yaitu jumlah *setup* dalam mesin dan kombinasi jumlah tumpukan panjang pesanan yang akan dipotong. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Glass dan Oostrum (2008). Mereka tidak meneliti di sebuah industri baja, tekstil, kayu, kertas dan yang lainnya melainkan melakukan penelitian di sebuah toko roti. Toko roti tersebut mempunyai permasalahan dalam pemotongan roti karena konsumen kecewa pada kualitas roti yang diterima karena banyak roti yang hancur ketika roti tersebut akan dimakan.

Cutting Stock Problem berdasarkan jumlah dimensi dibagi menjadi 3 jenis yaitu *One Dimensional Cutting Stock Problem*, *Two Dimensional Cutting Stock Problem* dan *Three Dimensional Cutting Stock Problem*. *One Dimensional Cutting Stock Problem* merupakan kasus *Cutting Stock Problem* yang hanya memiliki dimensi tunggal. Banyak peneliti yang meneliti *One Dimensional Cutting Stock Problem* dengan berbagai kasus yang ada di perusahaan (Aktin dan Özdemir, 2009; Berberler *et al.*, 2011; Powar *et al.*, 2013; Reinertsen dan Vossen, 2010). Cintra *et al.* (2008) dan Rodrigo *et al.* (2013) melakukan penelitian tentang *Two Dimensional Cutting Stock Problem* yang merupakan kasus *Cutting Stock Problem* yang hanya memiliki dimensi panjang dan lebar. Selain itu, *Three Dimensional Cutting Stock Problem* merupakan kasus *Cutting Stock Problem* yang memiliki lebih dari satu dimensi. Biasanya kasus *Cutting Stock Problem* ini memiliki bahan baku dalam bentuk balok atau bentuk tiga dimensi lainnya.

Banyak peneliti yang telah menemukan metode yang dapat membantu menyelesaikan masalah *Cutting Stock Problem*. Salah satunya adalah algoritma DEE (*Discretization by Explicit Enumeration*), DDP (*Discretization using Dynamic Programming*), dan algoritma pendukung lainnya yang merupakan hasil

penelitian dari Cintra *et al.* (2008). Algoritma dikembangkan untuk meneliti permasalahan *Two Dimensional Cutting Stock Problem* dengan tipe pemotongan *guillotine* dan pemotongan *oriented* yang artinya pesanan konsumen tidak dapat dirotasi. Algoritma ini mengorientasikan lebar pesanan di lebar bahan baku dan mengoptimalkan kuantitas pesanan disetiap *strip* yang telah ditentukan. Jadi algoritma ini akan mencoba pesanan dari kuantitas pesanan berjumlah 1 hingga kuantitas pesanan berjumlah $d + 1$ hingga area *strip* tidak dapat lagi diisi dengan pesanan. Algoritma yang diteliti oleh Cintra *et al.* (2008) dapat meminimasi sisa hasil pemotongan bahan baku yang ada di perusahaan.

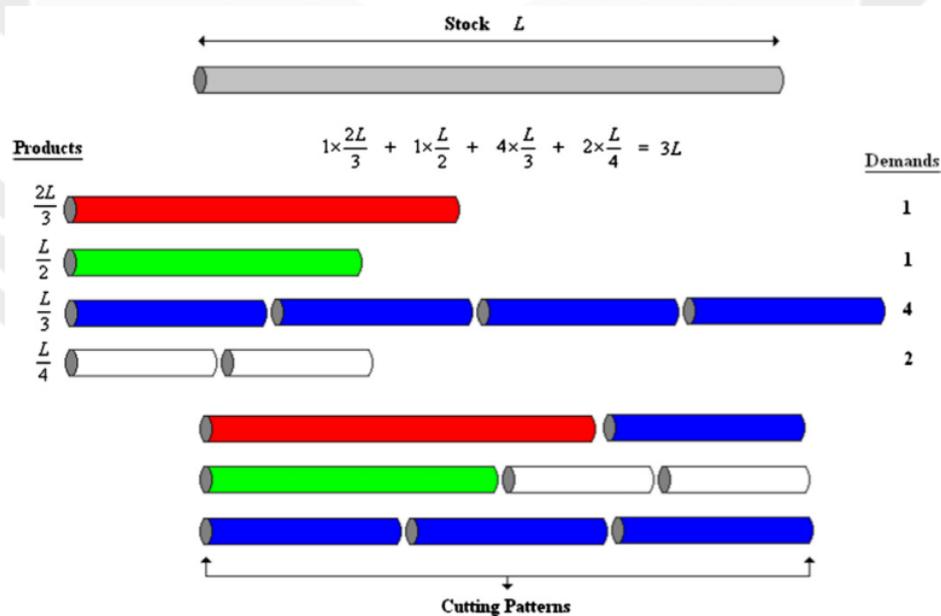
Cui (2004) juga melakukan penelitian yang sama dengan Cintra *et al.* (2008). Penelitian yang dilakukan oleh Cui (2004) juga memperbaiki masalah *Two Dimensional Cutting Stock Problem* dengan tipe pemotongan *guillotine* dan pemotongan *oriented* di suatu perusahaan. Metode yang diterapkan oleh Cui (2004) juga mengorientasikan lebar pesanan di lebar bahan baku. Perbedaan dari penelitian Cui (2004) dan Cintra *et al.* (2008) adalah Cui (2004) melakukan perbandingan bahan baku yang digunakan untuk kasus a dan kasus b sedangkan Cintra *et al.* (2008) tidak ada perbandingan dari kasus yang terjadi di perusahaan. Kasus a dan kasus b artinya adalah algoritma a dan algoritma b karena Cui (2004) merancang 2 algoritma yang berbeda. Algoritma yang akan menjadi algoritma terbaik dalam penelitian Cui (2004) adalah algoritma yang memiliki persentase *improvement* yang lebih tinggi dari algoritma yang dibandingkan.

Peneliti saat ini akan meneliti sisa hasil pemotongan bahan baku yang ada di Agung *Digital Printing* dengan mengacu pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Cui (2004) serta Cintra *et al.* (2008). Penelitian saat ini berkarakteristik *Two Dimensional Cutting Stock Problem* karena bahan baku yang ada di Agung *Digital Printing* berbentuk rol dan hanya memiliki dimensi panjang dan lebar pada ukuran pesanan konsumen. Perbedaan penelitian saat ini dengan penelitian Cui (2004) serta Cintra *et al.* (2008) adalah peneliti saat ini akan meneliti masalah *Two Dimensional Cutting Stock Problem* dengan tipe pemotongan *non guillotine* dan pemotongan *non-oriented* yang artinya pesanan dari konsumen dapat dirotasi. Peneliti saat ini membantu menyelesaikan masalah sisa hasil pemotongan bahan baku yang ada di Agung *Digital Printing* dengan membuat suatu metode yang dapat membantu perusahaan dalam mengatur pola pemotongan yang tepat sehingga dapat meminimasi sisa bahan baku yang

terbuang. Metode yang dibuat akan berbeda dengan algoritma yang telah dibuat oleh Cui (2004) serta Cintra *et al.* (2008) karena ada beberapa kriteria dari perusahaan yang berbeda dari penelitian yang dilakukan oleh Cui (2004) dan Cintra *et al.* (2008). Kriteria yang berbeda di Agung Digital Printing dengan penelitian Cui (2004) serta Cintra *et al.* (2008) adalah Agung *Digital Printing* memiliki jenis *finishing* yang harus ditambahkan di ukuran pesanan konsumen dan di Agung *Digital Printing* juga memiliki toleransi pengurangan *finishing*. Peneliti juga akan membuat sebuah buku pedoman yang membantu operator dalam melakukan penyusunan pola potong di mesin *cutting*.

2.2. Dasar Teori

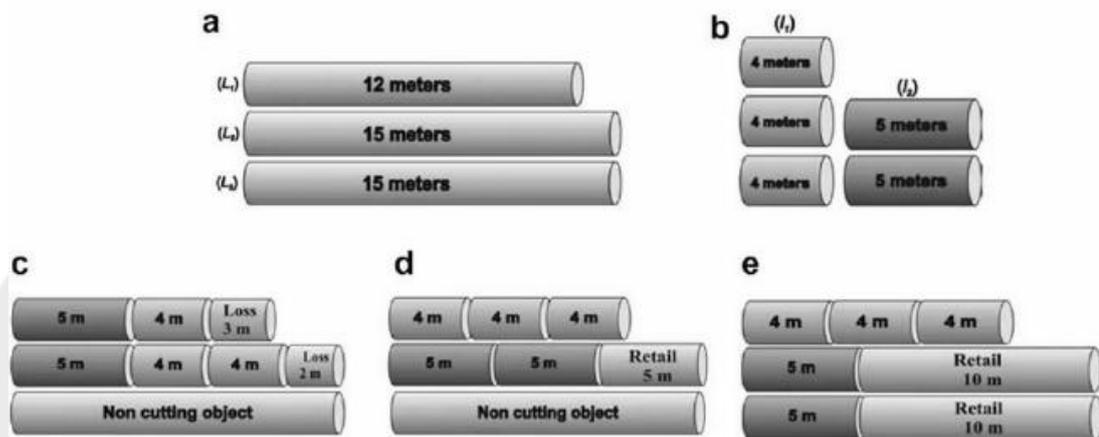
Penelitian ini erat hubungannya dengan *Cutting Stock Problem*. Pengertian secara umum mengenai *Cutting Stock Problem* adalah pemotongan objek yang panjang, yang tersedia sebagai stok atau bahan baku untuk sekumpulan objek yang lebih kecil sebagai pesanan untuk memenuhi permintaan, mengoptimasi fungsi objek, meminimasi total objek yang dipotong, minimasi *waste*, minimasi biaya dari pemotongan objek dan sebagainya (Chan *et al.*, 2011). Untuk lebih jelas berikut Gambar 2.1. dan Gambar 2.2. mengenai *Cutting Stock Problem*.



Gambar 2.1. Cutting Stock Problem dengan Satu Jenis Bahan Baku

(Sumber : Barberler *et al.* , 2011)

Gambar 2.1. dijelaskan bahwa L adalah panjang bahan baku yang tersedia. $\frac{2L}{3}$, $\frac{L}{2}$, $\frac{L}{3}$, $\frac{L}{4}$ merupakan sekumpulan pesanan dengan permintaan 1, 1, 4, 2 secara berturut-turut yang akan disusun dalam ukuran bahan baku L supaya *trim loss* minimum. Susunan pesanan dalam satu bahan baku disebut *cutting pattern* (Barbeler *et al.*, 2011).



Gambar 2.2. Cutting Stock Problem dengan Beberapa Jenis Panjang Bahan Baku (a) Jenis Bahan Baku; (b) Permintaan Konsumen; (c) Solusi 1; (d) Solusi 2; (e) Solusi 3

(Sumber : Cherri *et al.*, 2009)

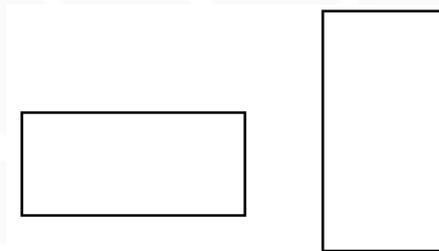
Gambar 2.2. menjelaskan tentang *Cutting Stock Problem* dengan lebih dari satu jenis panjang bahan baku. Bahan baku yang datang dari *suppliers* sangat kecil kemungkinannya memiliki ukuran yang selalu sama dengan ukuran yang dipesan oleh konsumen. Dari sinilah muncul yang disebut *Cutting Stock Problem*, di mana persediaan yang ada bisa memenuhi semua pesanan dari konsumen dengan sisa pemotongannya nol atau mendekati nol.

Cutting Stock Problem biasanya muncul pada industri kertas, industri baja, industri tekstil, industri batu, industri kayu, industri logam, dan sebagainya. *Cuting Stock Problem* di bedakan menjadi 3 jenis berdasarkan dimensinya yaitu *One Dimensional Cutting Stock Problem* yang hanya memiliki dimensi tunggal, *Two Dimensional Cutting Stock Problem* yang memiliki dimensi panjang dan lebar, dan *Three Dimensional Cutting Stock Problem* yang memiliki dimensi lebih dari 2.

Two Dimensional Cutting Stock Problem (2DCSP) umumnya banyak digunakan untuk suatu kumpulan bahan baku yang berbentuk *recatangular* besar atau yang berasal dari gulungan yang kemudian dipotong dari objek yang berbentuk

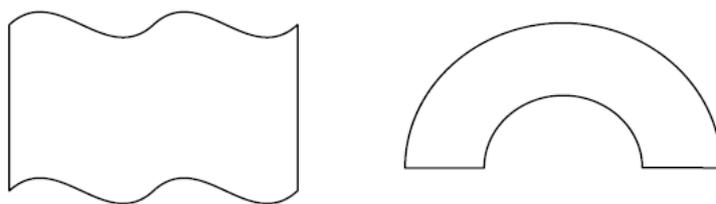
rectangular kecil. Tujuan dari pemotongan ini untuk meminimalkan sisa bahan baku yang akan dibuang dan meminimalkan total biaya, termasuk di dalamnya biaya bahan baku.

Two Dimensional Cutting Stock Problem dapat diklasifikasikan menjadi pemotongan bentuk *regular* (Gambar 2.3.) dan pemotongan bentuk *irregular* (Gambar 2.4.). Pemotongan bentuk *regular* merupakan pemotongan terhadap objek yang bentuknya beraturan atau berbentuk *rectangular* atau bentuk geometri lainnya yang banyak dipakai dalam industri pemotongan kertas, lembaran metal, dan industri kayu. Pemotongan bentuk *irregular* merupakan pemotongan terhadap objek yang bentuknya tidak beraturan karena bahan dipotong dengan bentuk apapun seperti yang dapat terjadi dalam industri baju, sepatu kulit, *furniture* (bentuk khusus), mobil, dan bahkan industri pesawat terbang.



Gambar 2.3. Bentuk *Regular*

(Sumber : Milone dan Kallrath. 2008)

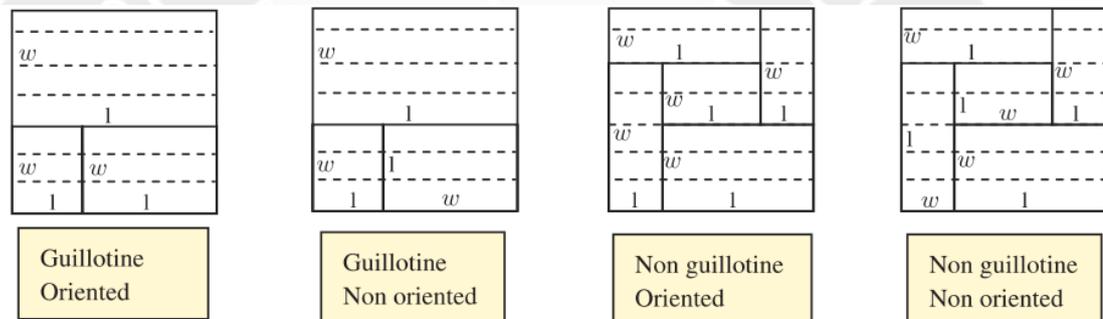


Gambar 2.4. Bentuk *Irregular*

(Sumber : Milone dan Kallrath. 2008)

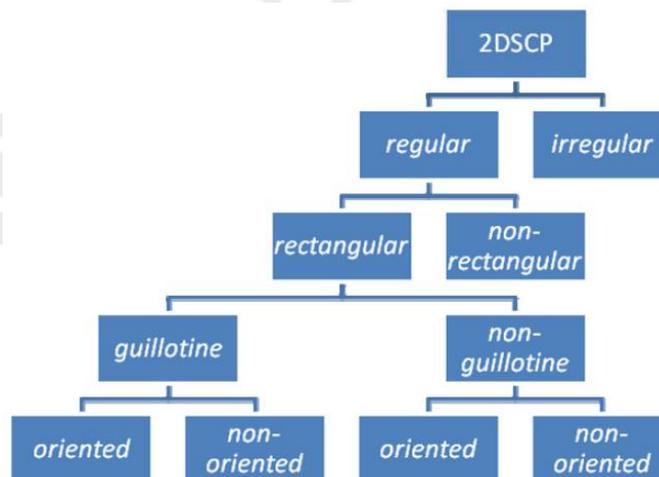
Bentuk pemotongan *regular rectangular* dapat menggunakan teknik pemotongan *guillotine* dan pemotongan *non guillotine*. Pemotongan *guillotine* yaitu pemotongan yang dilakukan dengan cara memotong dari ujung ke ujung bentuk *rectangle* tersebut sedangkan pemotongan *non guillotine* adalah pemotongan yang dilakukan tidak harus dari ujung ke ujung bentuk *rectangle*.

Pemotongan *rectangular* kemudian dapat diklasifikasikan menjadi pemotongan *Oriented* dan *non-oriented*. Pemotongan *Oriented* merupakan pemotongan *rectangular* di mana panjang dari bentuk yang akan dipotong disejajarkan parallel sesuai dengan panjang bahan baku utama. Dengan kata lain dalam pemotongan *Oriented* tidak dilakukan perputaran sama sekali sedangkan *non-oriented* merupakan pemotongan *rectangular* di mana panjang dari bentuk yang akan di potong dapat disejajarkan dengan lebar bahan baku (Mellouli dan Dammak, 2008). Dengan kata lain dalam pemotongan *non-oriented* dapat dilakukan perputaran (panjang pesanan dapat menjadi lebar pesanan atau lebar pesanan dapat menjadi panjang pesanan). Klasifikasi ini dapat diilustrasikan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Tipe Pemotongan

(Sumber : Mellouli dan Dammak, 2008)



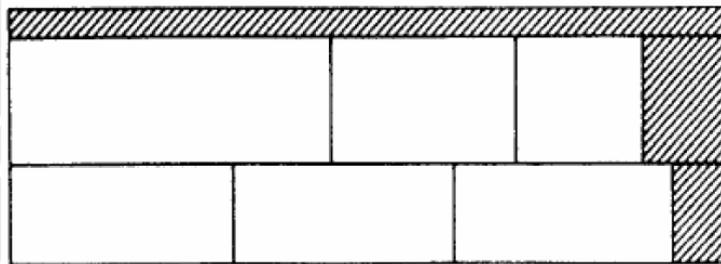
Gambar 2.6. Klasifikasi Two Dimensional Cutting Stock Problem

(Sumber : Suliman, 2006)

Dalam perkembangan algoritma *Two Dimensional Cutting Stock Problem*, muncul istilah *stage*. *Stage* dalam *Two Dimensional Cutting Stock Problem*

adalah berapa kali pemotongan horizontal dan vertikal harus dilakukan. Tiga jenis pola yang lazim digunakan sampai saat ini adalah *2-stage*, *3-stage*, dan *n-stage*.

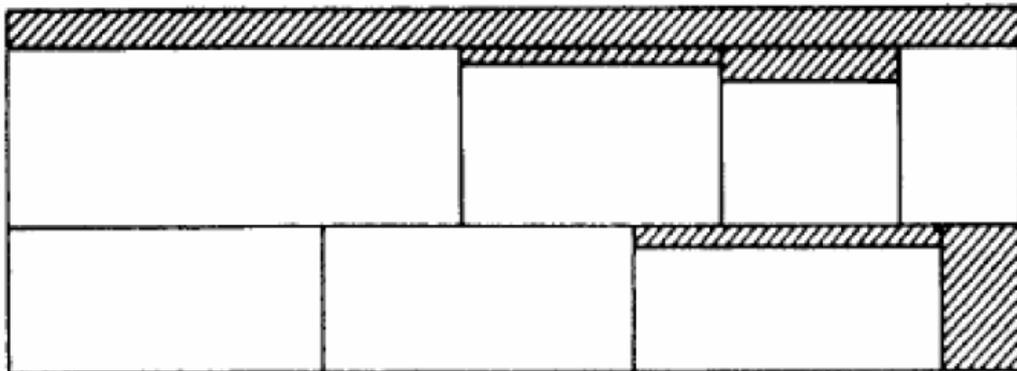
Pola *2-stage* hanya terjadi jika potongan yang diinginkan mempunyai ukuran tinggi yang sama. Disebut sebagai *2-stage* (dua tingkat) karena dalam pola ini terjadi 2 kali tahap potong, pertama memotong secara horizontal, kedua memotong secara vertikal.



Gambar 2.7. Pola 2-stage

(Sumber : Farley, 1988)

Pola *3-stage* sering dipakai dalam algoritma karena memudahkan peletakan dan memudahkan perhitungan. Potongan-potongan yang diinginkan dalam pola ini mempunyai ukuran yang bervariasi. Disebut *3-stage* (tiga tingkat) karena dalam pola ini terjadi 3 kali tahap potong, pertama memotong horizontal, kedua vertikal, yang terakhir memotong *waste* (sisa potong) yang terbentuk.

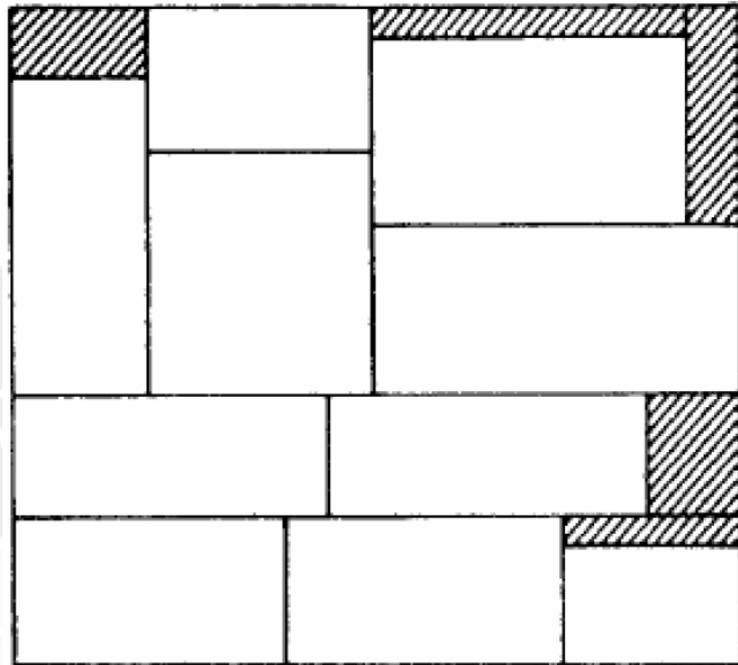


Gambar 2.8. Pola 3-stage

(Sumber : Farley, 1988)

Pola *n-stage* adalah hasil dari algoritma yang kompleks karena benar-benar menempatkan potongan sehingga diperoleh sisa potongan yang minimal. Potongan-potongan yang diinginkan dalam pola ini mempunyai ukuran yang

bervariatif juga. Disebut n-stage (n tingkat) karena kerumitan potongan dari pola yang terbentuk.



Gambar 2.9. Pola n-stage

(Sumber : Farley, 1988)

Berdasarkan dari sumber dikatakan bahwa Kantorovich adalah orang pertama yang memformulasikan *cutting stock problem*, namun Gilmore dan Gomory lah yang berhasil menyelesaikannya dengan apa yang sekarang kita sebut *linear programming problems* karena Kantorovich tidak membedakan antara *integer* dan *fractional cutting stock problems*. (Gilmore, 1979)