

# INTEGER PROGRAMMING DENGAN PENDEKATAN METODE BRANCH AND BOUND UNTUK OPTIMASI SISA MATERIAL BESI (WASTE ) PADA PLAT LANTAI (STUDI KASUS : PASAR ELPABES BANJARSARI SURAKARTA)

**Widi Hartono<sup>1)</sup>, Alfichri Dilian Yanuar Agus Putri<sup>2)</sup>, Sugiyarto<sup>3)</sup>**

<sup>1,3)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta  
Jalan Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069

<sup>2)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

## **ABSTRACT**

*Use of materials in the project implementation closely monitored both quality and quantity in accordance with the specifications and requirements that have been set. But the problem is, in the work field, material used by the workers can leave big piece of material waste. The aim of this research is to know visible optimum to optimize iron cutting for reducing iron waste and knowing how big the differences of the amount of pieces of iron in the work field and with Linear interger program. The location of the research is the construction of ELPABES market Banjarsari Surakarta in the year of 2013. The secondary data which is used is iron reinforcement data in the form of Bar Bending Schedule. The processing of the data using Branch and Bound Method and LINDO program. The secondary data which is used is iron reinforcement data in the form of Bar Bending Schedule. The processing of the data using Branch and Bound Method and LINDO.Program. Analysis result from Branch and Bound Method can optimization waste in iron cut from floor plate which is iron with diameter 12 mm. total of cut residue 141,35 m with saving percentage 1,5449% and iron with diameter 10 mm. total of cut residue 1208,3 m with saving percentage 4,0399%.*

**Keywords:** *Waste , Integer Programming , Method Branch And Bound, LINDO , Floor Plate.*

## **ABSTRAK**

Dalam pelaksanaan proyek penggunaan material diawasi dengan ketat baik kualitas maupun kuantitasnya sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan yang telah ditetapkan. Tetapi masalahnya di lapangan, penggunaan material oleh pekerja-pekerja di lapangan dapat menimbulkan sisa material yang cukup tinggi. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui optimum yang fisibel yang dapat mengoptimasi pemotongan besi tulangan agar sisa besi tulangan yang tidak digunakan seminimal mungkin dan mengetahui besar perbedaan sisa pemotongan besi tulangan di lapangan dengan sisa pemotongan besi tulangan yang sudah dilakukan dengan menggunakan analisis Pemograman Linear *Integer* Untuk pengolahan data ini menggunakan bantuan metode Branch And Bound dan program LINDO. Lokasi penelitian ini dilakukan pada pembangunan pasar ELPABES Banjarsari Surakarta. Dari hasil analisis penggunaan metode Branch And Bound dapat mengoptimasi waste pada pemotongan tulangan plat lantai yaitu besi berdiameter 12 didapatkan total sisa potongan 141,35 m dengan prosentase penghematan 1,5449 % dan besi berdiameter 10 didapatkan total sisa potongan 1208,3 m dengan prosentase penghematan 4,0399%.

**Kata Kunci :** *Waste , Integer Programming , Metode Branch And Bound, LINDO , Pelat Lantai.*

## **PENDAHULUAN**

Dalam pelaksanaan proyek, penggunaan material diawasi dengan ketat baik kualitas maupun kuantitasnya sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan yang telah ditetapkan.. Tetapi masalahnya di lapangan, penggunaan material oleh pekerja-pekerja di lapangan dapat menimbulkan sisa material yang cukup tinggi. Komponen potongan sisa material (*Waste* ) yang dominan terjadi dalam suatu proyek meliputi sisa-sisa potongan besi tulangan pada besi beton bertulang.

Dengan latar belakang diatas , perlu dilakukan penerapan salah satu alternatif untuk meminimalisasikan sisa potongan besi adalah dengan Pemograman *Linear Integer* (bilangan bulat). Dan menurut Siringoringo (2005) pemograman Linear bilangan bulat terdiri dari Metode *Branch and Bound* (cabang dan batas) adalah salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal pemrograman linear yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat.

## **TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini antara lain mengetahui optimum yang fisibel sehingga dapat mengoptimasi pemotongan besi tulangan agar sisa besi tulangan yang tidak digunakan seminimal mungkin dan mengetahui besar perbedaan sisa pemotongan besi tulangan di lapangan dengan sisa pemotongan besi tulangan yang sudah dilakukan dengan menggunakan analisis Pemograman Linear *Integer*.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Zahedi (2010) melakukan penelitian tentang Metode *Integer Linear Programming* melakukan optimalisasi produksi di PT. NP Tbk. Dimana dilakukannya perhitungan terhadap optimalisasi produksi dengan tujuan maksimasi keuntungan. Dari hasil perhitungan didapatkan jumlah produksi yang optimal yaitu N50 sebanyak 49.074 unit, NS70 sebanyak 25.711 unit, GM5Z-3B sebanyak 117.415 unit dan 12N5 sebanyak 18.292 unit dengan total keuntungan Rp 14.402.032.140,00.

Vivi Triyanti dan Orlena Tritasari (2008) melakukan penelitian tentang Metode *Integer Linear Programming* untuk memberi usulan perbaikan metode pemilihan alternatif pemotongan roll dengan model trim loss di PT. Pelita Cengkareng Paper dan Co Tangerang. Dimana membuat model berdasarkan 2 fungsi tujuan yaitu minimasi sisa pemotongan untuk model I dan memaksimalkan keuntungan dalam bentuk bobot keuntungan. Berdasarkan hasil penelitian ini, total sisa dari minimasi sisa adalah sebesar 1790 cm dan total keuntungan dari model maksimasi keuntungan adalah sebesar 16777,5 dalam bobot keuntungan yang meningkat dari 14643,75 dengan menggunakan sistem sekarang.

## LANDASAN TEORI

Program linear merupakan metode matematika untuk mengalokasikan suatu sumber daya yang biasanya terbatas untuk mencapai hasil yang optimal, misalnya memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan suatu material. Dan Integer Programming adalah sebuah model matematis yang memungkinkan hasil penyelesaian kasus pada Pemrograman Linier yang berupa bilangan bulat.

Bentuk umum model Program Integer adalah :

$$\text{Minimasi } Z = \sum c_j x_j \dots\dots\dots \text{ pers [1]}$$

Kendala

$$\sum a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots \text{ pers [2]}$$

Dimana

$X_j$  = banyak kegiatan,  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$Z$  = Nilai fungsi tujuan,

$C_j$  = Sumber per-unit,

$b$  = Maksimasi panjang besi 12 m.

$a_{ij}$  = Panjang sisa (waste) pemotongan

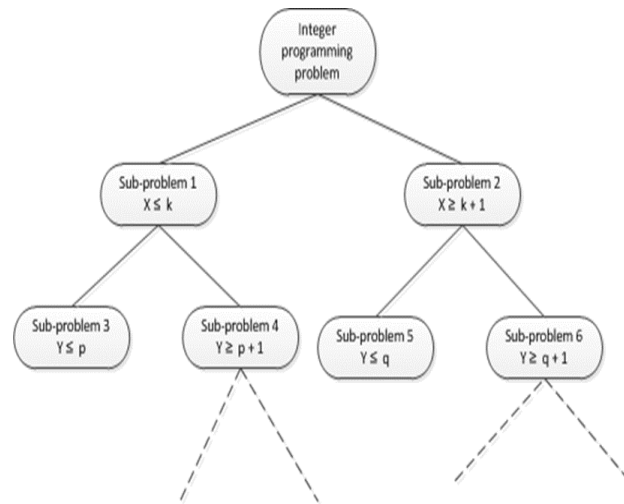
**Model program linear dari masalah-masalah ini memperlihatkan karakteristik - karakteristik umum seperti :**

- a. Fungsi tujuan untuk dimaksimalkan dan diminimumkan.
- b. Kumpulan batasan-batasan.
- c. Variabel-variabel keputusan untuk mengukur tingkatan aktivitas.
- d. Semua hubungan batasan dan fungsi tujuan adalah linear

### Metode Solusi Dalam *Integer Linear Programming*

#### Metode Pendekatan *Branch dan Bound*

Metode ini merupakan salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal program linier yang menghasilkan variable-variable keputusan bilangan bulat. Sesuai dengan namanya, metode ini membatasi penyelesaian optimum yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan cara membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variable keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru.



Gambar 1 Percabangan Metode *Branch And Bound*

### Programing LINDO

Dengan menggunakan software ini memungkinkan perhitungan masalah pemrograman linear dengan n variabel. Prinsip kerja utama Lindo adalah memasukkan data, menyelesaikan, serta menaksirkan kebenaran dan kelayakan data berdasarkan penyelesaiannya.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan September 2013 .Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan yang masih berjalan khususnya masih dalam pekerjaan struktur bawah Plat lantai. Proyek masih berjalan sekitar 10%-30%.

### ANALISIS FUNGSI TUJUAN

Persamaan matematis optimasi pemotongan besi Ø 12 sebagai berikut:

$$\text{MINIMUM } Z = 0,0X_1 + 0,5X_2 + 0,75X_3 + 0,5X_4 + 0,3X_5 + 0,8X_6 + 0,3X_7 + 0,0X_8 + 0,0X_9 + 0,5X_{10} + 0,8X_{11} + 0,5 X_{12} + 0,0 X_{13} + 0,8 X_{14} + 0,3X_{15} + 0,75 X_{16} + 0,5 X_{17} + 0,5 X_{18} + 0,0 X_{19} + 0,5X_{20} + 0,0X_{21} + 0,5X_{22} + 0,5 X_{23} + 0,0 X_{24} + 0,0X_{25} + 0,0X_{26} + 0,5X_{27} + 0,0 X_{28} + 0,0X_{29} + 0,5 X_{30} + 0,0 X_{31} + 0,75X_{32} + 0,3X_{33} + 0,3X_{34} + 0,75X_{35} + 0,0X_{36} + 0,0X_{37} + 0,25X_{38} + 0,3X_{39} + 0,5X_{40} + 0,75X_{41} + 0,75X_{42} + 0,25X_{43} + 0,3 X_{44} + 0,0X_{45} + 0,5X_{46} + 0,0X_{47} + 0,0X_{48} + 0,0X_{49} + 0,25X_{50}$$

Dengan pembatas :

$$\begin{aligned} X_3 + X_8 + X_9 + X_{32} + X_{39} + X_{40} &\geq 63 \\ X_2 + X_4 + X_6 + X_{12} + X_{40} + X_{41} &\geq 67 \\ X_4 + 2 X_9 + X_{17} + X_{29} + X_{38} + X_{40} + X_{41} + X_{43} + X_{47} + X_{48} + X_{49} + X_{50} &\geq 134 \\ X_3 + X_{16} + 2X_{17} + X_{32} + X_{35} + X_{38} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{50} &\geq 113 \\ X_3 + 2X_9 + X_{10} + X_{16} + X_{20} + X_{21} + X_{30} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{43} + X_{46} + X_{48} &\geq 156 \\ X_2 + X_8 + 2X_{11} + X_{17} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{43} &\geq 89 \\ X_5 + X_6 + X_7 + X_{11} + X_{14} + X_{15} + X_{33} + X_{34} + X_{39} + X_{44} &\geq 110 \\ X_3 + X_{12} + 2X_{21} + X_{23} + X_{28} + X_{29} + X_{41} + X_{47} + X_{49} &\geq 108 \\ X_{18} + X_{29} + X_{36} + X_{37} + X_{45} + X_{47} + X_{49} &\geq 98 \\ X_6 + X_{12} + X_{16} + X_{22} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} &\geq 103 \\ X_{22} + X_{27} &\geq 34 \\ X_2 + X_{18} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{48} + X_{50} &\geq 81 \\ X_{14} + X_{23} + X_{36} + X_{37} + X_{45} &\geq 57 \\ X_4 + X_5 + X_7 + X_8 + X_{15} + X_{28} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{44} &\geq 105 \\ X_{10} + X_{20} + X_{30} + X_{35} + X_{42} + X_{46} &\geq 64 \\ X_1 + X_{13} + X_{19} + X_{31} &\geq 43 \end{aligned}$$

Persamaan matematis optimasi pemotongan besi Ø 10 sebagai berikut:

$$\text{MINIMUM } Z = 0,0X_1 + 0,5X_2 + 0,25X_3 + 0,5X_4 + 0,6X_5 + 0,3X_6 + 0,5X_7 + 0,6X_8 + 0,3X_9 + 0,8X_{10} + 0,5X_{11} + 0,0X_{12} + 0,0X_{13} + 0,5X_{14} + 0,0X_{15} + 0,0X_{16} + 0,5X_{17} + 0,25X_{18} + 0,25X_{19} + 0,0X_{20} + 0,5X_{21} + 0,5X_{22} + 0,5X_{23} + 0,0X_{24} + 0,5X_{25} + 0,3X_{26} + 0,5X_{27} + 0,0X_{28} + 0,3X_{29} + 0,1X_{30} + 0,5X_{31} + 0,0X_{32} + 0,8X_{33} + 0,5X_{34} + 0,0X_{35} + 0,5X_{36} + 0,75X_{37} + 0,0X_{38} + 0,0X_{39} + 0,5X_{40} + 0,0X_{41} + 0,0X_{42} + 0,2X_{43} + 0,8X_{44} + 0,0X_{45} + 0,2X_{46} + 0,8X_{47} + 0,2X_{48} + 0,2X_{49} + 0,2X_{50}$$

**Dengan Pembatas**

$$\begin{aligned} X_5 + X_8 + X_9 + X_{30} &\geq 7 \\ 3X_3 + X_{36} + X_{37} &\geq 23 \\ X_6 + 2X_{13} + X_{18} + X_{19} &\geq 267 \\ X_6 + X_7 + X_{17} + X_{20} + X_{21} + X_{22} &\geq 62 \\ X_6 + 3X_7 + X_9 + X_{11} + 3X_{17} + X_{23} + X_{38} &\geq 149 \\ X_{12} + X_{25} + X_{27} + X_{40} &\geq 110 \\ X_6 + X_9 + X_{26} + X_{29} &\geq 107 \\ X_6 + X_9 + X_{26} + X_{34} + X_{39} &\geq 142 \\ X_{10} + X_{32} + X_{42} &\geq 254 \\ X_{10} + X_{33} + X_{43} + X_{44} + X_{46} + X_{47} + X_{48} + X_{50} &\geq 67 \\ X_{33} + X_{44} + X_{47} + 2X_{49} &\geq 99 \\ X_3 + X_{43} + X_{46} + X_{48} + X_{50} &\geq 78 \\ X_{32} + X_{34} + X_{42} &\geq 228 \\ X_{26} + X_{29} + X_{39} &\geq 74 \\ X_{13} + X_{25} + X_{27} + X_{40} &\geq 134 \\ X_{11} + X_{12} + X_{23} &\geq 140 \\ X_{21} + X_{22} + X_{38} &\geq 1178 \\ X_{20} + X_{37} &\geq 338 \\ X_{18} + X_{19} + X_{36} &\geq 190 \\ X_5 + X_8 &\geq 212 \\ X_{30} &\geq 165 \\ X_2 + X_4 + X_{14} + X_{31} &\geq 233 \\ X_1 + X_{15} + X_{16} + X_{24} + X_{28} + X_{35} + X_{41} + X_{45} &\geq 783 \end{aligned}$$

**PENYELESAIN DENGAN METODE BRANCH AND BOUND**

**1. Untuk hasil persamaan matematis optimasi pemotongan besi besi Ø 12 sebagai berikut:**

- a. Menentukan variabel keputusan dengan bantuan program LINDO dan menghasilkan solusi optimal objective function ( Z ) = 147,5 , optimal variabel keputusan X1 = 49 , X5 = 110 , X8 = 22 , X9 = 12,5 , X25 = 69 , X27 = 34 , X36 = 57 , X40 = 67 , X46 = 64 , X49 = 108 , X50 = 113 dan sisa variabel keputusan lainnya menghasilkan 0. Ternyata optimal variabel keputusan X9 = 12,5.
- b. Membuat Persamaan Matematis Optimasi Kembali dengan Kendala Berbeda. Batas bawah yang dibulatkan keatas yaitu X9 = 12,5 menjadi dua nilai bulat terdekat terhadap 12,5 adalah 13 dan 14. Sehingga diperoleh dua masalah baru melalui dua kendala mutually exclusive , X9 ≥ 13 dan X9 ≤ 14

Subpersoalan I

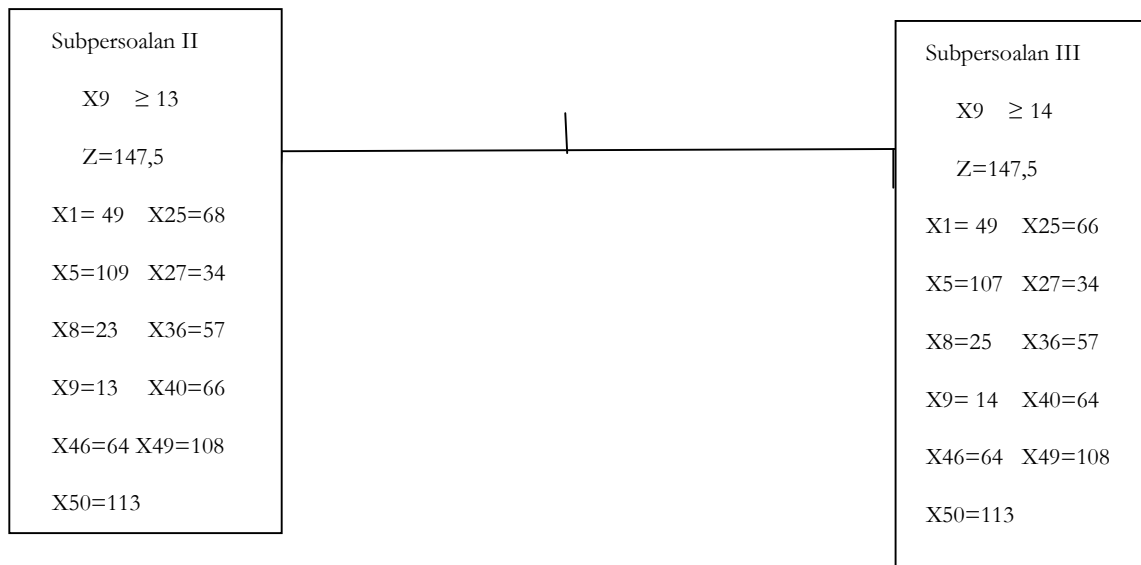
$$Z=147,5$$

$$X1= 49 \quad X25=69$$

$$X5=110 \quad X27=34$$

$$X8=22 \quad X36=57$$

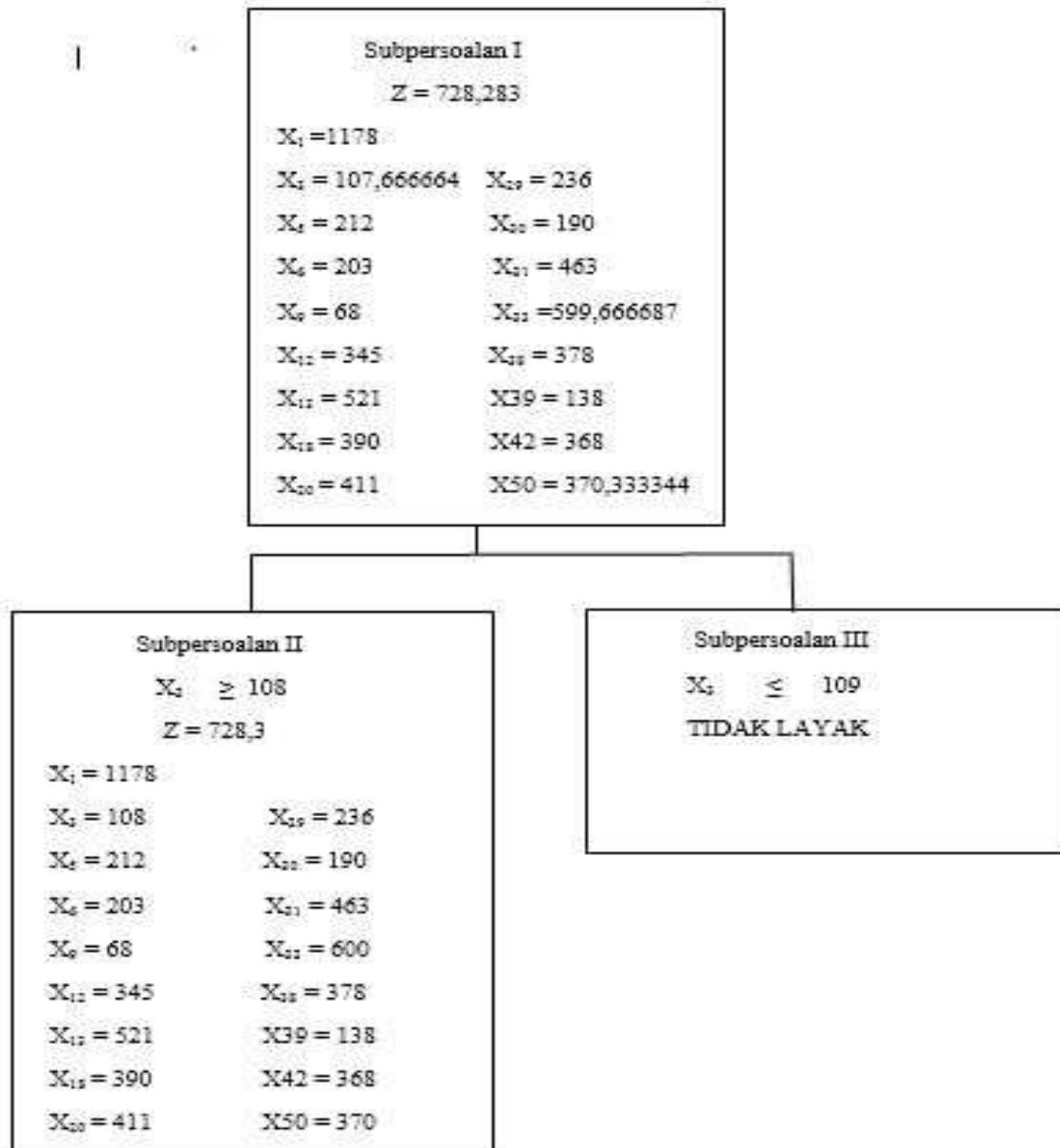
$$X9=12,5 \quad X40=67$$



**Gambar 2.** Diagram Hasil Metode *Branch And Bound* besi Ø 12

**2. Untuk hasil persamaan matematis optimasi pemotongan besi Ø 10 sebagai berikut:**

- a. Menentukan variabel keputusan dengan bantuan program LINDO dan menghasilkan solusi optimal objective function ( $Z$ ) = 108 , optimal variabel keputusan  $X_1 = 1178$  ,  $X_3 = 107,666664$  ,  $X_5 = 212$  ,  $X_6 = 203$  ,  $X_9 = 68$  ,  $X_{12} = 345$  ,  $X_{13} = 521$  ,  $X_{18} = 390$  ,  $X_{20} = 441$  ,  $X_{29} = 236$  ,  $X_{30} = 190$  ,  $X_{31} = 463$  ,  $X_{33} = 599,666687$  ,  $X_{38} = 378$  ,  $X_{39} = 138$  ,  $X_{42} = 368$  ,  $X_{50} = 370$  , dan sisa variabel keputusan lainnya menghasilkan 0. Ternyata optimal variabel keputusan  $X_3 = 107,666664$ .
- b. Membuat Persamaan Matematis Optimasi Kembali dengan Kendala Berbeda.  
Batas bawah yang dibulatkan keatas yaitu  $X_3 = 107,666664$  menjadi dua nilai bulat terdekat terhadap **107,666664** adalah 108 dan 109. Sehingga diperoleh dua masalah baru melalui dua kendala mutually exclusive ,  $X_3 \geq 108$  dan  $X_3 \leq 109$



Gambar 3. Diagram Hasil Metode *Branch And Bound* besi Ø 10

## SIMPULAN

Dari analisis diperoleh bahwa penggunaan metode *branch and bound* dibantu dengan program LINDO menghasilkan optimum *waste* tulangan besi pelat lantai sebagai berikut :

1. Hasil sisa potongan besi tulangan sebagai berikut :
  - Berdiameter 12 didapatkan total sisa potongan 141,35 m
  - Berdiameter 10 didapatkan total sisa potongan 1208,3 m
2. Berbandingan jumlah batang dilapangan dan hasil metode *Branch And Bound*
  - a. Besi tulangan berdiameter 12
    - Total batang dilapangan 712 batang.
    - Total batang oleh metode *Branch And Bound* 701 batang.
    - Terjadi penghematan 1,5449 %
  - b. Besi tulangan berdiameter 10
    - Total batang dilapangan 6436 batang
    - Total batang oleh metode *Branch And Bound* 6176 batang.
    - Terjadi penghematan 4,0399 %

Penggunaan metode *branch and bound* merupakan metode yang berhasil untuk menghasilkan optimum tetapi metode ini memiliki kelemahan yaitu diperlukan pemecahan masalah *linear programming* untuk setiap percabangan. Dalam masalah yang besar dapat memakan banyak waktu.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Widi Hartanto dan Bapak Ir. Sugiyarto, M.T. atas bimbingan, waktu dan bantuan sehingga dapat tugas akhir dan jurnal ini dapat selesai dengan baik. Penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada sahabat sipil 2009 dan Rizky yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.

### REFERENSI

- Triyanti, Vivi dan Tritasari, Orlena . 2008. Usulan Perbaikan Metode Pemilihan Alternatif Pemotongan Roll Dengan Model Trim Loss – Integer Linear Programming . Jurnal . Universitas Katolik Unika Atma Jaya. Jakarta.
- Alannuariputri, Yuhendra Ajeng dan Sumarminingsih,Eni. 2011. INTEGER PROGRAMMING dengan Pendekatan Metode Branch And Bound Dan Metode Cutting Plane Untuk Optimasi Kombinasi Produk(Studi Kasus: Perusahaan Diva Sanytari). Jurnal. Jurusan Matematika. FMIPA Universitas Brawijaya . Malang
- Supranto, Johannes. 2005 . Riset Operasi Untuk pengambilan Keputusan , Edisi Revisi Jakarta: Universitas Indonesia.
- Aminudin. 2005. Prinsip-Prinsip Riset Operai. Jakarta : Erlangga.
- Nurkertaman, Denny dan Saptadi, Singgih dan Adhika Permansasari. 2011. Optimasi Cutting Stok Pada Industri Pemotongan Kertas Dengan Menggunakan Integer Linear Programming ( Studi Kasis Di Bhineka – Semarang) . Jurnal . Teknik Industri . FT UNDIP. Semarang.
- Widjaja, Katarina Raninda . 2008. Penanganan Kontraktor terhadap Direct Wast Material Pada Proyek Kontruksi Di Surabaya . Jurnal . Universitas Kritis Petra. Surabaya.
- Zahedi .2010 .Metode Integer Linear Programming Melakukan Optimai Produksi Di PT.NP Tbk. Jurnal .Jakarta
- Kork, Man.2013. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi Dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi Pada Pekerjaan Balok Dengan Program Microsoft Excel. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bustani, Henry. 2005. Fundamental Operation Research. Jakarta:Gramedia.
- RSNI3. 2002.Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk bangunan Gedung.Pp 37-38.