

SKRIPSI

PENCARIAN JUMLAH KAMERA STATIS MINIMUM  
DALAM SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN *BINARY  
INTEGER PROGRAMMING*



Prayogo Cendra

NPM: 2014730033

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2018



**UNDERGRADUATE THESIS**

**FINDING MINIMUM STATIC CAMERA IN A ROOM USING  
BINARY INTEGER PROGRAMMING**



**Prayogo Cendra**

**NPM: 2014730033**

**DEPARTMENT OF INFORMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2018**





**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENCARIAN JUMLAH KAMERA STATIS MINIMUM DALAM  
SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN *BINARY INTEGER*  
*PROGRAMMING***

**Prayogo Cendra**

**NPM: 2014730033**

**Bandung, 18 Mei 2018**

**Menyetujui,**

**Pembimbing ,**



**Dr. Veronica Sri Moertini**

**Ketua Tim Penguji**



**Chandra Wijaya, M.T.**

**Anggota Tim Penguji**



**Kristopher David Harjono, M.T.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi**



**Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng**





## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **PENCARIAN JUMLAH KAMERA STATIS MINIMUM DALAM SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN *BINARY INTEGER PROGRAMMING***

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 18 Mei 2018



Prayogo Cendra  
NPM: 2014730033



## ABSTRAK

Kamera merupakan alat optik yang digunakan untuk mengambil gambar. Salah satu penggunaan kamera dalam kehidupan sehari-hari adalah kamera CCTV (*closed-circuit television*). Kamera CCTV digunakan untuk memantau suatu lokasi dengan tujuan pengawasan dan keamanan. Kamera CCTV pada umumnya dipasang di tempat yang strategis agar mendapat cakupan seefektif mungkin.

Penempatan kamera CCTV dalam ruangan kecil yang berbentuk sederhana (persegi panjang) relatif tidak sulit. Kamera CCTV yang dibutuhkan pada umumnya berjumlah dua buah dan dipasang di kedua sudut ruangan yang merupakan satu diagonal sehingga saling berhadapan. Namun, jika ruangan berukuran besar, maka penempatan kamera CCTV dengan cara tersebut menjadi tidak efektif karena kamera CCTV tidak dapat memantau bagian ruangan yang berjarak terlalu jauh dari lokasi penempatan kamera CCTV.

Pada penelitian ini, masalah tersebut akan dianalisis lebih lanjut dan diselesaikan. Solusi yang diharapkan dari masalah ini adalah penempatan-penempatan kamera CCTV yang berjumlah minimum yang dapat mencakup seluruh isi ruangan. Terdapat metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini, yaitu dengan menggunakan metode *binary integer programming*. Setelah memodelkan masalah ke dalam bentuk *binary integer programming*, hasil pemodelan tersebut akan diselesaikan menggunakan algoritma *Balas's additive*. Dengan demikian, masalah ini dapat diselesaikan dan solusinya dapat ditemukan.

Pada penelitian ini juga akan dibangun sebuah perangkat lunak yang dapat menyelesaikan masalah tersebut. Perangkat lunak yang dibangun akan menggunakan tampilan antarmuka grafis dengan tujuan memvisualisasikan solusi penempatan kamera CCTV dalam ruangan. Dengan visualisasi, solusi penempatan kamera CCTV dalam ruangan akan lebih mudah untuk dipahami.

**Kata-kata kunci:** kamera, penempatan kamera, *linear programming*, *binary integer programming*, *balas additive*



## ABSTRACT

The camera is an optical tool used to take pictures. One use of the camera in everyday life is a CCTV (closed-circuit television) camera. CCTV cameras are used to monitor a location for surveillance and security purposes. CCTV cameras are generally installed in strategic places to get the most effective coverage possible.

The placement of CCTV camera in a small simple shaped (rectangle) room is relatively easy. CCTV cameras that are needed mostly two and installed in both corners of the room which is a diagonal so they facing each other. However, if the room is large, then the placement of CCTV cameras in such a way becomes ineffective because CCTV cameras can not monitor the part of the room that is too far away from the location of CCTV camera placement.

In this study, the problem will be further analyzed and completed. The expected solution of this problem is the placement of a minimum CCTV camera that can cover the entire contents of the room. There is a method used to solve this problem, by using binary integer programming method. After modeling the problem into the binary integer programming form, the modeling results will be resolved using the Balas's additive algorithm. Thus, this problem can be solved and the solution can be found.

In this research, a software that can solve the problem will also be built. The built software will use a graphical interface display with the aim of visualizing indoor CCTV camera placement solutions. With visualizations, indoor CCTV camera placement solutions will be easier to understand.

**Keywords:** camera, camera placement, linear programming, binary integer programming, balas additive



*dipersembahkan untuk kedua orang tua penulis*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-NYA yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pencarian Jumlah Kamera Statis Minimum dalam Suatu Ruangan Menggunakan *Binary Integer Programming*". Selama proses penyusunan, penulis menemukan berbagai hal baru yang sangat bermanfaat untuk menambah pengetahuan dan juga memperluas wawasan. Melalui prakata ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kepada setiap pihak yang telah meluangkan waktu dan usahanya dalam membantu proses penyusunan tugas akhir ini. Secara khusus penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Papa dan Mama yang telah bekerja keras memberikan dukungan edukasi bagi penulis.
2. Bapak Claudio Franciscus, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra Wijaya, M.T., dan Bapak Kristopher David Harjono, M.T., selaku dosen penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran terhadap tugas akhir ini.
4. Kedua kakak kandung, William Cendra dan Lunel Cendra yang telah memberikan kritik, saran, dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Ivan Tjahya Wiguna yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk berbagi ilmu bersama penulis.
6. Cecilia Stefiany yang telah memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman penulis, Kresna Dwi Cahyo, Kevin Pratama, Johannes Kalas Guna Kinasah, Melinda Nur Abianti, dan teman-teman lainnya yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Namun, penulis berharap bahwa penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi setiap pihak yang membutuhkan.

Bandung, Mei 2018

Penulis



# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan Masalah . . . . .	2
1.5 Metodologi . . . . .	2
1.6 Sistematika Pembahasan . . . . .	3
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Linear Programming</i> . . . . .	5
2.1.1 Karakteristik . . . . .	5
2.1.2 Daerah <i>Feasible</i> dan Solusi Optimal . . . . .	6
2.2 <i>Binary Integer Programming</i> . . . . .	7
2.2.1 Algoritma <i>Balas's Additive</i> . . . . .	8
2.3 Penelitian Terkait . . . . .	9
<b>3 ANALISIS</b>	<b>13</b>
3.1 Analisis Pemodelan Masalah . . . . .	13
3.1.1 Ruang . . . . .	13
3.1.2 Kamera CCTV . . . . .	15
3.1.3 Cakupan Kamera CCTV . . . . .	15
3.2 Analisis Penyelesaian Masalah Menggunakan <i>Binary Integer Programming</i> . . . . .	18
3.2.1 Variabel . . . . .	18
3.2.2 Fungsi Tujuan . . . . .	19
3.2.3 Batasan . . . . .	19
3.2.4 Model Masalah <i>Binary Integer Programming</i> . . . . .	19
3.3 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak . . . . .	20
3.3.1 Diagram <i>Use Case</i> dan Skenario . . . . .	20
3.3.2 Kebutuhan Masukan Perangkat Lunak . . . . .	20
3.3.3 Kebutuhan Keluaran Perangkat Lunak . . . . .	21
3.3.4 Diagram Kelas Sederhana . . . . .	21
<b>4 PERANCANGAN</b>	<b>23</b>
4.1 Perancangan Antarmuka . . . . .	23
4.2 Perancangan Kelas . . . . .	24
4.2.1 Kelas <i>Angle</i> . . . . .	27
4.2.2 Kelas <i>Point</i> . . . . .	28

4.2.3	Kelas <i>CameraSpecification</i> . . . . .	29
4.2.4	Kelas <i>CameraPlacement</i> . . . . .	29
4.2.5	Kelas <i>Dimension</i> . . . . .	30
4.2.6	Kelas <i>Cell</i> . . . . .	30
4.2.7	Kelas <i>CellMatrix</i> . . . . .	31
4.2.8	Kelas <i>Room</i> . . . . .	32
4.2.9	Kelas <i>MinimumCameraPlacementSolver</i> . . . . .	33
4.2.10	Kelas <i>MinimumCameraPlacementSolverBalasAdditive</i> . . . . .	34
4.2.11	Kelas <i>Variable</i> . . . . .	34
4.2.12	Kelas <i>BIPFunction</i> . . . . .	35
4.2.13	Kelas <i>BIPConstraint</i> . . . . .	35
4.2.14	Kelas <i>BIPProblem</i> . . . . .	36
4.2.15	Kelas <i>BIPFeasibilityCheckResult</i> . . . . .	36
4.2.16	Kelas <i>Node</i> . . . . .	37
4.2.17	Kelas <i>NodeStatus</i> . . . . .	38
4.2.18	Kelas <i>BalasAdditiveBIPSolver</i> . . . . .	38
4.2.19	Kelas <i>BalasAdditiveBIPSolverResult</i> . . . . .	39
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN</b>	<b>41</b>
5.1	Lingkungan Implementasi Perangkat Keras . . . . .	41
5.2	Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak . . . . .	41
5.3	Implementasi Antarmuka . . . . .	41
5.4	Pengujian Perangkat Lunak . . . . .	42
5.4.1	Pengujian 1 . . . . .	42
5.4.2	Pengujian 2 . . . . .	43
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
6.1	Kesimpulan . . . . .	45
6.2	Saran . . . . .	45
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>47</b>
	<b>A KODE PROGRAM</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Contoh masalah <i>linear programming</i> dengan daerah <i>feasible</i> . . . . .	6
2.2	<i>Corner points</i> pada daerah <i>feasible</i> . . . . .	7
2.3	Contoh masalah <i>linear programming</i> tanpa daerah <i>feasible</i> . . . . .	7
2.4	Pemodelan daerah cakupan kamera pada penelitian terkait . . . . .	10
3.1	Pemodelan ruangan . . . . .	14
3.2	Pemecahan ruangan menjadi matriks <i>cell</i> . . . . .	14
3.3	Pemodelan kamera CCTV . . . . .	15
3.4	Penempatan kamera CCTV dalam ruangan . . . . .	16
3.5	Cakupan kamera CCTV yang terdiri dari kumpulan <i>cell</i> . . . . .	16
3.6	<i>Overlap cell</i> dan <i>out of bound cell</i> . . . . .	18
3.7	Diagram <i>use case</i> . . . . .	20
3.8	Diagram kelas sederhana untuk <i>package</i> model . . . . .	21
3.9	Diagram kelas sederhana untuk <i>package</i> bip dan <i>subpackage</i> <i>balasadditive</i> . . . . .	22
4.1	Perancangan antarmuka penerima masukan . . . . .	23
4.2	Perancangan antarmuka penempatan kamera CCTV . . . . .	24
4.3	Diagram kelas rinci untuk <i>package</i> model . . . . .	25
4.4	Diagram kelas rinci untuk <i>package</i> bip dan <i>subpackage</i> <i>balasadditive</i> . . . . .	26
4.5	Diagram kelas <i>Angle</i> . . . . .	27
4.6	Diagram kelas <i>Point</i> . . . . .	28
4.7	Diagram kelas <i>CameraSpecification</i> . . . . .	29
4.8	Diagram kelas <i>CameraPlacement</i> . . . . .	29
4.9	Diagram kelas <i>Dimension</i> . . . . .	30
4.10	Diagram kelas <i>Cell</i> . . . . .	30
4.11	Diagram kelas <i>CellMatrix</i> . . . . .	31
4.12	Diagram kelas <i>Room</i> . . . . .	32
4.13	Diagram kelas <i>MinimumCameraPlacementSolver</i> . . . . .	33
4.14	Diagram kelas <i>MinimumCameraPlacementSolverBalasAdditive</i> . . . . .	34
4.15	Diagram kelas <i>Variable</i> . . . . .	34
4.16	Diagram kelas <i>BIPFunction</i> . . . . .	35
4.17	Diagram kelas <i>BIPConstraint</i> . . . . .	35
4.18	Diagram kelas <i>BIPProblem</i> . . . . .	36
4.19	Diagram kelas <i>BIPFeasibilityCheckResult</i> . . . . .	36
4.20	Diagram kelas <i>Node</i> . . . . .	37
4.21	Diagram kelas <i>NodeStatus</i> . . . . .	38
4.22	Diagram kelas <i>BalasAdditiveBIPSolver</i> . . . . .	38
4.23	Diagram kelas <i>BalasAdditiveBIPSolverResult</i> . . . . .	39
5.1	Antarmuka penerima masukan . . . . .	42
5.2	Antarmuka penempatan kamera CCTV . . . . .	42
5.3	Diagram hubungan jumlah <i>cells</i> terhadap jumlah variabel . . . . .	43

5.4	Diagram perbandingan jumlah iterasi antara <i>Balas's additive</i> dengan <i>exhaustive search</i> ( $2^n$ ) . . . . .	44
-----	--	----

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kamera merupakan alat optik yang digunakan untuk mengambil gambar. Salah satu penggunaan kamera dalam kehidupan sehari-hari adalah kamera CCTV (*closed-circuit television*). Kamera CCTV digunakan untuk memantau suatu lokasi dengan tujuan pengawasan dan keamanan. Kamera CCTV pada umumnya dipasang di tempat yang strategis agar mendapat cakupan seefektif mungkin. Kamera CCTV bekerja dengan cara mengirimkan sinyal video menuju monitor khusus CCTV yang pada umumnya berada di tempat yang berbeda. Monitor ini akan dipantau oleh petugas keamanan sehingga petugas keamanan dapat memantau lokasi tersebut tanpa perlu mendatanginya secara langsung.

Penempatan kamera CCTV dalam ruangan kecil yang berbentuk sederhana (persegi panjang) relatif tidak sulit. Kamera CCTV yang dibutuhkan pada umumnya berjumlah dua buah dan dipasang di kedua sudut ruangan yang merupakan satu diagonal sehingga saling berhadapan. Namun, jika ruangan berukuran besar, maka penempatan kamera CCTV dengan cara tersebut menjadi tidak efektif karena kamera CCTV tidak dapat memantau bagian ruangan yang berjarak terlalu jauh dari lokasi penempatan kamera CCTV. Untuk mengatasi masalah ini, pada ruangan tersebut dapat ditambahkan kamera-kamera CCTV hingga seluruh bagian dalam ruangan tercakup oleh kamera CCTV. Hal ini menyebabkan masalah lainnya, yaitu ketika menentukan jumlah minimum kamera CCTV yang dibutuhkan beserta dengan lokasi penempatannya. Apabila kamera CCTV yang dipasang berjumlah terlalu banyak, maka terdapat bagian ruangan yang setidaknya dicakup oleh 2 atau lebih kamera CCTV sehingga tidak efisien.

Pada penelitian ini, masalah tersebut akan dianalisis lebih lanjut dan diselesaikan. Solusi yang diharapkan dari masalah ini adalah penempatan-penempatan kamera CCTV yang berjumlah minimum yang dapat mencakup seluruh isi ruangan. Terdapat metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini, yaitu dengan menggunakan metode *binary integer programming*. *Binary integer programming* merupakan metode untuk mendapatkan solusi terbaik dari suatu masalah dengan cara memodelkannya ke dalam bentuk matematika. Setelah memodelkan masalah ke dalam bentuk *binary integer programming*, hasil pemodelan tersebut akan diselesaikan menggunakan algoritma *Balas's additive*. *Balas's additive* merupakan algoritma yang dapat mencari solusi terbaik bagi masalah *binary integer programming* yang dilakukan secara efisien tanpa melibatkan *exhaustive search*. Dengan demikian, masalah ini dapat diselesaikan dan solusinya dapat ditemukan.

Pada penelitian ini juga akan dibangun sebuah perangkat lunak yang dapat menyelesaikan masalah tersebut. Analisis pemodelan dan penyelesaian masalah yang dilakukan akan diterapkan dalam perangkat lunak ini sehingga perangkat lunak dapat menerima masukan masalah dan menghasilkan solusinya. Perangkat lunak yang dibangun akan menggunakan tampilan antarmuka grafis dengan tujuan memvisualisasikan solusi penempatan kamera CCTV dalam ruangan. Dengan visualisasi, solusi penempatan kamera CCTV dalam ruangan akan lebih mudah untuk dipahami.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana cara memodelkan masalah ini ke dalam bentuk masalah *binary integer programming*?
- Bagaimana cara menyelesaikan masalah ini dalam bentuk masalah *binary integer programming*?
- Bagaimana cara membangun perangkat lunak yang dapat menerima dan menyelesaikan masalah ini?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya, ditetapkan tujuan penelitian sebagai berikut:

- Menganalisis cara memodelkan masalah ini ke dalam bentuk masalah *binary integer programming*.
- Menyelesaikan masalah ini dalam bentuk masalah *binary integer programming* dengan menggunakan algoritma *Balas's additive*.
- Membangun perangkat lunak yang menerapkan hasil analisis pemodelan dan penyelesaian masalah sehingga dapat menerima masukan masalah dan menyelesaikannya.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam pembahasan masalah ini, terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

- Pemodelan masalah dilakukan pada bidang 2 dimensi.
- Kamera CCTV yang digunakan merupakan kamera statis.
- Ruang yang digunakan berbentuk persegi panjang yang terdiri dari ukuran panjang dan ukuran lebar. Kedua ukuran tersebut dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).
- Daerah cakupan kamera CCTV berbentuk sebagian lingkaran di mana lokasi penempatan kamera CCTV merupakan titik pusat sebagian lingkaran.
- Spesifikasi kamera CCTV yang digunakan terdiri dari jarak pandang dan besar sudut pandang. Keduanya digunakan untuk menentukan daerah cakupan kamera CCTV di mana jarak pandang menunjukkan jari-jari sebagian lingkaran dan sudut pandang menunjukkan besar sudut sebagian lingkaran. Jarak pandang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm) dan sudut pandang dinyatakan dalam satuan sudut derajat ( $^{\circ}$ ).

## 1.5 Metodologi

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dalam melakukan penelitian ini:

1. Melakukan studi pustaka mengenai metode *linear programming* untuk memahami dasar *linear programming* sebelum mempelajari *binary integer programming*.

2. Melakukan studi pustaka mengenai metode *binary integer programming* untuk memodelkan masalah ini ke dalam bentuk masalah *binary integer programming*.
3. Melakukan studi pustaka mengenai algoritma *Balas's additive* untuk melakukan penyelesaian masalah *binary integer programming* menggunakan algoritma *Balas's additive*.
4. Melakukan analisis pemodelan masalah ke dalam bentuk *binary integer programming*.
5. Melakukan perancangan dan pengimplementasian perangkat lunak.
6. Melakukan pengujian perangkat lunak.
7. Membuat kesimpulan.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

- **Bab 1 Pendahuluan**

Pada bagian ini dijelaskan latar belakang masalah yang diangkat dalam penelitian ini. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, ditentukan rumusan masalah dan tujuan dalam penelitian ini. Selain itu, terdapat batasan-batasan pada penelitian ini. Setiap langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dibahas pada bagian metodologi.

- **Bab 2 Landasan Teori**

Pada bagian ini terdapat pembahasan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini. Terdapat teori *linear programming* dan teori *binary integer programming* yang digunakan untuk memodelkan masalah ini ke dalam bentuk masalah *binary integer programming*. Penyelesaian masalah *binary integer programming* akan dibahas pada bagian algoritma *Balas's additive*. Selain itu, terdapat juga penjelasan mengenai penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya.

- **Bab 3 Analisis**

Pada bagian ini terdapat penjelasan mengenai analisis pemodelan masalah dan analisis penyelesaian masalah menggunakan metode *binary integer programming*. Selain itu, terdapat analisis kebutuhan perangkat lunak yang terdiri dari diagram *use case* dan diagram kelas sederhana.

- **Bab 4 Perancangan**

Pada bagian ini dibahas mengenai perancangan antarmuka dan perancangan kelas diagram rinci yang akan digunakan untuk membangun perangkat lunak.

- **Bab 5 Implementasi dan Pengujian**

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil implementasi dan pengujian perangkat lunak yang dilakukan.

- **Bab 6 Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian ini terdapat kesimpulan yang dihasilkan melalui penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.