

**OPTIMASI PENGGUNAAN TIGA JENIS MESIN AC
PADA PUSAT PERBELANJAAN DENGAN METODE
*NON-LINEAR INTEGER PROGRAMMING***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Jeysen Alexander Dion

NPM : 2017610132



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2021**



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
Bakuning Hyang Mrih Guna Santyaya Bhakti

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN BANDUNG



Nama : Jeysen Alexander Dion
NPM : 2017610132
Program Studi : Sarjana Teknik Industri
Judul Skripsi : OPTIMASI PENGGUNAAN TIGA JENIS MESIN AC
PADA PUSAT PERBELANJAAN DENGAN METODE
NON-LINEAR INTEGER PROGRAMMING

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2021
**Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Industri**

(Dr. Ceicalia Tesavrita, S.T., M.T.)

Dosen Pembimbing Pertama

31 Agustus 2021

(Fran Setiawan, S.T., M.Sc.)

Dosen Pembimbing Kedua

31 Agustus 2021

(Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si.)



PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Jeysen Alexander Dion

NPM : 2017610132

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:
**OPTIMASI PENGGUNAAN TIGA JENIS MESIN AC PADA PUSAT
PERBELANJAAN DENGAN METODE *NON-LINEAR INTEGER
PROGRAMMING***

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 12 Agustus 2021

Jeysen Alexander Dion

NPM : 2017610132

ABSTRAK

Biaya operasional yang terlalu besar dapat mengurangi keuntungan yang didapat oleh perusahaan, seperti pada penggunaan mesin AC. Pada pusat perbelanjaan yang bernama Bekasi *Cyber Park* pun mengalami kondisi permasalahan yang serupa, yaitu penggunaan energi listrik, air, dan gas yang dibutuhkan oleh mesin AC pun melebihi target hingga 20%. Selama ini pihak perusahaan belum pernah melakukan optimasi penggunaan mesin AC tersebut agar sesuai dengan kebutuhan, sehingga penelitian ini ditujukan untuk membantu Bekasi *Cyber Park* dalam melakukan optimasi penggunaan tiga jenis mesin AC.

Optimasi penggunaan mesin AC ini akan dilakukan dengan menggunakan metode *nonlinear integer programming*. Permasalahan penggunaan mesin AC pada Bekasi *Cyber Park* akan dituangkan pada *rich picture diagram*. Setelah itu, dilakukan pemodelan permasalahan yang terdiri dari *objective function*, *problem constraint*, *decision variable*, dan *sign restriction*. Dari model tersebut kemudian akan dioptimasi menggunakan *solver* MINLP pada AMPL dengan bantuan NEOS *server*. Terakhir, model dilakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter jumlah pengunjung dengan variabel keputusan yang dihasilkan.

Hasil dari optimasi tersebut berupa variabel keputusan dalam bentuk jendela waktu harian mengenai pemakaian mesin AC selama satu bulan. Setelah dilakukan optimasi biaya energi yang diperlukan untuk operasional mesin AC menurun sebesar Rp337.562.984 dibandingkan pengeluaran rata-rata per bulan pada tahun 2019 atau menurun sekitar 31,87%. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan variabel jumlah pengunjung, dengan menggunakan persentase perubahan +21,463%, +10,73%, +5%, +2%, -2%, -4%, -9,09%, dan -18,008%. Variabel keputusan tidak berubah pada +2% dan -2%, sedangkan yang lainnya berubah, sehingga keputusan yang dihasilkan sensitif terhadap perubahan jumlah pengunjung. Dari hasil variabel keputusan penggunaan mesin AC pada jendela waktu tersebut, maka operator mesin AC dapat dengan mudah menentukan penggunaan mesin AC.

ABSTRACT

Operating costs that are too large can reduce the profits obtained by the company, such as the use of air conditioning machines. The shopping center called Bekasi Cyber Park also experienced a similar problem, namely the use of electricity, water, and gas required by the AC machine even exceeded the target by 20%. So far, the company has never optimized the use of the AC machine to suit the needs, so this research is aimed at helping Bekasi Cyber Park in optimizing the use of three types of AC machines.

Optimization of the use of this AC machine will be done using a nonlinear integer programming method. The problem of using AC machines in Bekasi Cyber Park will be outlined in a rich picture diagram. After that, problem modeling is carried out which consists of objective function, problem constraint, decision variable, and sign restriction. The model will then be optimized using the MINLP solver on AMPL with the help of the NEOS server. Finally, the model is analyzed for sensitivity to changes in the number of visitors parameters with the resulting decision variables.

The result of the optimization is a decision variable in the form of a daily time window regarding the use of an AC machine for one month. After optimizing the energy costs required for the operation of the AC machine, it decreased by Rp. 337.562,984 compared to the average monthly expenditure in 2019 or decreased by about 31.87%. +21.463%, +10.73%, +5%, +2%, -2%, -4%, -9.09%, and -18.008%. The decision variables did not change at +2% and -2%, while the others changed, so the resulting decisions were sensitive to changes in the number of visitors. From the results of the decision variable to use the AC machine in that time window, the AC machine operator can easily determine the use of the AC machine.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan berkah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian laporan skripsi yang berjudul “Optimasi Penggunaan Tiga Jenis Mesin AC Pada Pusat Perbelanjaan Dengan Metode *Non-linear* Integer Programming” dengan tepat waktu. Penyusunan laporan yang telah dilakukan guna untuk mencapai gelar Sarjana pada Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis ingin berterimakasih kepada seluruh pihak yang membimbing, membantu, dan mendukung berjalannya penelitian yang dilakukan pada skripsi yang dilakukan dari proses awal hingga selesai, diantaranya kepada:

1. Orang tua dan kakak dari penulis yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian skripsi.
2. Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. dan Bapak Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberi saran, dan ilmunya kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian skripsi.
3. Bapak Dedy Suryadi, S.T., M.S., Ph.D., Bapak Marihot Nainggolan, S.T., M.T., M.S., dan Bapak Prof. Sani Susanto, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan kritik pada penelitian skripsi.
4. Ibu Dr. Ceicalia Tesavrita, S.T., M.T. selaku koordinator skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan informasi mengenai mata kuliah skripsi dan menyetujui laporan yang telah disusun.
5. Bekasi *Cyber Park* yang telah memberikan izin untuk menjadikan Bekasi *Cyber Park* sebagai objek penelitian pada skripsi ini.
6. Abigail Tsani yang telah membantu, memotivasi, dan bertukar pikiran dalam proses pengerjaan skripsi.

7. Ariel Marchello, Cassie Kent, Febryan Steve, Jonathan Liman, dan Tejakusuma Adinugraha yang selalu mendukung proses pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman Perancangan Sistem Terintegrasi A2 kelompok 7 yang terdiri dari Jong Alfiandy, Marsha Benedicta, Muhammad Fauzan, dan Stanley Surya yang telah mendukung proses pengerjaan skripsi.
9. Teman-teman lainnya yang tidak sempat disebutkan secara satu persatu dalam mendukung proses pengerjaan skripsi.

Semoga penelitian dari skripsi yang telah disusun ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca. Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan masih jauh dari sempurna, sehingga penulis pun berharap adanya kritik dan saran yang diberikan oleh pembaca agar penelitian yang dilakukan selanjutnya lebih baik lagi.

Bandung, 11 Agustus 2021

Penulis,

Jeysen Alexander Dion

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah	I-7
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian	I-17
I.4 Tujuan Penelitian	I-18
I.5 Manfaat Penelitian	I-18
I.6 Metodologi Penelitian	I-18
I.7 Sistematika Penulisan	I-23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Operational Research</i>	II-1
II.2 <i>Non-linear Integer Programming</i>	II-2
II.3 Termodinamika	II-3
II.4 <i>Rich Picture Diagram</i>	II-4
II.5 Analisis Sensitivitas	II-6
II.6 AMPL dan NEOS Server.....	II-7
II.7 Verifikasi dan Validasi Model	II-11
BAB III PENGOLAHAN DATA	III-1
III.1 Daftar Notasi.....	III-1

III.2	Gambaran Situasi Permasalahan.....	III-3
III.3	Perhitungan Dampak Jumlah Pengunjung Terhadap Suhu Ruangan	III-5
III.4	Perhitungan Biaya Penggunaan Mesin AC	III-10
III.5	Pemodelan Matematis	III-12
III.5.1	Variabel Keputusan	III-13
III.5.2	Fungsi Tujuan	III-13
III.5.3	Fungsi Kendala	III-15
III.5.4	Variabel Non-Negatif dan <i>Sign Restriction</i>	III-16
III.6	Optimasi Penggunaan Mesin AC	III-17
III.6.1	Pengolahan Menggunakan Aplikasi <i>Microsoft Excel</i>	III-17
III.6.2	Pengolahan Menggunakan Aplikasi AMPL	III-20
III.6.3	Pengolahan Menggunakan <i>Website NEOS Server</i>	III-25
III.7	Usulan Penggunaan Mesin AC Berdasarkan Jendela Waktu	III-27
III.8	Proses Verifikasi dan Validasi Model	III-28
III.8.1	Proses Verifikasi Model Matematis	III-29
III.8.2	Proses Validasi Model Matematis	III-34
III.9	Analisis Sensitivitas Model	III-36
BAB IV	ANALISIS.....	IV-1
IV.1	Analisis Mesin AC dan Biaya Energi.....	IV-1
IV.2	Analisis Dampak Jumlah Pengunjung Terhadap Suhu Ruang	IV-2
IV.3	Analisis Pemodelan Matematis	IV-4
IV.4	Analisis Penggunaan Aplikasi Optimasi	IV-6
IV.5	Analisis Hasil Sensitivitas Model dan Hasil Optimasi	IV-7
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Data Pemakaian Listrik Tahun 2019.....	I-8
Tabel I.2	Data Pemakaian Gas Tahun 2019	I-9
Tabel I.3	Data Pemakaian Air Tahun 2019.....	I-10
Tabel I.4	Data Penggunaan Energi Mesin AC dan Suhu yang Dihasilkan ...	I-12
Tabel I.5	Data Luas Bangunan Bekasi <i>Cyber Park</i>	I-13
Tabel I.6	Data Rata-rata Jumlah Pengunjung Bekasi <i>Cyber Park</i> per Hari ..	I-13
Tabel II.1	<i>List SOLVER</i> pada AMPL	II-9
Tabel III.1	Daftar Notasi	III-1
Tabel III.2	Perhitungan Rata-rata Jumlah Pengunjung Berdasarkan Jendela Waktu	III-6
Tabel III.3	Perhitungan Kenaikan Suhu yang Disebabkan Oleh Jumlah Pengunjung	III-9
Tabel III.4	Rekapitulasi Biaya Penggunaan Mesin AC per Jam	III-11
Tabel III.5	Keterangan Kode dan Nama Mesin AC	III-27
Tabel III.6	Rekapitulasi Penggunaan Mesin AC Berdasarkan Jendela Waktu	III-27
Tabel III.7	Rekapitulasi Perhitungan Biaya Untuk Proses Verifikasi Model ..	III-30
Tabel III.8	Rekapitulasi Perhitungan Suhu Ruangan Untuk Proses Verifikasi Model	III-32
Tabel III.9	Rekapitulasi Perhitungan Mesin AC Aktif Untuk Proses Verifikasi Model	III-33
Tabel III.10	Rekapitulasi <i>Constraint</i> Suhu Ruangan	III-34
Tabel III.11	Rekapitulasi <i>Constraint</i> Jumlah Mesin AC yang Aktif	III-35
Tabel III.12	Data Jumlah Pengunjung Maksimum dan Minimum Tahun 2019	III-36
Tabel III.13	Persentase Maksimum dan Minimum Jumlah Pengunjung	III-39
Tabel III.14	Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC (Persentase +21,463%)	III-42
Tabel III.15	Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC (Persentase +10,73%)	III-43
Tabel III.16	Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	

(Persentase +5%)	III-44
Tabel III.17 Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	
(Persentase +2%)	III-45
Tabel III.18 Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	
(Persentase -18,008%)	III-46
Tabel III.19 Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	
(Persentase -9,09%)	III-47
Tabel III.20 Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	
(Persentase -4%)	III-48
Tabel III.21 Rekapitulasi Keputusan Penggunaan AC	
(Persentase -2%)	III-49
Tabel III.22 Rekapitulasi Analisis Sensitivitas	III-50

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Perbandingan Tarif Listrik beberapa Negara-Negara ASEAN	I-2
Gambar I.2	Bangunan Bekasi <i>Cyber Park</i>	I-3
Gambar I.3	Mesin AC <i>Modular</i>	I-4
Gambar I.4	Mesin AC <i>Screw</i>	I-5
Gambar I.5	Mesin AC <i>Absorption Chiller</i>	I-6
Gambar I.6	Pipa <i>Header</i> Utama	I-6
Gambar I.7	Grafik Biaya Penggunaan Listrik, Gas, dan Air Tahun 2019	I-11
Gambar I.8	Diagram Alir Metodologi Penelitian	I-19
Gambar II.1	Contoh Simbol Pada <i>Rich Picture Diagram</i>	II-5
Gambar II.2	Logo AMPL	II-8
Gambar II.3	Logo NEOS <i>Server</i>	II-11
Gambar II.4	Proses Verifikasi dan Validasi Pemodelan Sistem	II-11
Gambar III.1	<i>Rich Picture Diagram</i>	III-3
Gambar III.2	<i>Template</i> Variabel Keputusan pada <i>Ms. Excel</i>	III-17
Gambar III.3	<i>Template</i> Fungsi Objektif	III-18
Gambar III.4	<i>Template</i> Fungsi Kendala Pada Suhu	III-19
Gambar III.5	<i>Template</i> Fungsi Kendala Jumlah Mesin AC yang Aktif	III-20
Gambar III.6	Tampilan Awal Aplikasi AMPL	III-21
Gambar III.7	Baris Program Model Pada AMPL	III-22
Gambar III.8	Baris Program Data Pada AMPL	III-23
Gambar III.9	Baris Program Run Pada AMPL	III-24
Gambar III.10	<i>Submission Form</i> NEOS <i>Server</i>	III-25
Gambar III.11	Hasil Optimisasi Penggunaan AC Pada NEOS <i>Server</i>	III-26

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab I menjelaskan mengenai pendahuluan dari penelitian yang dilakukan di pusat perbelanjaan Bekasi *Cyber Park*. Untuk mengetahui penyebab dasar dilakukannya penelitian, maka untuk membahasnya terdapat latar belakang masalah. Setelah itu, terdapat identifikasi dan rumusan masalah untuk menjabarkan permasalahan yang terjadi secara lebih rinci. Selain itu, akan dibahas mengenai pembatasan masalah dan asumsi dari penelitian yang dilakukan. Setelah itu, akan dibahas mengenai tujuan dan manfaat dari penelitian. Metodologi penelitian yang dilakukan akan dibahas pula dari awal hingga akhir penelitian dilakukan. Terakhir, akan dibahas mengenai seluruh ringkasan bab yang terdapat di penelitian ini.

I.1 Latar Belakang Masalah

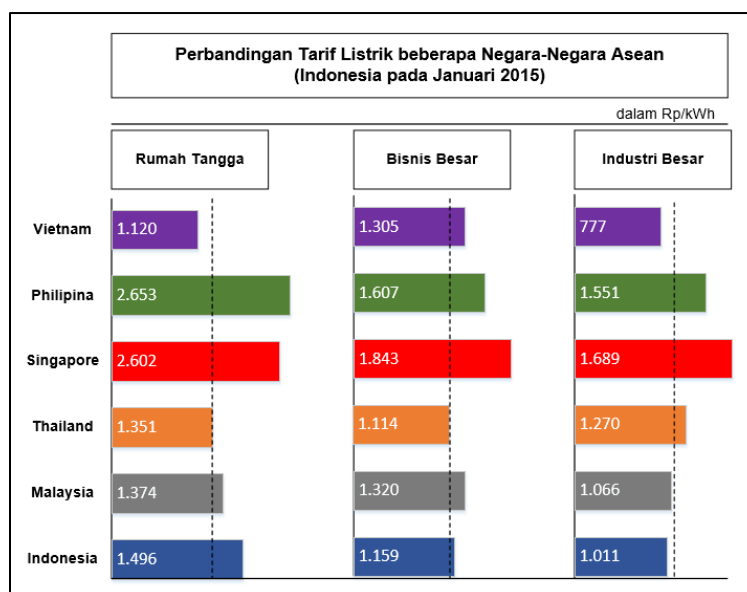
Pada jaman sekarang dunia perindustrian berkembang secara cepat, baik di Indonesia maupun di seluruh dunia. Cepatnya perkembangan tersebut membuat segala jenis industri berlomba-lomba untuk menjadi yang terbaik pada bidangnya. Industri tersebut tidak tertutup hanya pada industri produk berupa fisik, namun industri yang berupa jasa pun ikut serta di dalam persaingan tersebut. Industri berupa fisik, seperti pembuatan sepatu, baju, kasur, dan lain-lain. Industri yang bergerak pada bidang jasa, seperti layanan pengantaran *online*, melakukan servis kendaraan, hingga tempat-tempat publik seperti pusat perbelanjaan ataupun *mall* pun sama-sama bersaing.

Semakin meningkatnya kebutuhan dari konsumen, maka industri pun harus mengikuti permintaan yang demikian meningkatnya juga. Persaingan antar perusahaan bisa terjadi secara eksternal ataupun internal. Secara eksternal berarti perusahaan harus mampu mendapatkan atau menarik konsumen sebanyak-banyaknya, sedangkan secara internal perusahaan harus mampu menciptakan margin keuntungan yang setinggi-tingginya. Perusahaan bisa saja terlihat sehat dari luar karena memiliki jumlah konsumen yang tinggi, namun bisa saja perusahaan memiliki *cashflow* yang negatif karena biaya yang harus dikeluarkan

perusahaan tidak efisien. Sehingga, untuk mendapatkan margin keuntungan yang tinggi, maka perusahaan harus dapat meminimasi biaya. Meminimasi biaya dapat dilakukan dengan cara mengolah sumber daya yang ada seperti manusia, energi, ataupun biaya operasional yang lainnya secara optimal.

Dalam suatu tempat beroperasi, maka diperlukan biaya operasional. Biaya tersebut terdiri dari biaya energi, sumber daya manusia (*cleaning service* dan *staff*), dan biaya renovasi. Biaya-biaya tersebut dapat pula dikatakan sebagai biaya operasi, yaitu biaya yang dibutuhkan suatu perusahaan agar dapat melakukan kegiatannya baik produksi maupun jasa. Dengan melakukan efisiensi terhadap biaya operasi tersebut, maka sama dengan perusahaan tersebut telah menekan biaya produksi ataupun jasa menjadi lebih kecil. Sehingga perusahaan pun dapat menjual barang ataupun jasanya dengan harga yang lebih murah dari kompetitor dan dapat meningkatkan daya jualnya kepada konsumen.

Biaya penggunaan energi, seperti listrik, air, dan gas merupakan biaya variabel. Sehingga biaya tersebut memiliki nilai yang berubah dengan seiring bertambah ataupun berkurangnya jumlah barang yang diproduksi maupun jasa yang diberikan. Menurut PT. PLN, pada 2015 Indonesia memiliki urutan ketiga dari enam negara yang memiliki tarif listrik termahal di ASEAN untuk industri rumah tangga, lalu negara kelima termahal di ASEAN untuk bisnis besar, dan negara kelima termahal di ASEAN untuk industri besar.



Gambar I.1 Perbandingan Tarif Listrik beberapa Negara-Negara ASEAN
(Sumber : Q&A Tarif Listrik - PT PLN (Persero))

Dilihat dari data pada Gambar I.1, semakin besar suatu industri maka biaya per kWh pun semakin kecil. Maka dari itu, industri besar seharusnya mendapatkan keuntungan jika dibandingkan dengan rumah tangga dengan kecilnya biaya penggunaan listrik. Walaupun begitu tetap saja total biaya yang harus ditanggung industri besar sangatlah tinggi. Hal tersebut dikarenakan banyak penggunaan alat elektronik yang penggunaannya tidak dapat dihindari dan belum teroptimalisasi dengan baik. Seperti yang dilansir dari detik *finance*, Hen (2011) bahwa salah satu *mall* yang terletak di Kota Jakarta, yaitu *Senayan City* dapat menghabiskan biaya kebutuhan listrik 4 hingga 5 miliar dalam sebulan.

Bekasi *Cyber Park* merupakan pusat perbelanjaan alat elektronik yang terletak di Jalan K.H. Noer Ali, Kota Bekasi. Bekasi *Cyber Park* telah didirikan sejak tahun 2007 dan memiliki luas dari bangunan sekitar 27719 m². Alat elektronik yang dijual oleh *tenant* berupa barang seperti, *handphone*, *laptop*, *printer*, *projector*, dan peralatan elektronik lainnya. Selain itu, Bekasi *Cyber Park* memiliki *tenant* seperti, CGV (bioskop), toko buku, *restaurant*, dan *supermarket*. Berikut merupakan gambar tampak depan dari pusat perbelanjaan Bekasi *Cyber Park* dilihat dari sisi jalan K.H. Noer Ali.



Gambar I.2 Bangunan Bekasi *Cyber Park*
(Sumber : www.google.com)

Dapat dilihat pada Gambar I.2 merupakan bagian depan dari Bekasi *Cyber Park*. Bekasi *Cyber Park* beroperasi setiap hari dalam satu minggu. Jam

operasional pada senin hingga minggu adalah pukul 10.00-21.00. Dalam pengoperasiannya Bekasi *Cyber Park* memerlukan pendingin ruangan yang beroperasi dari awal tempat dibuka hingga tutup. Hal tersebut bertujuan untuk mendinginkan ruangan agar konsumen yang datang untuk berbelanja pun merasa nyaman.

Pendingin ruangan yang digunakan oleh Bekasi *Cyber Park* terdiri dari 3 jenis mesin yang masing-masing memiliki kapasitas, penggunaan energi, dan jenis energi yang digunakan berbeda-beda. Mesin pendingin tersebut, yaitu AC Modular, AC Screw, dan AC *Absorption Chiller* (ABS). Masing-masing dari mesin tersebut akan dihubungkan dengan pipa header. Pipa header merupakan tempat dimana air yang telah didinginkan oleh ketiga mesin tersebut dialirkan ke mesin AHU (*Air Handling Unit*). Setelah dari mesin AHU, maka angin akan dialirkan ke bagian koridor dari tempat pusat pembelian. Berikut merupakan gambar dari mesin AC Modular.



Gambar 1.3 Mesin AC Modular

Dapat dilihat pada Gambar 1.3 merupakan 4 unit dari AC *Modular* yang tertangkap oleh kamera. Total unit yang dimiliki untuk AC *Modular* sebanyak 7 buah unit. Energi yang digunakan oleh mesin AC tipe ini adalah listrik. Ukuran dari satu unit AC *Modular* adalah 2000 x 1880 x 900 mm. AC *Modular* menggunakan freon dalam proses pendinginannya. Mesin AC tersebut terletak di bagian *roof* dari

Bekasi *Cyber Park*. Setelah dilakukan wawancara dengan Bapak Pesta yang merupakan salah satu staff dari bagian *engineering* bahwa dahulu Bekasi *Cyber Park* memiliki mesin AC *Modular* sebanyak 14 unit. Setelah itu dikarenakan penggunaan energi listrik yang tinggi oleh mesin AC *Modular*, maka diputuskan untuk menjual setengah dari 14 unit tersebut dan diganti dengan mesin AC *Screw*. Dengan harapan dapat menghemat penggunaan energi listrik tersebut tanpa mengurangi performa dari suhu yang dikeluarkan ke koridor. Selanjutnya merupakan penjelasan dari mesin AC *Screw* sebagai berikut.



Gambar I.4 Mesin AC *Screw*

Dapat dilihat pada Gambar I.4 merupakan mesin dari AC *Screw*. Unit mesin AC *Screw* yang dimiliki Bekasi *Cyber Park* berjumlah satu buah. Energi yang digunakan oleh mesin AC *Screw* adalah listrik. Mesin AC *Screw* diletakkan pada bagian *roof* barat daripada Bekasi *Cyber Park*. Untuk cara penyimpanan daripada mesin ini harus disimpan pada ruangan tertutup yang terbebas dari hujan. Ukuran dari mesin AC *Screw* adalah 3600 x 2700 mm. AC *Screw* menggunakan freon dalam proses pendinginannya. Mesin AC *Screw* sudah beroperasi sejak 2018 bulan Juni, namun pada akhir bulan tersebut mesin sempat terdapat kendala sehingga baru dapat beroperasi kembali pada awal tahun 2019. Selanjutnya merupakan penjelasan dari mesin *Absorption Chiller* atau ABS.



Gambar I.5 Mesin AC *Absorption Chiller*

Dapat dilihat pada Gambar I.5 merupakan mesin dari AC *Absorption Chiller*. Unit mesin AC *Absorption Chiller* yang dimiliki Bekasi *Cyber Park* berjumlah satu buah. Energi yang digunakan oleh mesin AC *Absorption Chiller* adalah listrik dan gas. Mesin AC *Absorption Chiller* diletakkan pada ujung selatan bagian dari tempat parkir Bekasi *Cyber Park*. Untuk cara penyimpanan daripada mesin ini harus disimpan pada ruangan tertutup yang terbebas dari hujan. Ukuran dari mesin AC *Absorption Chiller* adalah 3600 x 2700 mm. AC *Absorption Chiller* tidak menggunakan freon dalam pengoperasiannya, namun menggunakan *lithium bromide*. Selanjutnya merupakan penjelasan dari pipa *header utama*.



Gambar I.6 Pipa *Header Utama*

Dapat dilihat pada Gambar 1.6 merupakan pipa *header* utama yang dilapisi dengan pengisolasi suhu. Pipa Header merupakan tempat mengalirnya air yang telah didinginkan oleh mesin AC *Modular*, *Screw*, maupun *Absorption Chiller*. Kemudian dari pipa header utama akan dialirkan ke pipa header yang lebih kecil untuk kemudian dialirkan ke unit AHU. Angin dingin yang dikeluarkan dari AHU kemudian akan di alirkan ke pipa *ducting*. Pipa *ducting* akan mengarahkan arah jalannya angin ke beberapa titik yang terdapat di koridor ruangan. Setiap pipa *header* tersebut dilapisi bahan yang mengisolasi suhu di dalam agar tetap terjaga.

Untuk mengatur setiap jenis AC diatas dilakukan secara manual, yaitu terdapat operator dari bagian *engineering* yang mengaktifkan maupun memadamkan salah satu dari AC tersebut. Untuk pembayaran daripada energi yang digunakan memiliki mata uang yang berbeda. Untuk listrik dan air menggunakan rupiah, lalu untuk gas menggunakan US dolar. Bekasi *Cyber Park* menggunakan PLN sebagai *supplier* listrik, PDAM sebagai *supplier* air, dan PGN sebagai *supplier* gas. Penggunaan dari mesin AC dilakukan berdasarkan pengalaman daripada operator. Hal tersebut menyebabkan terkadang suhu lebih rendah dari yang diinginkan. Jumlah orang dalam tempat tersebut pula berpengaruh terhadap suhu yang ingin dicapai. Semakin banyak orang, maka AC yang diperlukan pun harus semakin banyak untuk mencapai suhu yang diharapkan, yaitu 22-24 derajat celcius. Manajemen Bekasi *Cyber Park* telah menetapkan *budget* operasional untuk penggunaan AC sebesar 1 miliar rupiah per bulannya. Sehingga, tanpa adanya optimasi penggunaan dapat menyebabkan pembengkakan biaya operasional AC yang melebihi 1 miliar per bulan.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pada tahap identifikasi dan rumusan masalah merupakan bagian yang sangat penting untuk melakukan sebuah penelitian. Hal tersebut dikarenakan identifikasi masalah membantu untuk mengetahui dan menentukan masalah apa saja yang terjadi pada objek yang diteliti dan perlu diperbaiki. Untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada penggunaan energi dari 3 buah mesin AC pada Bekasi *Cyber Park* maka hal yang dapat dilakukan dengan cara mengumpulkan data penggunaan dari energi listrik, gas, dan air. Setelah dilakukan wawancara terhadap pihak manajemen bangunan, maka didapatkan *budget* yang dapat dikeluarkan oleh Bekasi *Cyber Park* sebesar 1 miliar rupiah per bulan untuk

kebutuhan total energi yang dibutuhkan untuk operasional mesin AC. Dapat dilihat pada data total biaya yang dikeluarkan oleh Bekasi *Cyber Park* untuk energi listrik yang dibutuhkan untuk operasional mesin AC, pada tahun 2019 sebagai berikut.

Tabel I.1 Data Pemakaian Listrik Tahun 2019

DATA PEMAKAIAN LISTRIK TAHUN 2019							
URAIAN	LISTRIK / KWH	Penggunaan Listrik		TOTAL KWH	Harga Listrik / kWh		Total Biaya
		WBP	LWBP		WBP	LWBP	
BULAN	Januari	145314	549129	694443	Rp233.762.272	Rp598.978.931	Rp832.741.203
	Februari	158796	529410	688206	Rp255.450.361	Rp577.469.840	Rp832.920.201
	Maret	160950	534990	695940	Rp258.915.437	Rp583.556.392	Rp842.471.829
	April	170658	574071	744729	Rp274.532.405	Rp626.185.165	Rp900.717.570
	Mei	181521	593823	775344	Rp292.007.387	Rp647.730.252	Rp939.737.639
	Juni	169290	580128	749418	Rp272.331.744	Rp632.792.020	Rp905.123.764
	Juli	170355	577020	747375	Rp274.044.978	Rp629.401.876	Rp903.446.853
	Agustus	164731	565467	730198	Rp264.997.818	Rp616.800.094	Rp881.797.912
	September	174639	586401	761040	Rp280.936.520	Rp639.634.483	Rp920.571.003
	Oktober	187419	641700	829119	Rp301.495.323	Rp699.953.526	Rp1.001.448.849
	November	181473	614721	796194	Rp291.930.171	Rp670.525.372	Rp962.455.543
	Desember	194991	678939	873930	Rp313.676.172	Rp740.573.082	Rp1.054.249.254

Dapat dilihat pada Tabel I.1 mengenai biaya listrik yang digunakan selama tahun 2019. Biaya tersebut dicatat setiap bulannya oleh PT.PLN (Perusahaan Listrik Negara), kemudian diakumulasikan seluruh energi dan biaya yang harus dibayar. Selain itu, Bekasi *Cyber Park* telah berlangganan PLN *Premium* yang memiliki keuntungan dalam penggunaan listrik, yaitu jarang terjadinya pemadaman dan jika terdapat pemadaman, maka waktunya kurang dari 3 detik untuk listrik menyala kembali. Namun untuk berlangganan PLN *Premium* tentunya memerlukan biaya yang lebih besar sekitar 5% dari tagihan normal. Energi listrik digunakan untuk ketiga jenis AC pada saat beroperasi. Terdapat dua jenis harga listrik berdasarkan waktu atau jam pemakaiannya. Terdapat WBP atau waktu beban puncak, yaitu ketika listrik digunakan pada pukul 18.00-22.00, sedangkan untuk LWBP atau luar waktu beban puncak ketika listrik digunakan dari pukul 22.00-18.00. Pada waktu beban puncak memiliki harga yang lebih mahal, yaitu Rp1.608,67 atau sekitar 47,5 persen per kilowattnya, jika dibandingkan dengan luar waktu beban puncak, yaitu Rp1.090,78. Hal ini menyebabkan pertimbangan penggunaan listrik pada jam-jam beban waktu puncak agar dapat meminimasi biaya berlebih.

Namun, disini terdapat kendala pada jumlah pengunjung yang datang. Semakin banyak pengunjung yang datang, maka suhu pun akan meningkat seiring bertambahnya orang sehingga membutuhkan pendinginan yang lebih dan disesuaikan dengan mesin AC yang dibutuhkan. Menurut bagian kepala *engineering* sering terjadinya penggunaan AC berlebih ketika jumlah pengunjung pada jam tertentu sudah tidak begitu banyak, yaitu diatas jam 19.00. Sehingga perlu dilakukannya optimasi dalam penggunaannya berdasarkan jumlah pengunjung yang datang.

Selain itu, terdapat pula energi gas yang digunakan untuk mesin AC *Absorption Chiller* beroperasi. Berikut merupakan data mengenai penggunaan gas pada tahun 2019.

Tabel I.2 Data Pemakaian Gas Tahun 2019

DATA PEMAKAIAN GAS TAHUN 2019						
URAIAN	Gas/\$	MMBTU	m3	Harga \$9,2 / MMBTU	USD to IDR	Total
BULAN	Januari	1527	42954,51	14048,4	14382,51	Rp202.051.253
	Februari	1866	52490,58	17167,2	14065,50	Rp241.465.252
	Maret	1090	30661,7	10028	14215,90	Rp142.557.045
	April	994	27961,22	9144,8	14250,63	Rp130.319.161
	Mei	1054	29649,02	9696,8	14240,59	Rp138.088.153
	Juni	915	25738,95	8418	14122,71	Rp118.884.973
	Juli	982	27623,66	9034,4	14090,80	Rp127.301.924
	Agustus	870	24473,1	8004	14218,15	Rp113.802.073
	September	879	24726,27	8086,8	14225,06	Rp115.035.215
	Oktober	685	19269,05	6302	14009,05	Rp88.285.033
	November	845	23769,85	7774	14089,43	Rp109.531.229
	Desember	1031	29002,03	9485,2	13886,96	Rp131.720.593

Dapat dilihat pada Tabel I.2 merupakan data penggunaan daripada gas yang dikhusus untuk mesin AC *Absorption Chiller* atau ABS. Mesin tersebut merupakan satu-satunya jenis AC yang dimiliki Bekasi *Cyber Park* dan membutuhkan gas dalam melakukan operasinya. Gas yang digunakan oleh Bekasi *Cyber Park* berasal dari PT. PGN (Perusahaan Gas Negara). Satuan yang digunakan oleh PGN untuk menghitung jumlah gas yang dipakai adalah MMBTU atau *million british thermal units*. Penggunaan dari satuan tersebut menyebabkan tagihan yang dikeluarkan oleh PGN dalam bentuk kurs dolar. Sehingga harga dari gas dipengaruhi oleh kenaikan dan penurunan dari kurs dolar terhadap rupiah.

Satuan dari MMBTU dapat dikonversi kedalam meter kubik (m³) dengan cara mengalikan angka (MMBTU) dengan konstanta 28,13.

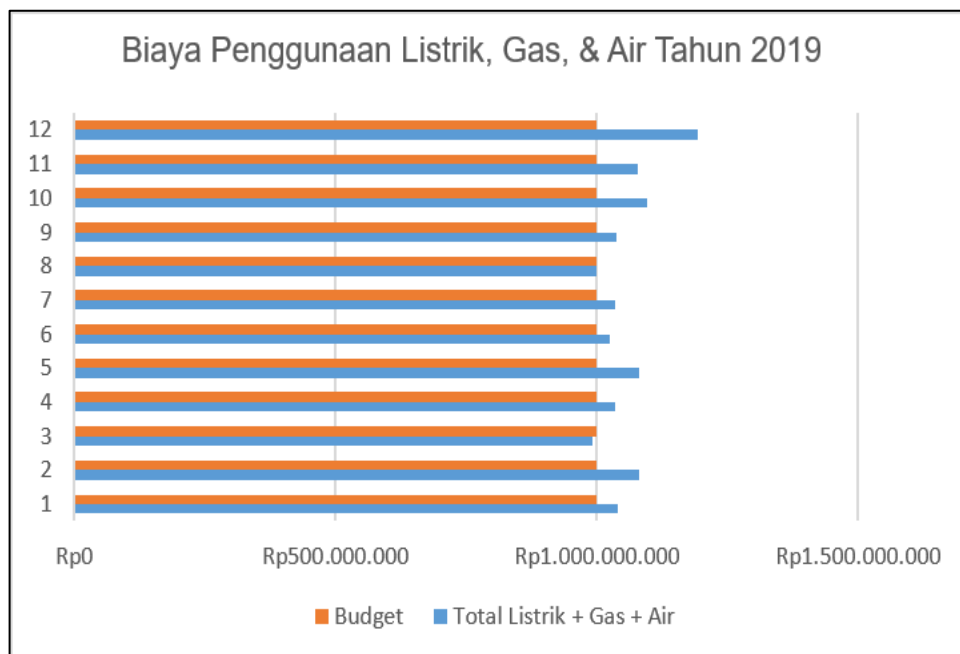
Penggunaan dari gas ini sangat bervariasi mulai dari yang terendah pada Bulan Oktober sebesar 19.269,05 m³ hingga yang tertinggi pada Bulan Februari sebesar 52.490,58 m³. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan dari mesin AC *Absorption Chiller* tidaklah konsisten untuk setiap bulannya. Dalam penggunaan gasnya, PGN memberikan kuota pemakaian gas terhadap Bekasi *Cyber Park* dari 10.000 m³ hingga 50.000 m³. Jika pemakaian dibawah 10.000 m³, maka total biaya yang harus dibayar dianggap sama dengan penggunaan 10.000 m³. Namun, jika penggunaan gas melebihi 50.000 m³, maka biaya yang diberikan per MMBTU menjadi 3 kali lipat dari harga normal. Hal tersebut terjadi pada Bulan Februari ketika penggunaan gas melebihi dari kuota batas atas sebesar 2.490,58 m³ atau setara dengan 88,54 MMBTU. Maka dari itu penggunaan yang berlebih tersebut dikenakan denda sebesar 3 kali lipat dari biaya normal (\$9,2 per MMBTU), yaitu menjadi \$27,6 per MMBTU. Selanjutnya akan ditunjukkan data penggunaan air pada tahun 2019.

Tabel I.3 Data Pemakaian Air Tahun 2019

DATA PEMAKAIAN AIR TAHUN 2019						
URAIAN	AIR/M3	PDAM (<= 600)	PDAM (> 600)	Biaya (<= 600m3)	Biaya (> 600 m3)	Total Biaya
BULAN	Januari	468	0	Rp7.837	Rp11.753	Rp3.667.716
	Februari	607	7			Rp4.839.330
	Maret	613	13			Rp4.956.870
	April	406	0			Rp3.181.822
	Mei	343	0			Rp2.688.091
	Juni	497	0			Rp3.894.989
	Juli	384	0			Rp3.009.408
	Agustus	425	0			Rp3.330.725
	September	333	0			Rp2.609.721
	Oktober	698	98			Rp6.622.020
	November	647	47			Rp5.622.930
	Desember	653	53			Rp5.740.470

Dapat dilihat pada Tabel I.3 merupakan penggunaan air untuk mesin AC *Modular* dan mesin AC *Screw*. Sumber dari air yang digunakan oleh Bekasi *Cyber Park* berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Penggunaan air

tersebut berfungsi untuk membantu AC dalam membuang kalori yang dihasilkan melalui *cooling tower*. Pada penggunaan air, PDAM menetapkan peraturan jika penggunaan air melebihi 600 m³ maka biaya yang harus dikeluarkan per m³ menjadi lebih mahal. Terdapat 5 bulan pada tahun 2019 yang melebihi 600 m³, sehingga terdapat tambahan biaya. Kemudian seluruh biaya energi tersebut ditambahkan untuk mengetahui biaya penggunaan AC sebagai berikut.



Gambar I.7 Grafik Biaya Penggunaan Listrik, Gas, dan Air Tahun 2019

Dapat dilihat pada Gambar I.7 bahwa terdapat 10 bulan pada tahun 2019 yang melebihi *budget* dan terdapat 2 bulan yang lebih rendah daripada *budget*. Dari data tersebut membuktikan bahwa seringkali biaya yang digunakan untuk operasional AC lebih tinggi dari biaya yang ditargetkan oleh perusahaan. Dengan dilakukannya optimasi terhadap penggunaan dari masing-masing jenis mesin AC berdasarkan kebutuhan, maka biaya yang berlebih tersebut dapat dikurangi dan digunakan untuk kepentingan lain, seperti pembayaran hutang perusahaan atau biaya operasional (gaji staf, karyawan, dan lain-lain). Untuk mengetahui kemampuan dari setiap mesin AC dalam mendinginkan ruangan, maka diperlukan data mengenai penggunaan energi setiap jamnya dan hasil suhu yang dapat dikeluarkan oleh setiap outlet ke dalam koridor ruangan ketika ruangan dalam kondisi kosong. Berikut merupakan data penggunaan energi dan suhu yang dihasilkan dari setiap mesin AC.

Tabel I.4 Data Penggunaan Energi Mesin AC dan Suhu yang Dihasilkan

Jenis AC	Jumlah (unit)	Penggunaan Energi			Hasil keluar dari Outlet (Celcius)
		Listrik (kWh)	Gas (m3/jam)	Air (m3/jam)	
AC Modular	7	395,5	-	1	17° (1 unit)
		791		2	16° (2 unit)
		1186,5		3	15° (3 unit)
		1582		4	14° (4 unit)
		1977,5		5	13° (5 unit)
		2373		6	12° (6 unit)
		2768,5		7	11° (7 unit)
AC Screw	1	2308,75	-	1	7°
AC ABS	1	332,85	215	-	10°

Dapat dilihat pada data Tabel I.4 bahwa penggunaan dari masing-masing jenis AC memiliki perbedaan pada jenis energi yang dibutuhkan. Data tersebut didapatkan melalui staf *engineering* yang mencatat suhu melalui thermometer di setiap pipa *outlet* menuju ke koridor. Semua suhu yang dihasilkan mesin AC pada data tersebut didapatkan ketika kondisi Bekasi *Cyber Park* sedang tidak terdapat pengunjung. Untuk mesin AC berjenis *Modular* terdapat 7 unit yang dapat diaktifkan masing-masing. Energi yang dibutuhkan oleh AC *Modular* adalah listrik dan air. Suhu yang dapat dihasilkan dari mesin AC *Modular* berdasarkan jumlah unit yang dinyalakan. Jika 1 unit yang dinyalakan maka suhu yang dihasilkan adalah 17 derajat celcius dan akan menurun 1 derajat celcius untuk setiap unit yang dinyalakan. Untuk mesin AC *Screw* memerlukan energi listrik dan air. Satu buah unit mesin AC *Screw* dapat menghasilkan suhu 7 derajat celcius pada pipa *outlet*. Terakhir, untuk mesin AC *Absorption Chiller* atau ABS dapat menghasilkan suhu 10 derajat celcius pada pipa *outlet* untuk satu buah unitnya. Seluruh AC tersebut dapat memenuhi kebutuhan gedung, karena sifatnya yang tersentralisasi. Hal tersebut dikarenakan semua mesin tersebut memiliki kemampuan untuk mendinginkan ruang yang lebih luas daripada mesin AC biasa dengan kapasitas pendingin yang lebih kecil.

Terdapat faktor yang penting pula yang berpengaruh terhadap penggunaan AC, yaitu luas dan tinggi dari bangunan. Berikut merupakan data mengenai luas dan tinggi dari bangunan Bekasi *Cyber Park*.

Tabel I.5 Data Luas Bangunan Bekasi *Cyber Park*

Luas Bangunan Bekasi <i>Cyber Park</i>				
Lokasi	lantai 1-3	lantai 4	void	Total (m ²)
luas area (m ²)	18157	7278	2284	27719
tinggi (m)	3,3	6,2	16,1	

Dapat dilihat pada Tabel I.5 mengenai data luas dari setiap lokasi atau bagian dari Bekasi *Cyber Park*. Terdapat 4 lantai pada Bekasi *Cyber Park*. Untuk lantai 1-3 memiliki luas 18157 m² dan tinggi langit-langit 3,3 meter, lantai 4 memiliki luas 7278 m² dan tinggi langit-langit 6,2 meter, dan *void* memiliki luas 2284 m² dan tinggi langit-langit 16,1 meter. Total keseluruhan bangunan Bekasi *Cyber Park* adalah 27719 m².

Namun terdapat faktor lain yang harus diperhatikan, yaitu jumlah pengunjung. Untuk setiap pintu yang terdapat di Bekasi *Cyber Park* terdapat alat berupa *counter* dengan menggunakan sensor *infrared* yang dapat membantu untuk menghitung jumlah pengunjung yang masuk dan keluar dari gedung setiap jamnya. Hal tersebut dikarenakan banyaknya pengunjung pada jam-jam tertentu akan berpengaruh meningkatkan suhu ruangan menjadi lebih panas. Celah seperti pada pintu masuk Bekasi *Cyber Park* dapat diabaikan, hal tersebut dikarenakan penggunaan dari pintu yang terotomatisasi. Sehingga faktor perubahan suhu akibat celah sangat kecil dan dapat diabaikan. Untuk data rata-rata jumlah pengunjung akan digunakan adalah data pada tahun 2019. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2020 rata-rata data jumlah pengunjung tidak dapat dijadikan acuan karena pandemik COVID-19. Berikut merupakan rata-rata jumlah pengunjung pada tahun 2019 yang datang setiap harinya selama satu bulan.

Tabel I.6 Data Rata-rata Jumlah Pengunjung Bekasi *Cyber Park* per Hari

Rata-rata Pengunjung Tahun 2019								
Minggu ke-	Jam Operasional	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Minggu 1	10.00	595	715	739	864	909	912	1203
	11.00	4781	4757	4519	4982	5203	4891	4134
	12.00	5831	5791	5761	5412	3893	5891	4931
	13.00	4256	4334	4481	4237	3901	4552	3597
	14.00	3649	3541	3861	3651	3571	4128	3313
	15.00	4421	4424	4479	4398	4621	4723	4762

(Lanjut)

Tabel I.6 Data Rata-rata Jumlah Pengunjung Bekasi *Cyber Park* per Hari (lanjutan)

Rata-rata Pengunjung Tahun 2019								
Minggu ke-	Jam Operasional	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
	16.00	4893	4789	4578	4778	4998	5760	3891
	17.00	5234	5192	5592	5581	5498	6653	3962
	18.00	6812	6712	6923	6530	6862	6790	5994
	19.00	5573	5731	5789	5832	6092	6478	5063
	20.00	3972	3721	3759	3558	3873	3966	3381
	21.00	3078	3108	3093	3262	3682	3128	2780
Minggu 2	10.00	587	696	722	838	884	893	1182
	11.00	4720	4636	4423	4832	5061	4788	4061
	12.00	5757	5644	5639	5249	3787	5767	4844
	13.00	4202	4224	4386	4109	3795	4456	3533
	14.00	3603	3451	3779	3541	3474	4041	3254
	15.00	4365	4312	4384	4266	4495	4623	4678
	16.00	4831	4667	4481	4634	4862	5638	3822
	17.00	5168	5060	5474	5413	5348	6408	3892
	18.00	6725	6542	6776	6333	6675	6433	5888
	19.00	5502	5586	5666	5656	5926	6341	4973
	20.00	3922	3626	3679	3451	3767	3882	3321
21.00	3039	3029	3027	3164	3581	3062	2731	
Minggu 3	10.00	585	693	720	842	885	889	1178
	11.00	4701	4615	4403	4854	5067	4766	4047
	12.00	5734	5618	5613	5273	3791	5741	4827
	13.00	4185	4204	4366	4128	3799	4436	3521
	14.00	3588	3435	3762	3557	3477	4023	3243
	15.00	4347	4292	4364	4285	4500	4603	4662
	16.00	4811	4646	4460	4655	4867	5779	3809
	17.00	5147	5037	5448	5438	5354	6651	3879
	18.00	6698	6511	6745	6362	6682	6753	5868
	19.00	5480	5560	5640	5682	5932	6313	4956
	20.00	3906	3610	3662	3467	3772	3865	3310
21.00	3027	3015	3014	3178	3585	3048	2721	
Minggu 4	10.00	573	685	709	831	873	878	1153
	11.00	4603	4561	4338	4790	5001	4707	3964
	12.00	5614	5553	5530	5203	3742	5669	4728
	13.00	4098	4156	4301	4073	3750	4380	3449
	14.00	3513	3395	3706	3510	3432	3973	3177

(Lanjut)

Tabel I.6 Data Rata-rata Jumlah Pengunjung Bekasi *Cyber Park* per Hari (lanjutan)

Rata-rata Pengunjung Tahun 2019								
Minggu ke-	Jam Operasional	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
	15.00	4257	4242	4299	4228	4442	4545	4566
	16.00	4711	4592	4394	4594	4804	5543	3731
	17.00	5039	4979	5368	5366	5285	6402	3799
	18.00	6559	6436	6645	6278	6596	6534	5747
	19.00	5366	5495	5557	5607	5856	6234	4854
	20.00	3824	3568	3608	3421	3723	3816	3242
	21.00	2963	2981	2969	3136	3539	3010	2665

Dapat dilihat pada Tabel I.6 mengenai jumlah pengunjung yang datang ke Bekasi *Cyber Park* untuk setiap jamnya. Rata-rata dari tubuh orang dewasa menghasilkan sekitar 400 kJ per jam. Sehingga dengan adanya banyak pengunjung, maka hal tersebut dapat menyebabkan meningkatnya suhu pada ruangan. Untuk menghitung banyaknya jumlah pengunjung yang berpengaruh terhadap meningkatnya suhu udara di dalam ruangan, maka dapat digunakan rumus turunan dari hukum termodinamika kesatu ($\Delta U = Q + W$). Dengan diketahui pengaruh suhu terhadap jumlah pengunjung yang datang pada Bekasi *Cyber Park*, maka dapat diambil keputusan mengenai penggunaan dari AC agar mencapai suhu yang diinginkan, yaitu 22-24 derajat celcius. Turunan rumus termodinamika yang digunakan pada penelitian ini adalah: (Cengel, 2018).

$$\Delta U = C_p m \Delta T \quad (\text{Pers. 1})$$

Keterangan:

ΔU = Energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu udara (J)

C_p = Kapasitas kalor udara pada tekanan tetap (J/g K)

ρ = Massa jenis udara (g/m^3)

A = Luas dari ruangan (m^2)

h = Tinggi dari ruangan (m)

m = Massa udara ($\rho A h$)

ΔT = Perubahan suhu (Kelvin)

Pada perhitungan menggunakan rumus tersebut akan didapatkan jumlah pengunjung yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu sebesar 1 derajat Celcius pada Bekasi *Cyber Park*. Sehingga dengan mengetahui hal tersebut, maka dapat dilakukan optimasi penggunaan mesin AC yang sesuai dengan kebutuhan atau

target suhu dari Bekasi *Cyber Park*. Target suhu yang didapat berdasarkan jumlah pengunjung tersebut akan dijadikan *constraint* pada perhitungan dengan menggunakan metode *nonlinear integer programming*.

Rata-rata suhu pada siang hari di Kota Bekasi adalah 32 derajat celcius dan rata-rata suhu pada malam hari di Kota Bekasi adalah 26 derajat celcius. Insulasi udara di Bekasi *Cyber Park* dikatakan cukup baik, dikarenakan pintu masuk maupun keluar terbuka maupun tertutup secara otomatis. Melihat dari permasalahan bahwa realisasi pembiayaan penggunaan AC sering lebih besar dari *budget* yang ditentukan, maka perlu dilakukan optimasi penggunaan AC di Bekasi *Cyber Park* yang mempertimbangkan berbagai *constraint* yang digunakan. Optimasi akan dilakukan dengan menggunakan metode pemrograman nonlinear integer (*nonlinear integer programming*). Aplikasi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan AC pada Bekasi *Cyber Park* adalah AMPL. Aplikasi AMPL dapat menyelesaikan model permasalahan berupa persamaan matematika, seperti salah satunya adalah menyelesaikan dengan metode *nonlinear integer programming* dan metode lainnya.

Penelitian optimasi penggunaan sumber daya alam atau manusia menggunakan *linear integer programming* sudah pernah dilakukan oleh beberapa penelitian terdahulu. Winarto (2017), meneliti mengenai optimasi biaya dan waktu penggunaan dari penggunaan alat berat pada suatu pengerjaan penggalian tanah dengan metode *linear integer programming*. Prihanto (2017), meneliti mengenai optimalisasi biaya dan waktu dari pelaksanaan proyek pembangunan gedung dengan metode *linear programming*. Saputra dan Gondokusumo (2018), meneliti mengenai optimasi penjadwalan proyek repetitive dengan menggunakan metode *linear programming*.

Dari identifikasi masalah yang telah dijelaskan mengenai permasalahan mengenai kebutuhan optimasi dalam penggunaan AC, setelah itu dapat dibuat rumusan masalah. Rumusan masalah akan digunakan sebagai fokus untuk mencari solusi dan menyelesaikan permasalahan optimasi penggunaan AC pada pusat perbelanjaan Bekasi *Cyber Park*. Berikut merupakan rumusan masalah yang telah dijabarkan dalam bentuk poin-poin.

1. Bagaimana model yang terbentuk dari permasalahan optimasi penggunaan mesin AC dengan menggunakan *nonlinear integer programming*?

2. Bagaimana hasil fungsi optimasi yang didapatkan dengan menggunakan metode *nonlinear integer programming*?
3. Bagaimana usulan yang dapat diberikan kepada pihak Bekasi *Cyber Park* untuk mengatur jadwal penggunaan AC?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Penelitian yang dilakukan pasti memiliki batasan dan asumsi di dalamnya. Pembatasan masalah bertujuan agar masalah yang dibahas dapat lebih dalam atau terperinci, sehingga penelitian pun bisa mencapai tujuan yang diharapkan. Berikut merupakan batasan-batasan masalah yang digunakan dalam pembuatan penelitian ini.

1. Dalam penelitian ini tidak melibatkan tahap implementasi pada keadaan sesungguhnya, melainkan hanya mencapai tahap usulan saja.
2. Perhitungan biaya yang dilakukan tidak melibatkan biaya *maintenance* terhadap setiap jenis unit AC, melainkan hanya biaya penggunaannya energi saja.
3. Dalam tahap usulan menggunakan data luas bangunan yang ada pada saat ini, sehingga jika terjadi perubahan luas, maka usulan menjadi tidak relevan.
4. Seluruh mesin AC yang digunakan dapat menjangkau seluruh bagian ruangan di dalam Bekasi *Cyber Park* secara merata.

Untuk memperkuat permasalahan yang dibahas, maka perlu dilakukan pengasumsian terhadap beberapa faktor yang dibahas. Hal ini dapat membantu memperjelas penelitian, wilayah pengambilan data, dan instrumen pengumpulan data. Berikut merupakan asumsi yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Suhu pada luar gedung Bekasi *Cyber Park* tidak berubah secara signifikan dari hari ke hari.
2. Tidak terjadinya penurunan performansi dari setiap mesin AC.
3. Suhu pada ruangan langsung berubah di awal jam tanpa dipengaruhi oleh suhu pada jam sebelumnya.
4. Perhitungan peningkatan penggunaan setiap energi pada saat pertama kali mengaktifkan mesin AC dapat diabaikan karena hanya terjadi selama 10 menit awal.

I.4 Tujuan Penelitian

Untuk setiap penelitian dipastikan memiliki tujuan yang harus dicapai. Dengan adanya tujuan tersebut, maka terdapat masalah yang dituju dapat diselesaikan dengan baik, beserta dengan solusi yang diberikan. Berikut merupakan beberapa tujuan dari penelitian yang harus dicapai berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya.

1. Mengetahui model yang terdiri dari *objective function*, *decision variable*, *problem constraint*, *sign restriction*, dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap hasil keputusan dengan menggunakan metode *nonlinear integer programming*.
2. Dengan menggunakan metode *nonlinear integer programming* berhasil mendapatkan hasil fungsi minimasi biaya yang optimal, namun tetap memerhatikan biaya dan batasan kendala yang ada.
3. Dapat memberikan usulan terbaik untuk penggunaan AC kepada pihak Bekasi *Cyber Park*.

I.5 Manfaat Penelitian

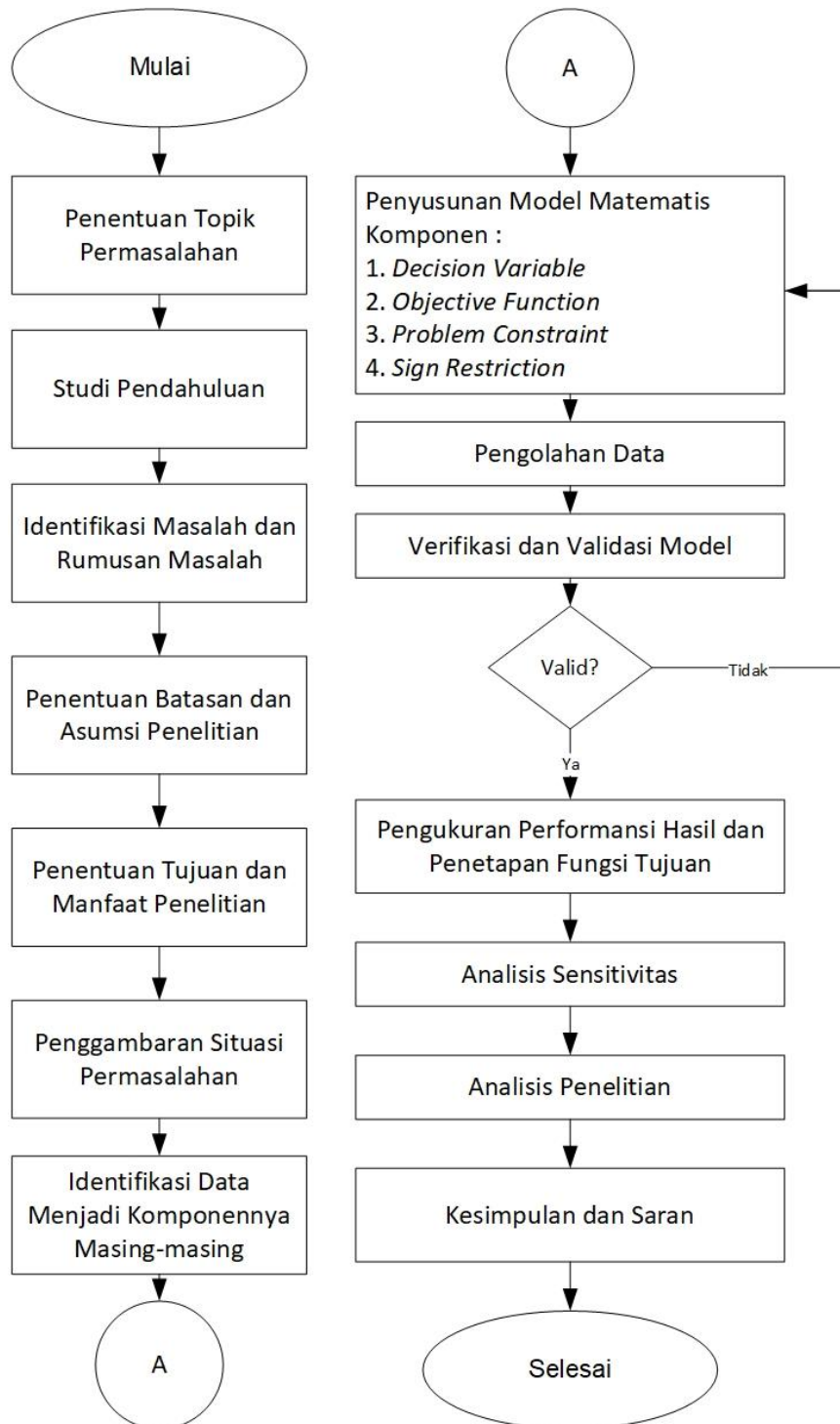
Dari penelitian yang dilakukan mengenai optimasi penggunaan tiga jenis mesin AC dengan metode *Non-linear Integer Programming*, maka dapat memberikan suatu manfaat berdasarkan solusi dari permasalahan tersebut. Berikut merupakan beberapa manfaat dari penelitian yang dilakukan.

1. Memberikan contoh atau referensi mengenai penelitian untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan menggunakan metode *Non-linear Integer Programming*.
2. Menambah pengetahuan atau wawasan bagi pembaca mengenai model optimasi menggunakan metode *Non-linear programming*.
3. Mengembangkan penelitian mengenai optimasi menggunakan metode *Non-linear Integer Programming*.

I.6 Metodologi Penelitian

Pada suatu penelitian harus dilakukan penyusunan dari metodologi penelitian. Metodologi penelitian adalah suatu susunan langkah-langkah yang harus dilakukan selama penelitian. Hal tersebut bertujuan untuk mengarahkan penelitian dengan tepat dan akurat dari awal hingga akhir. Berikut merupakan

penyusunan metodologi penelitian dari optimasi penggunaan AC.



Gambar I.8 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar I.8 mengenai diagram alir seluruh rangkaian kegiatan dari penelitian yang dilakukan. Diawali dengan penentuan topik

permasalahan hingga kesimpulan dan saran dari hasil yang didapatkan. Berikut merupakan penjelasan dari setiap langkah pada diagram alir tersebut.

1. Penentuan Topik Permasalahan

Langkah awal dari proses penelitian diawali dengan penentuan topik dari permasalahan yang akan dibahas. Topik tersebut didapatkan melalui pengamatan permasalahan di tempat sekitar dengan cara melakukan wawancara dengan staf bagian *engineering* Bekasi *Cyber Park*. Kemudian dari permasalahan tersebut akan diangkat menjadi topik penelitian. Pada penelitian ini akan dibahas permasalahan mengenai optimasi dari penggunaan AC.

2. Studi Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran terhadap permasalahan yang akan dibahas. Hal ini bertujuan untuk membantu pemilik masalah dalam melakukan proses penyelesaian masalah dari permasalahan dengan tepat dan benar. Proses pembelajaran tersebut dapat dilakukan dengan membaca literatur dan informasi mengenai permasalahan tersebut dari buku maupun media lainnya.

3. Identifikasi Masalah dan Rumusan Masalah

Pada tahap identifikasi masalah dilakukan penjabaran masalah terhadap data yang didapatkan melalui perusahaan. Data tersebut dapat berupa tulisan ataupun wawancara secara lisan mengenai permasalahan yang terjadi pada objek permasalahan. Data tersebut terdiri dari permasalahan utama yang terjadi, yaitu seringnya biaya penggunaan AC yang melebihi *budget*. Maka dari itu dilakukan pengumpulan data mengenai spesifikasi dari AC, lalu data historis mengenai penggunaan AC. Selanjutnya beberapa permasalahan tersebut dirangkum menjadi beberapa butir pertanyaan yang merupakan rumusan masalah. Setelah dilakukan identifikasi masalah, maka untuk menyelesaikan permasalahan tersebut akan digunakan metode *nonlinear integer programming*.

4. Penentuan Batasan dan Asumsi Penelitian

Pada tahap ini akan dilakukan pembatasan dari penelitian yang dilakukan. Hal ini bertujuan untuk membatasi luas cakupan dari penelitian tersebut agar tujuan dari penelitian tercapai. Jika tidak dilakukan pembatasan terhadap penelitian, maka permasalahan yang diteliti akan menjadi tidak terarah dan membutuhkan waktu yang lama dalam proses penyelesaiannya. Lalu terdapat asumsi dalam penyelesaian penelitian tersebut. Asumsi penelitian dilakukan untuk menghilangkan beberapa faktor yang mungkin terjadi secara tidak terduga dan

tidak dapat dikendalikan.

5. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Pada tahap ini dibuat tujuan dan manfaat penelitian. Pada tujuan penelitian berisi mengenai arah dari penelitian yang akan dibuat, serta pada akhir dari penelitian harus terdapat hasil yang didapatkan. Terdapat pula manfaat dari penelitian yang berisi mengenai keuntungan dari penelitian yang telah dibuat terhadap beberapa pihak. Keuntungan tersebut dapat berupa informasi, ilmu pengetahuan, maupun pengalaman yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan terhadap suatu objek permasalahan.

6. Penggambaran Situasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan penggambaran terhadap situasi permasalahan yang terjadi pada penelitian optimasi penggunaan mesin AC. Untuk menggambarkan situasi permasalahan perlu mengetahui kompleksitas dari permasalahan yang terjadi. Dengan begitu dapat dengan mudah melakukan identifikasi komponen dan model yang akan dirancang. Untuk menggambarkan situasi permasalahan tersebut, maka akan digunakan *rich picture diagram*.

7. Identifikasi Data Menjadi Komponennya Masing-masing

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap setiap data yang didapatkan sebelumnya. Setelah itu, perlu untuk menentukan terlebih dahulu komponen yang akan menjadi bagian dari *objective function*. Selain itu, terdapat pula *decision variable* merupakan variabel yang dapat diatur oleh pengguna fungsi. *Decision variable* merupakan variabel yang dilakukan dioptimasi, seperti penggunaan mesin AC. Setelah itu, dilakukan pengelompokan data yang merupakan *problem constraint* dari variable yang terdapat pada *objective function*, seperti *constraint* pada penggunaan energi. Lalu, menentukan *sign restriction* atau *non-negative variable* yang merupakan variabel yang tidak boleh bernilai kurang dari 0, seperti biaya, penggunaan energi, dan kondisi AC yang aktif.

8. Penyusunan Model Matematis Komponen

Pada tahap ini akan menyusun model matematis dari setiap komponen. Setelah didapatkan komponen yang berpengaruh atau menjadi bagian dalam *objective function*, *problem constraint*, dan *non-negative function* akan disusun secara tepat menurut model matematis. Model matematis yang dihasilkan terdiri dari beberapa fungsi dan masing-masing fungsi memiliki tanda sama dengan ($=$), kurang dari (\leq), lebih dari (\geq), atau tidak sama dengan (\neq). Tanda tersebut

disesuaikan dengan batasan ataupun keadaan yang menunjang tercapainya tujuan minimasi biaya dari *objective function*.

9. Pengolahan Data

Pada pengolahan data akan dilakukan perhitungan terhadap model matematis komponen yang telah disusun. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hasil akhir atau usulan optimal yang dapat diberikan kepada perusahaan. Metode yang digunakan untuk melakukan perhitungan merupakan *nonlinear integer programming*. Dalam melakukan perhitungannya akan dibantu dengan aplikasi komputer AMPL dan NEOS Server.

10. Verifikasi dan Validasi Model

Pada bagian ini akan dilakukan verifikasi dan validasi model yang telah terbentuk dari proses pembentukan model matematis dan sudah dilakukan perhitungan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dibentuk tersebut sudah benar dan siap untuk digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sesungguhnya. Pada proses verifikasi model akan dilakukan penerjemahan model yang telah dibuat menjadi kode baris program pada aplikasi AMPL untuk memastikan tidak ada kesalahan penulisan dan perhitungan matematis yang benar. Setelah itu, dilakukan proses validasi model dengan melakukan perhitungan terhadap permasalahan yang terjadi untuk memastikan hasil perhitungan pada model tersebut valid.

11. Pengukuran Performansi Hasil dan Penetapan Fungsi Tujuan

Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran terhadap hasil yang didapatkan melalui perhitungan oleh AMPL. Hasil tersebut kemudian diambil dan dibandingkan dengan *objective function* yang telah disusun. Dari hasil tersebut, maka dapat didapatkan fungsi yang berguna bagi objek yang diteliti atau pihak dari Bekasi *Cyber Park*.

12. Analisis Sensitivitas

Setelah didapatkan hasil keputusan dari optimasi yang dilakukan, maka pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap hasil optimasi. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitifitas keputusan yang diambil terhadap parameter tertentu. Metode yang digunakan untuk melakukan uji tersebut adalah analisis sensitivitas.

13. Analisis Penelitian

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan, maka selanjutnya akan

dilakukan analisis terhadap hasil tersebut. Analisis berguna untuk melakukan evaluasi terhadap hasil yang didapatkan. Hasil tersebut perlu mendapatkan tanggapan dan argumen dari penulis pada bagian analisis.

14. Kesimpulan dan Saran

Terakhir merupakan tahap yang penting dibuat, yaitu kesimpulan dan saran. Pada kesimpulan akan dijelaskan mengenai benang merah dari seluruh hasil yang didapatkan. Lalu akan dijelaskan mengenai jawaban dari setiap pertanyaan pada tujuan penelitian. Pada saran akan diberikan masukan terhadap objek yang diteliti dari hasil yang telah didapatkan melalui penelitian.

I.7 Sistematika Penulisan

Dalam melakukan penulisan suatu laporan penelitian harus dilakukan secara terstruktur. Sistematika penulisan bertujuan untuk menjelaskan garis besar isi dari masing-masing bab yang terdapat pada laporan secara terstruktur. Berikut merupakan sistematika penulisan pada penelitian ini.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I merupakan tahap pertama dari penelitian, yaitu mengenai pengenalan dan perencanaan terhadap permasalahan yang ingin diteliti serta penjelasan mengenai tujuan dan manfaat dari penelitian. Untuk bab I terdapat 7 subbab yang terdiri dari latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II merupakan tahap kedua dari penelitian, yaitu mengenai dasar teori dari metode yang nantinya akan digunakan untuk mengolah data. Untuk bab II terdapat 4 subbab yang terdiri dari *operational research*, *nonlinear integer programming*, termodinamika, *rich picture diagram*, analisis sensitivitas, dan AMPL dan NEOS Server.

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab III merupakan tahap ketiga dari penelitian, yaitu mengenai pengolahan data yang telah didapat sebelumnya menggunakan metode yang telah ditentukan hingga mendapatkan solusi dari permasalahan yang diteliti. Untuk bab III terdapat 7 subbab yang terdiri dari gambaran konsep permasalahan antar elemen, perhitungan dampak jumlah pengunjung terhadap suhu ruangan,

perhitungan biaya penggunaan mesin AC, pemodelan matematis, optimasi penggunaan mesin AC, usulan penggunaan mesin AC berdasarkan jendela waktu, dan analisis sensitivitas.

BAB IV ANALISIS

Pada bab IV merupakan tahap keempat dari penelitian, yaitu mengenai analisis dari hasil pengolahan data yang dilakukan pada bab III. Untuk bab IV terdapat 5 subbab yang terdiri dari analisis mesin AC dan biaya energi, analisis dampak jumlah pengunjung terhadap suhu ruang, analisis pemodelan matematis, analisis penggunaan aplikasi optimasi, dan analisis hasil sensitivitas model dan hasil optimisasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab V merupakan tahap kelima dari penelitian, yaitu mengenai kesimpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Untuk bab V terdapat 2 subbab yang terdiri dari kesimpulan dan saran.