

# Penerapan Algoritma Greedy dalam Optimasi Biaya Sumber Energi Baru dan Terbarukan

Dafi Ihsandiya Faraz – NIM: 13516057

Program Studi Teknik Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10  
Bandung, Indonesia  
dafifaraz@gmail.com

**Abstrak**—Kebutuhan energi listrik Indonesia kini sudah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan 10 tahun lalu, oleh karena itu diperlukan sumber energi listrik lebih banyak dari sebelumnya. Selain sumber energi listrik tak terbarukan seperti batu bara, kini Indonesia sudah mulai mengandalkan sumber energi listrik terbarukan seperti tenaga surya dan tenaga angin yang lebih ramah lingkungan. Salah satu kendala dalam mengimplementasikan sumber energi listrik terbarukan sebagai sumber energi utama adalah ketidak-andalannya dalam menghasilkan energi listrik secara stabil serta biayanya yang saat ini relatif lebih mahal. Makalah ini bertujuan untuk membahas dan menyelesaikan permasalahan optimasi biaya pada sumber energi listrik terbarukan dengan menggunakan Algoritma *Greedy*.

**Kata Kunci**—Algoritma *greedy*, Optimasi, Sumber energi terbarukan, angin, surya.

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan pokok bagi manusia zaman modern. Namun, sumber energi listrik yang saat ini diandalkan adalah sumber energi yang tidak dapat terbarukan (Non-renewable), yang berarti suatu saat akan bisa habis. Oleh karena itu, mulailah bangkit ketertarikan dengan sumber energi listrik yang bersifat terbarukan (Renewable) seperti tenaga panas bumi, tenaga biomassa, tenaga surya, tenaga angin, dan tenaga air.

Energi terbarukan juga dapat menjadi solusi bagi daerah-daerah di Indonesia yang belum tercapai oleh jaringan listrik PLN. Energi terbarukan yang biasanya dapat diandalkan oleh daerah-daerah tersebut adalah energi surya, energi angin, serta energi air, karena ketersediaannya yang melimpah.

Karena sifatnya yang terbarukan, seharusnya pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan menjadi sumber utama dalam menghasilkan listrik. Lalu mengapa tidak demikian? Jawaban yang dapat saya simpulkan adalah jumlah energi yang dihasilkan serta biaya.

Pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan saat ini belum dapat menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan listrik masyarakat, karena teknologi yang ada belum dapat memanfaatkan energi terbarukan secara efisien dan baik. Biaya yang dibutuhkan untuk mendukung pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan juga relatif lebih mahal dari pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi yang tak dapat terbarukan.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Algoritma *Greedy*

Algoritma *Greedy* merupakan algoritma yang memiliki tujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan optimasi, baik optimasi maksimal maupun optimasi minimal. Istilah Algoritma *Greedy* berasal dari kata Bahasa Inggris yang berarti rakus atau tamak, sesuai dengan cara kerja Algoritma *Greedy* yaitu selalu mencari hasil yang paling menguntungkan pada suatu saat tanpa memikirkan konsekuensi pilihan tersebut kedepannya. Karena sifatnya, penyelesaian persoalan dengan algoritma *greedy* akan hampir selalu lebih cepat daripada algoritma brute-force, yaitu algoritma yang mencoba segala kemungkinan sebelum menentukan solusi yang tepat.

Pada dasarnya, algoritma *greedy* memecah permasalahan menjadi beberapa langkah, dimana pada setiap langkah terdapat beberapa pilihan yang dapat diambil. Pada setiap langkah, algoritma *greedy* akan selalu mengambil pilihan yang dianggap paling baik diantara pilihan lainnya (local optimum), lalu akan melanjutkan ke langkah berikutnya hingga mencapai langkah terakhir. Dengan mengambil pilihan terbaik pada setiap langkah, algoritma *greedy* diharapkan dapat menghasilkan solusi yang optimum secara keseluruhan (global optimum).

Berikut adalah algoritma *greedy* generik dalam bentuk pseudocode:

```
function Greedy(input
C:himpunan_kandidat)-> himpunan_kandidat
{ Mengembalikan solusi
dari persoalan optimasi dengan
algoritma greedy
Masukan: himpunan kandidat C
Keluaran:
himpunan solusi yang bertipe
himpunan_kandidat
}
```

Deklarasi  
x : kandidat  
s : himpunan\_kandidat

Algoritma:  
S<-{} { inialisasi S dengan kosong }  
while(not SOLUSI(S))and(C!={}) do  
x <- SELEKSI(C) { pilih sebuah kandidat  
dari C}  
C<-C-{x} { elemen himpunan kandidat  
berkurang satu }  
if LAYAK(S∪{x})then  
S<-S∪{x}  
endif  
endwhile  
{SOLUSI(S)or C = {} }  
if SOLUSI(S)then  
return S  
else  
write('tidak ada solusi')  
endif

## 2.2 Elemen-elemen pada Algoritma Greedy

Untuk menghasilkan solusi, terdapat beberapa elemen pada algoritma greedy sebagai berikut:

- 1) Himpunan Kandidat  
Himpunan kandidat berisi kandidat-kandidat yang dapat ditentukan sebagai solusi dari permasalahan.
- 2) Himpunan Solusi  
Himpunan solusi berisi himpunan kandidat yang telah ditentukan sebagai solusi.
- 3) Fungsi Kelayakan  
Fungsi kelayakan adalah fungsi yang digunakan untuk memeriksa kelayakan suatu anggota himpunan kandidat sebagai solusi ketika sudah terpilih oleh fungsi seleksi.
- 4) Fungsi Seleksi  
Fungsi seleksi adalah fungsi yang digunakan untuk memilih kandidat dari himpunan kandidat.

## 5) Fungsi Objektif

Fungsi objektif adalah fungsi yang digunakan untuk memilih solusi yang paling optimal.

### 2.3 Contoh Penerapan Algoritma Greedy

Salah satu permasalahan optimasi yang dapat diselesaikan oleh algoritma greedy adalah permasalahan knapsack fraksional (Fractional Knapsack Problem). Contoh permasalahan knapsack fraksional adalah sebagai berikut:

Seorang pedagang ingin menjual berbagai macam barang miliknya, namun ransel sang pedagang hanya mampu membawa barang-barang dengan berat total 10kg. Barang barang yang dapat ia bawa adalah beras (2 kg, Rp400.000), gandum (5 kg, Rp1.000.000), kacang merah (1 kg, 300.000), kacang hitam (1 kg, 350.000), dan kacang hijau (3 kg, 700.000). Pedagang dapat membawa sebagian dari jumlah barang yang tersedia. Barang apa saja yang harus ia bawa agar mendapatkan profit yang maksimal?

Solusi:

Cari terlebih dahulu harga per berat setiap barang yang ia jual, dan urutkan hasil secara menurun.

1. Kacang Hitam = Rp350.000/kg
2. Kacang Merah = Rp300.000/kg
3. Kacang Hijau = Rp700.000/3 kg = Rp233.33/kg
4. Beras = Rp.400.000/2 kg = 200.000/kg
5. Gandum = Rp1.000.000/5 kg = Rp200.000/kg

Kemudian, ambil barang yang harga per beratnya paling kecil terlebih dahulu hingga seluruh barang tersebut terambil, dilanjutkan dengan barang yang harga per beratnya kedua terkecil dan seterusnya hingga kriteria pembatas (kapasitas ransel yaitu 10kg) tercapai.

### 2.4 Sumber Energi Terbarukan

Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari sumber alam yang tidak akan habis, apabila dikelola dengan baik. Dalam makalah ini, akan dibahas tiga sumber energi terbarukan yaitu:

1. Sumber Energi Listrik Tenaga Surya
2. Sumber Energi Listrik Tenaga Angin
3. Sumber Energi Listrik Tenaga Air

### 2.5 Sumber Energi Listrik Tenaga Surya



Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Pulau Sumba. Sumber: <http://climateobserver.org/renewable-energies-ren21-2015-report/>

Sumber energi tenaga surya memanfaatkan energi dari matahari untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga surya terbagi menjadi dua jenis, yaitu pembangkit listrik tenaga surya tanpa penyimpanan energi dan pembangkit listrik tenaga surya dengan penyimpanan energi. Pembangkit listrik tenaga surya yang memiliki sarana penyimpanan energi memerlukan biaya yang lebih besar karena memerlukan modul tambahan berupa baterai. Kelebihan pembangkit listrik tenaga surya yang memiliki metode penyimpanan energi dibandingkan dengan yang tidak memiliki metode penyimpanan energi adalah energi yang dihasilkan dari panel surya dapat digunakan kapan saja, tidak hanya ketika terdapat matahari saja.

Berdasarkan statistik Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, potensi tenaga surya Indonesia relatif cukup tinggi, dengan potensi dapat menghasilkan 207.898 MW. Berikut adalah tabel potensi tenaga surya yang telah dikelompokkan berdasarkan provinsi dengan satuan potensi berupa MW:

No.	Provinsi	Potensi	No.	Provinsi	Potensi
1	Kalimantan Barat	20.113	18	Sumatera Barat	5.898
2	Sumatera Selatan	17.233	19	Kalimantan Utara	4.643
3	Kalimantan timur	13.479	20	Sulawesi Tenggara	3.917
4	Sumatera Utara	11.851	21	Bengkulu	3.475
5	Jawa Timur	10.335	22	Maluku Utara	3.036
6	Nusa Tenggara Barat	9.931	23	Bangka Belitung	2.810
7	Jawa Barat	9.099	24	Banten	2.461
8	Jambi	8.847	25	Lampung	2.238
9	Jawa Tengah	8.753	26	Sulawesi Utara	2.113
10	Kalimantan Tengah	8.459	27	Papua	2.035
11	Aceh	7.881	28	Maluku	2.020
12	Kepulauan Riau	7.763	29	Sulawesi Barat	1.677
13	Sulawesi Selatan	7.588	30	Bali	1.254
14	Nusa Tenggara Timur	7.272	31	Gorontalo	1.218
15	Papua Barat	6.307	32	DI. Yogyakarta	996
16	Sulawesi Tengah	6.187	33	Riau	753
17	Kalimantan Selatan	6.031	34	DKI Jakarta	225
<b>Total</b>		<b>207.898</b>			

Tabel Potensi Tenaga Surya berdasarkan provinsi, data diperoleh dari Statistik EBTKE 2016 Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi

## 2.6 Sumber Energi Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Sidrap, Sulawesi Selatan. Sumber: <https://katasulsel.com/2017/09/14/pltb-sidrap-bakal-jadi-spot-wisata-smart-terbesar-di-indonesia/>

Sumber energi tenaga angin memanfaatkan energi dari pergerakan udara untuk menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan listrik.

Berdasarkan statistik Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, potensi tenaga surya Indonesia relatif cukup tinggi, dengan potensi dapat menghasilkan 60.647MW. Berikut adalah tabel potensi tenaga surya yang telah dikelompokkan berdasarkan provinsi dengan satuan potensi berupa MW:

No.	Provinsi	Potensi	No.	Provinsi	Potensi
1	Nusa Tenggara Timur	10.188	18	Kepulauan Riau	922
2	Jawa Timur	7.907	19	Sulawesi Tengah	908
3	Jawa Barat	7.036	20	Aceh	894
4	Jawa Tengah	5.213	21	Kalimantan Tengah	681
5	Sulawesi Selatan	4.193	22	Kalimantan Barat	554
6	Maluku	3.188	23	Sulawesi Barat	514
7	Nusa Tenggara Barat	2.605	24	Maluku Utara	504
8	Bangka Belitung	1.787	25	Papua Barat	437
9	Banten	1.753	26	Sumatera Barat	428
10	Bengkulu	1.513	28	Sumatera Utara	356
11	Sulawesi Tenggara	1.414	29	Sumatera Selatan	301
12	Papua	1.411	30	Kalimantan timur	212
13	Sulawesi Utara	1.214	31	Gorontalo	137
14	Lampung	1.137	27	Kalimantan Utara	73
15	DI. Yogyakarta	1.079	32	Jambi	37
16	Bali	1.019	33	Riau	22
17	Kalimantan Selatan	1.006	34	DKI Jakarta	4
<b>Total</b>		<b>60.647</b>			

Tabel Potensi Tenaga Angin berdasarkan provinsi, data diperoleh dari Statistik EBTKE 2016 Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi

## 2.7 Sumber Energi Listrik Tenaga Air





Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang akan dibangun di Sungai Kayan, Kalimantan Utara. Sumber: <https://infonawacita.com/kalimantan-utara-fokus-realisasikan-plta-sungai-kayan-tunggu-izin-kementerian-ini/>

Sumber energi tenaga air terbagi menjadi dua jenis yaitu sumber energi tenaga air yang menggunakan dam (hidro), serta sumber energi tenaga air yang memanfaatkan arus sungai (mikro-hidro).

Berdasarkan statistik Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, potensi tenaga surya Indonesia relatif cukup tinggi, dengan potensi dapat menghasilkan 207.898 MW. Berikut adalah tabel potensi tenaga surya yang telah dikelompokkan berdasarkan provinsi dengan satuan potensi berupa MW:

No.	Provinsi	Potensi	No.	Provinsi	Potensi
1	Kalimantan Timur	3.562	17	Riau	284
2	Kalimantan Tengah	3.313	18	Maluku	190
3	Aceh	1.538	19	Kalimantan Selatan	158
4	Sumatera Barat	1.353	20	Kalimantan Barat	124
5	Sumatera Utara	1.204	21	Gorontalo	117
6	Jawa Timur	1.142	22	Sulawesi Utara	111
7	Jawa Tengah	1.044	23	Bengkulu	108
8	Kalimantan Utara	943	24	Nusa Tenggara Timur	95
9	Sulawesi Selatan	762	25	Banten	72
10	Jawa Barat	647	26	Nusa Tenggara Barat	31
11	Papua	615	27	Maluku Utara	24
12	Sumatera Selatan	448	28	Bali	15
13	Jambi	447	29	Sulawesi Barat	7
14	Sulawesi Tengah	370	30	DI. Yogyakarta	5
15	Lampung	352	31	Papua Barat	3
16	Sulawesi Tenggara	301		<b>Total</b>	<b>19.385</b>

Tabel Potensi Tenaga Hidro dan Mikro-Hidro berdasarkan provinsi, data diperoleh dari Statistik EBTKE 2016 Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.

### III. PENERAPAN

Permasalahan Optimasi Biaya EBT yang akan dibahas dalam makalah ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan sebagai berikut: Sumber energi EBT mana sajakah yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik suatu daerah pada suatu waktu tertentu?

Secara konsep, penyelesaian permasalahan optimasi sumber energi baru dan terbarukan hampir sama metode penyelesaiannya dengan penyelesaian permasalahan *fractional knapsack problem* karena memiliki persamaan sebagai berikut:

- Kemampuan produksi Kwh per hari setara dengan harga barang di knapsack problem
- Biaya produksi per hari setara dengan berat barang di knapsack problem

Oleh karena itu, kerangka penyelesaian soal yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi ini adalah metode penyelesaian *fractional knapsack problem* dengan beberapa perubahan.

Sebagai contoh kasus, program penyelesaian masalah optimasi akan menggunakan asumsi data dari tabel sebagai berikut:

Sumber Energi	Biaya per Kwh	Produksi KW Maksimum
Surya	7	14
Angin	5	9
Air	3	8

Tabel Sumber Energi yang akan digunakan oleh algoritma. Data dari tabel ini hanyalah asumsi untuk mempermudah penjelasan.

Data dari tabel diatas akan berubah setiap harinya, karena biaya per Kwh serta produksi Kwh maksimum setiap sumber energi sangat bergantung pada berbagai faktor yang dapat berubah setiap hari, diantaranya cuaca, suhu, dan ketersediaan air.

Pseudocode fungsi pencari solusi optimum :

```

Function CariSolusi(input C :
DataSumberEnergi, Kebutuhan_Energi :
real) <- himpunan_solusi
Deklarasi

i, TotalEnergi : integer
MasihMuatUtuh : boolean
x : himpunan_solusi
Algoritma:
for i <- 1 to n do
    x[i]<-0
endfor
i <-0
TotalEnergi<- 0
MasihMuatUtuh<-true
while (i <= n) and (MasihMuatUtuh) do
    i <- i + 1
    if TotalEnergi + C.w[i]<=
    KebutuhanEnergi then

x[i]<-1
TotalEnergi <- TotalEnergi + C.w[i]
else
MasihMuatUtuh<- false
    x[i] <- (Kebutuhan_Energi -
TotalEnergi)/C.w[i]
endif
endwhile
{ i > n or notMasihMuatUtuh }
return x

```

Dengan algoritma diatas, akan dihasilkan kombinasi sumber energi EBT yang sesuai agar dapat memenuhi kebutuhan listrik yang telah ditetapkan. Perhitungan ini dilakukan setiap kali data dari tabel diperbarui.

#### IV. ANALISIS

Dengan algoritma yang digunakan, akan dihasilkan kombinasi optimal dimana jumlah biaya total dari produksi listrik dari EBT adalah biaya yang paling minimum. Proses kerja algoritma adalah sebagai berikut:

Algoritma akan memaksimalkan sumber energi dengan harga termurah terlebih dahulu, dengan batasan jumlah maksimum KW yang dapat dihasilkan oleh sumber energi tersebut.

Kemudian, apabila jumlah energi yang dihasilkan masih kurang dari jumlah energi yang diminta, sumber energi kedua akan dimasukkan sampai kebutuhan energi terpenuhi atau telah tercapainya jumlah energi maksimum yang dapat dihasilkan oleh sumber energi tersebut.

Proses diatas akan berulang hingga kebutuhan energi terpenuhi, atau hingga seluruh sumber EBT telah mencapai jumlah produksi energi maksimum.

Dengan menggunakan algoritma greedy, akan dihasilkan kombinasi dari ketiga sumber energi tersebut dimana jumlah biaya yang diperlukan untuk menghasilkan listrik adalah yang paling sedikit, serta karena sifatnya yang tidak mencoba seluruh kemungkinan, hasil optimasi dari algoritma tersebut akan muncul dengan cepat.

#### V. KESIMPULAN

Apabila tersedia informasi mengenai estimasi biaya EBT untuk menghasilkan listrik serta jumlah maksimal energi listrik yang dapat dihasilkan oleh sumber energi tersebut. Algoritma greedy merupakan algoritma yang baik dalam melakukan optimasi biaya dari sumber listrik EBT tersebut.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Terimakasih juga kepada dosen pengampu mata kuliah Strategi Algoritma IF2211 Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir MT. karena telah membimbing dan membagi ilmunya sehingga penulis dapat menulis makalah ini dengan baik.

#### REFERENSI

- [1] <https://media.neliti.com/media/publications/139177-ID-perbandingan-harga-energi-dari-sumber-en.pdf>, diakses pada tanggal 11 may 2018 jam 15:44
- [2] <https://lizenhs.wordpress.com/2014/10/13/energi-baru-terbarukan-diperbaharui-atau-energi-ramah-lingkungan-apa-itu-uu/>, diakses pada tanggal 12 may 2018 jam 13:41
- [3] Slide kuliah Strategi Algoritma 2017-2018 dari <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/stima17-18.htm>
- [4] Statistik EBTKE 2016, Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- [5] Statistik Ketenagalistrikan 2016, Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 12 Mei 2018



Dafi Ihsandiya Faraz

