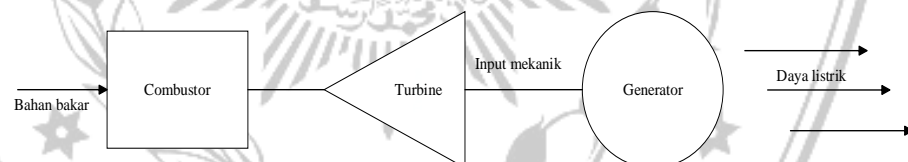


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Tenaga Listrik Gas dan Uap

PLTGU memerlukan gas sebagai bahan bakar utama dalam proses produksi energi listrik, namun *High Speed Diesel* (HSD) juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar pada proses pembangkitan listrik ketika ketersediaannya gas yang merupakan bahan bakar utama tidak mampu memenuhi kebutuhan pembangkitan listrik. *High Speed Diesel* sendiri adalah jenis bahan bakar cair dengan standar kualitas tertentu yang telah disesuaikan dengan sistem pembakaran pada pembangkit listrik tenaga gas dan uap agar menghasilkan kinerja yang andal. Pembangkit listrik memiliki peran vital untuk menjaga keberlangsungan aktifitas masyarakat. Keberlanjutan operasional memerlukan sistem tenaga yang terorganisir agar pasokan listrik tetap terpenuhi. Pembangkit listrik menjadi pusat awal penyediaan daya untuk kemudian disalurkan menuju titik-titik beban konsumen. Salah satu komponen pada pembangkit listrik yakni generator yang menghasilkan output daya. Jumlah generator pada pembangkit listrik bervariasi sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas pembangkit tersebut. Dalam proses pembangkitan listrik biaya bahan bakar merupakan aspek paling besar dari semua jenis biaya pada usaha pembangkitan listrik.



Gambar 2.1 Pembangkit Tenaga Listrik

Gambar 2.1 memberikan gambaran sederhana tentang bagaimana pembangkit listrik dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu komponen utama pada PLTGU adalah *Combustor* atau ruang bakar. Pada unit pembangkit listrik diawali dengan proses pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan energi panas yang memiliki tekanan sebagai energi penggerak turbin. Konversi energi panas dari ruang bakar menjadi energi mekanik menyebabkan perputaran turbin yang terhubung dengan generator dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator didistribusikan menuju konsumen melalui sistem jaringan dan transmisi tertentu sesuai dengan kebutuhan energi yang diperlukan. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Grati Blok II merupakan unit pembangkitan listrik dibawah naungan PT. PLN Indonesia Power dengan kapasitas pembangkitan sebesar 300 MW melalui 3 unit turbin gas dan 1 unit turbin uap.

2.2 Beban Listrik

Daya yang dihasilkan dari proses pembangkitan digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen atau biasa disebut beban yang merupakan tujuan akhir dari daya listrik. Besaran beban konsumen bervariasi setiap waktunya sesuai dengan kebutuhan konsumen diantaranya sektor industri, perkantoran, rumah tangga dan lain-lain. Sistem Pembangkit tenaga listrik dianggap layak ketika mampu melayani kebutuhan dengan baik. Berdasarkan pola kebutuhan energi listrik oleh konsumen beban listrik dikelompokkan menjadi 3 kategori. Kategori beban tersebut adalah beban puncak, beban menengah dan beban dasar.

2.2.1 Beban Puncak

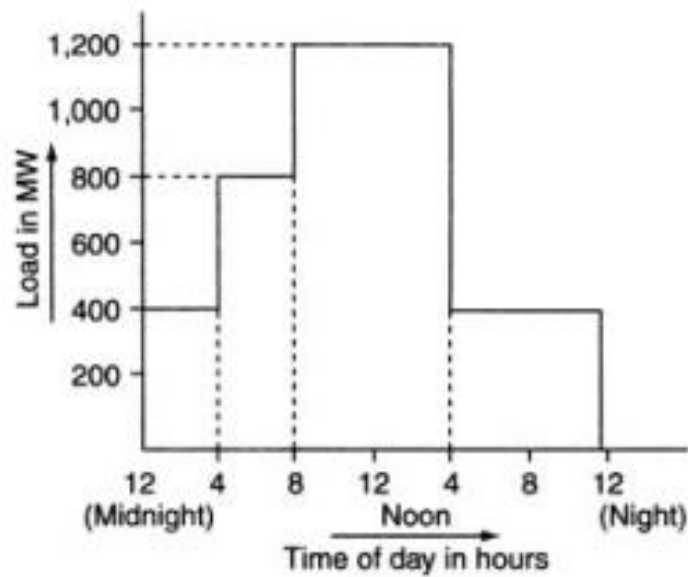
Beban puncak merupakan nilai kebutuhan daya listrik tertinggi pada sistem tenaga listrik. Pada periode beban puncak pengoperasian pembangkit diutamakan pada unit yang memiliki karakteristik biaya paling tinggi dengan bahan bakar minyak. Periode beban puncak juga selalu berubah-ubah.

2.2.2 Beban Menengah

Unit yang beroperasi pada pemenuhan beban menengah seringkali unit berbahan bakar gas atau *combined cycle* dengan rata-rata 2000 jam operasional per tahun. Beban menengah diindikasikan dengan kenaikan atau penurunan konsumsi listrik yang nilainya fluktuatif.

2.2.3 Beban Dasar

Unit yang dioperasikan pada pemenuhan beban dasar adalah unit dengan karakteristik biaya paling rendah dan jam operasional diatas 2000 jam per tahun. Beban dasar memiliki nilai konsumsi listrik yang stabil pada setiap periode waktu tertentu.



Gambar 2.2 Pola beban harian

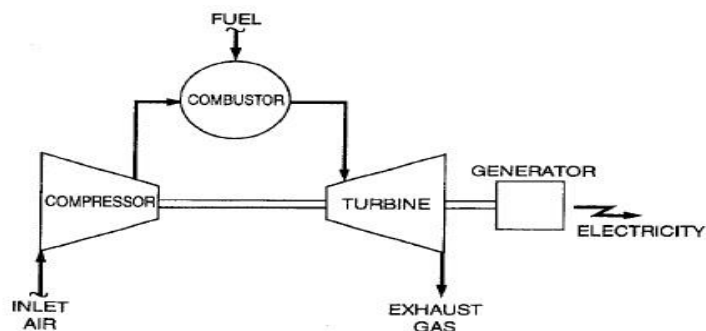
Mengacu pada Gambar 2.2 beban sejak tengah malam hingga menjelang pagi tidak mengalami kenaikan, periode ini dapat dikatakan sebagai beban dasar karena konsumsi energi listrik bernilai stabil. Kenaikan beban terjadi mulai pukul 6 pagi sejumlah lebih dari 400 MW hingga puncaknya pada sore hari sebesar 1200 MW. Hal tersebut terjadi karena jumlah kebutuhan beban listrik meningkat sejalan dengan pola aktifitas manusia sehingga dikategorikan sebagai beban menengah karena nilai konsumsi energi listrik yang fluktuatif. Konsumsi energi listrik kembali stabil pada periode malam hari hingga tengah malam dan kembali dikategorikan sebagai beban dasar.

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap

Mekanisme pembangkit tenaga gas uap (PLTGU) sama halnya dengan jenis pembangkit pada umumnya. Perbedaan terletak pada adalah sumber energi awal yang digunakan. Pada masa sekarang terdapat bermacam macam pembangkit dengan berbagai macam sumber gas seperti gas alam, bahan bakar diesel, gas metana dan juga gas biomassa. Energi kinetik pada turbin gas diubah menjadi energi mekanik untuk memutar sudu-sudu turbin sehingga mampu menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Pembangkit listrik tenaga gas uap (PLTGU) memiliki dua pola pengoperasian yaitu *Open Cycle* dan *Combine Cycle*[7]

a. *Open Cycle*

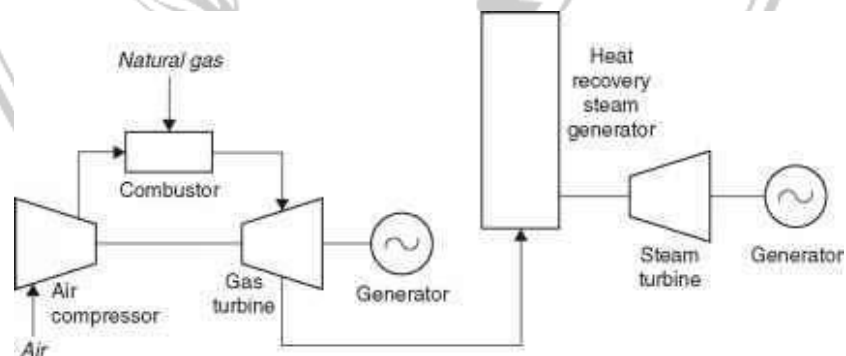
Secara sederhana pembangkitan pada PLTGU dengan pola *open cycle* terdiri dari ; kompresor, ruang pembakaran, turbin, dan generator untuk dapat menghasilkan daya listrik yang kemudian disalurkan ke titik-titik beban. Disebut pola *open cycle* dikarenakan sisa energi gas yang digunakan saat proses pembangkitan seketika dibuang ke udara melalui saluran udara pada turbin gas



Gambar 2.3 Diagram *Open Cycle*

b. *Combine Cycle*

Untuk pembangkitan pada PLTGU dengan pola *combined cycle* terdiri dari kombinasi turbin gas dan turbin uap. Secara sederhana proses *combined cycle* adalah pemanfaatan gas buang dari operasi turbin gas untuk kemudian dimanfaatkan kembali sebagai energi awal pada turbin uap untuk dapat membangkitkan daya.



Gambar 2.4 Diagram *Combine Cycle*

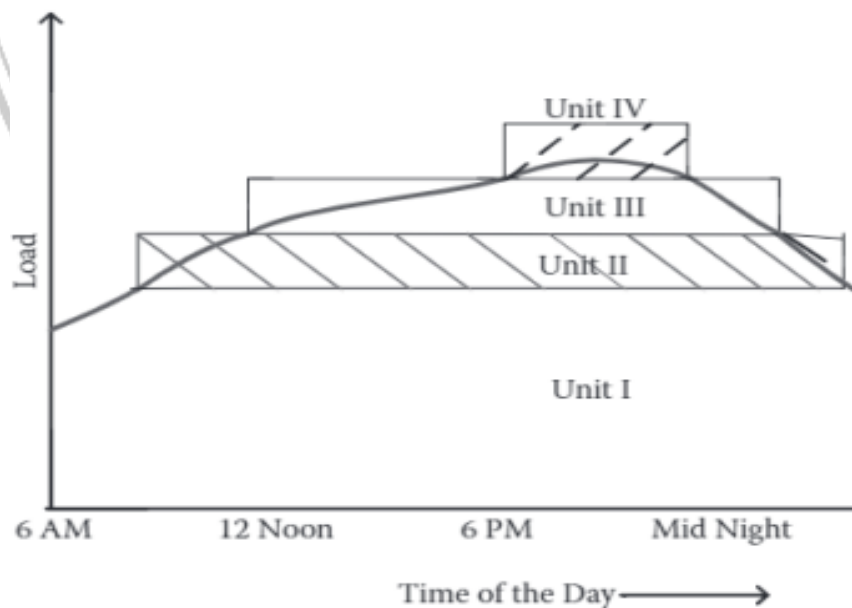
Pengoptimalan operasi pembangkitan pada PLTGU juga dapat dilakukan dengan memperhatikan *base point and participation factor* yang terjadi karena

adanya lonjakan atau perubahan beban. Apabila sebuah unit telah beroperasi pada titik optimalnya lalu terjadi lonjakan beban maka kebutuhan daya akan disuplai oleh unit-unit lain yang belum mencapai titik pembangkitan optimal. Hasil yang diperoleh adalah setiap unit dapat beroperasi memenuhi kebutuhan beban pada kondisi optimal namun kenaikan biaya bahan bakar dapat dihindari[8]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Syaifudin di PT. Petrokimia Gresik mengenai PLTGU didapat bahwa bahan bakar sangat mempengaruhi biaya pembangkitan. Maka dilakukanlah optimasi menggunakan metode PSO yang mampu meningkatkan efisiensi pembangkitan dengan adanya penghematan biaya bahan bakar sebesar Rp.29 juta per hari[9].

2.4 Unit commitment

Pola aktifitas manusia sehari-hari yang bergantung dengan peralatan listrik secara langsung berakibat pada sistem tenaga listrik. Kebutuhan akan listrik di siang hari dan malam hari tentu berbeda, hal ini menimbulkan fluktuasi beban yang harus dipenuhi oleh sistem pembangkit listrik. Fluktuasi beban menjadi tantangan bagi sektor pembangkitan daya karena dituntut untuk mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Maka dari itu diperlukan strategi pembangkitan daya.

Unit commitment adalah salah satu persoalan yang harus diselesaikan dalam usaha pemenuhan kebutuhan listrik berupa penjadwalan kombinasi unit-unit yang dioperasikan sesuai dengan periode kebutuhan beban. Evaluasi biaya dari setiap kombinasi juga diperlukan dalam permasalahan unit commitment agar memperoleh biaya pembangkitan optimal[10].



Gambar 2.5 Grafik Pembebanan dengan Unit Commitment

Dapat diperhatikan pada grafik bahwa unit 1 beroperasi secara penuh namun unit 4 hanya beroperasi pada periode menuju tengah malam karena beban kebutuhan listrik meningkat pada periode tersebut. Penentuan pengoperasian unit inilah yang disebut unit commitment. Contoh lain mengenai hasil penentuan unit commitment dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 2.1 Kombinasi Unit Commitment 550 MW Allen J. Wood

Unit 1	Unit 2	Unit 3	P1	P2	P3
Off	On	On	0	400	150
On	Off	Off	550	0	0
On	Off	On	500	0	50
On	On	Off	295	255	0
On	On	On	267	233	50

Menurut tabel Allen J. Wood untuk pemenuhan beban 550 MW terdapat 5 kemungkinan kombinasi penyalan untuk setiap unit. Dengan besaran suplai daya yang berbeda pula pada setiap unitnya.

2.4.1 Constraint

Upaya pemenuhan daya listrik perlu memperhatikan batasan-batasan teknis demi keberlangsungan suplai daya. Batasan-batasan tersebut diperlukan demi keamanan sistem itu sendiri dan juga keandalan pembangkitan antara lain :

a) Limit generator

Adalah batas kemampuan generator dalam membangkitkan daya harus berada diantara batas minimum dan maksimumnya

$$P_{min} \leq P_g \leq P_{max} \quad (2.1)$$

P_{min} merupakan batas minimal dari kapasitas daya generator dan P_{max} merupakan batas maksimal dari kapasitas generator

b) Keseimbangan Daya

Jumlah daya yang dihasilkan harus mampu memenuhi kebutuhan suatu periode beban.

$$\sum_{i=1}^n P_{Gi} = PD \quad (2.2)$$

$\sum_{i=1}^n P_{Gi}$ adalah jumlah akumulasi daya yang dibangkitkan dari unit unit generator yang beroperasi pada satu periode beban. Sedangkan PD merupakan kebutuhan beban yang harus dipenuhi.

c) Fungsi biaya

$$FT = \min \sum_{i=1}^n (Fi(PGi)) \quad (2.3)$$

Dimana (Fi(PGi) adalah fungsi biaya setiap unit yaitu

$$Fi = \alpha i + \beta i Pi + \gamma i Pi^2 \quad (2.4)$$

Dengan:

Fi = Input bahan bakar pembangkit termal ke-i

Pi = Output Pembangkit termal ke-i (MW)

$\alpha i, \beta i, \gamma i$ = Konstanta input-output pembangkit termal ke-i

2.5 Cuckoo Search Algoritm

Algoritma Cuckoo adalah salah satu jenis metode metaheuristik berdasarkan perilaku burung cuckoo dalam berkembang biak. Burung cuckoo akan meletakkan telurnya di sarang burung lain yang dianggap lebih aman untuk perkembangan telurnya[11]. Apabila burung pemilik sarang tidak menyadari bahwa telur tersebut bukan miliknya, makan telur asing tersebut akan dirawat hingga menetas sampai dewasa. Ketika burung asing telah dewasa kepemilikan sarang akan diambil alih. Sifat inilah yang diadaptasi untuk menyelesaikan permasalahan *unit commitment*.

Pencetusan metode ini dilatarbelakangi tiga asumsi antara lain :

- a) Tiap individu Cuckoo akan meletakkan satu telur pada sarang yang telah dipilih secara acak.
- b) Sarang pilihan dengan telur yang berhasil menetas akan menjadi generasi penerus.
- c) Jumlah sarang yang ada dan juga kemungkinan telur parasit ditemukan oleh pemilik sarang dinyatakan $Pa \in [0,1]$. Pemilik sarang akan meninggalkan sarangnya ketika menyadari keberadaan telur asing, keberhasilan mengambil alih sarang dianggap sebagai solusi pada metode.

Penerapan Algoritma Cuckoo dikombinasikan dengan *Levy Flight* untuk menentukan solusi secara acak

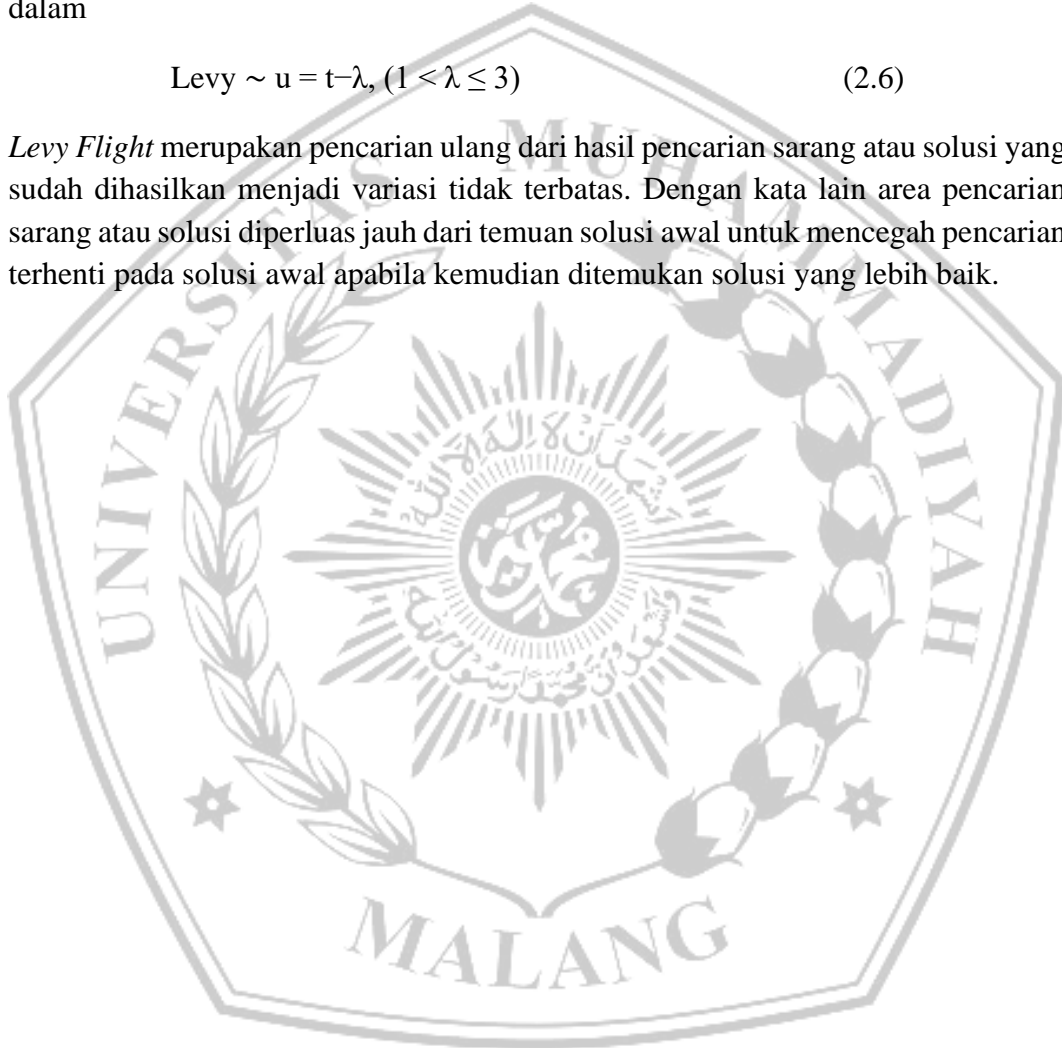
$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \alpha \oplus \text{Levy}(\lambda) \quad (2.5)$$

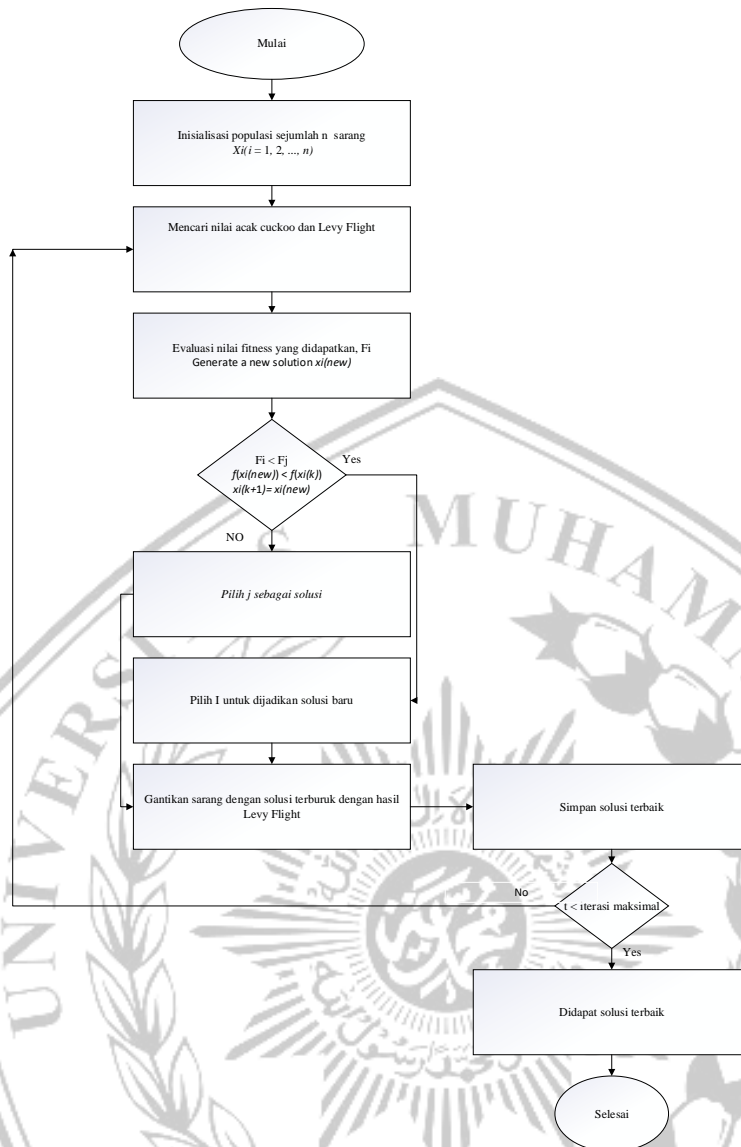
Dengan $x_i^{(t)}$ adalah solusi awal pencarian secara acak yang dilakukan oleh cuckoo setelah pembacaan data atau inisialisasi

Berdasarkan persamaan (2.5) $\text{Levy}(\lambda)$ adalah langkah distribusi Levy dinyatakan dalam

$$\text{Levy} \sim u = t^{-\lambda}, (1 < \lambda \leq 3) \quad (2.6)$$

Levy Flight merupakan pencarian ulang dari hasil pencarian sarang atau solusi yang sudah dihasilkan menjadi variasi tidak terbatas. Dengan kata lain area pencarian sarang atau solusi diperluas jauh dari temuan solusi awal untuk mencegah pencarian terhenti pada solusi awal apabila kemudian ditemukan solusi yang lebih baik.





Gambar 2.4 Flowchart Algoritma Cuckoo

Sesuai dengan flowchart Gambar 2.4 diatas langkah awal yang dilakukan oleh program setelah pembacaan data adalah pencarian acak solusi sesuai objektif atau sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Kemudian hasil pencarian akan dibandingkan dengan hasil pencarian melalui *levy flight*. Apabila hasil pencarian awal dianggap lebih baik maka akan disimpan sebagai hasil dan dilakukan perhitungan ulang sebanyak iterasi maksimum. Sebaliknya ketika hasil levy yang dianggap lebih baik maka perhitungan dengan iterasi maksimum diterapkan pada solusi levy untuk kemudian dijadikan hasil akhir pencarian