BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Heuristik

Algoritma heuristik itu berfungsi untuk mengelompokan mana yang dianggap sudah optimal/baik maka tidak perlu di periksa lagi dan mana yang dianggap perlu di periksa/dikerjakan. Hal ini dapat membantu mempersingkat waktu dalam pencarian kombinasi-kombinasi yang harus dicocokan terutama pada kasus yang memiliki data yang cukup banyak maka algoritma heuristik membantu dalam mengelompokan bagian yang harus di prioritaskan agar presentase tingkat keterjadwalannya lebih baik[3].

Pada heuristik terdapat beberapa algoritma yang sering digunakan dalam penyelesaian penjadwalan. Diantaranya :

a. Algoritma Genetika
b. Algoritma Pencarian Tabu (Tabu Search)
c. Algoritma Compact Genetika
d. Algoritma Optimasi Koloni Semut
e. Algoritma Simulasi Penyepuhan Logam
f. Algoritma Sistem Kekebalan Buatan
g. Algoritma Hill Climbing

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang melakukan penyelesaian permasalahan penjadwalan perkuliahan, Aldy Gunawan menyelesaikan masalah penjadwalan matakuliah menggunakan tiga metode heuristik yaitu simulated annealing (SA), tabu search (TS), dan genetic algorithm (GA). Dari uji coba dari penelitiannya secara umum semua algoritma pada metode heuristik dapat menghasilkan solusi yang sangat baik dibandingkan dengan penjadwalan secara manual. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan metode heuristik untuk penyelesaiannya.

Sedangkan untuk algoritma yang rata-rata digunakan oleh peneliti sebelumnya untuk menyelesaikan masalah penjadwalan adalah algoritma genetika untuk pembentukan solusi awal, namun kekurangan yang dimiliki oleh algoritma genetika salah satunya adalah terjadi looping berulang ulang, maka dibutuhkan algoritma lain yang mampu memperbaiki kelemahan dari algoritma genetika tersebut. Dari penelitian sebelumnya yang melakukan penyelesaian pada masalah penjadwalan rata-rata menyebutkan bahwa algoritma tabu search dapat memiliki kelebihan yang dapat memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh algoritma genetika sehingga hasil penyelesaiannya lebih baik. Oleh karena itu pada penelitian ini algoritma pada heuristik yang digunakan untuk penyelesaian penjadwalan ini akan mencoba menggabungkan dua algoritma pada heuristik yaitu algoritma genetika dan tabu search.

Tabel I-1 Peneliti sebelumnya yang menggunakan Algoritma Heuristik

Algoritma Genetika	**Algoritma Tabu Search**	**Algoritma Ant Colony**	**Algoritma Compact Genetik**
Nugraha –Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2008		Devi Rosa Anamisa – Arif Djunaidy, 2014	GS Budhi-A Handojo – B Soloment, 2009
Komang Setemen – Mauridhi Herry Purnomo, 2008			
Andrew Rosca, 2001	DP Siregar, 2011		
M Aria, 2008	E Yulianti – EC Djamal-A komarudin, 2013		
M Syadid, 2008			
NK Mawadah – WF Mahmudy, 2008			
JL Bulali- D Herumurti, G Wiriapradja, 2008	Ade Trisnawati- Iriansyah Sangadji- Selly		

Algoritma Genetika	**Algoritma Tabu Search**	**Algoritma Ant Colony**	**Algoritma Compact Genetik**
	Karmila, 2011		
J A Damanti, 2002			
MA Salimi, 2008			
E Yulianti – EC Djamal-A komarudin, 2013			
M Sahal - MHPA Basuki, 2008			
Uwitary – N Rachmat, 2013			
W Fatmawati - I Sukendar – PS Subroto, 2009			

2.1.1 Posisi Penelitian dan Keterbaruan

Dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan, peneliti sebelumnya sudah ada yang menggunakan penggabungan algoritma genetika dan tabu search. Pada penelitian Komang Setemen dan Mauridhi Hery Purnomo target yang ingin dicapainya hanyalah menghasilkan jadwal kuliah serta menguji coba bagaimana kinerja antara penggabungan algoritma genetika dan tabu search dengan bila dibandingkan dengan menggunakan algoritma genetika saja. Uji coba pada implementasi perangkat lunak yang dikembangkan pada penelitian tersebut adalah dengan menguji coba tiga kelompok data dengan jumlah matakuliah yang berbeda.dari uji coba didapatkan hasil bahwa kombinasi algoritma genetika dan

tabu search cenderung menghasilkan nilai fitness lebih baik dan jumlah iterasi yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan algoritma genetika saja.

Sedangkan keterbaruan pada penelitian ini yaitu, hasil yang ingin dicapai bukan hanya menghasilkan jadwal perkuliahan tetapi diupayakan dapat memberikan nilai bisnis lebih untuk pihak kampus seperti :

1. Diupayakan dapat memenuhi semua keinginan yang menjadi strategy dari setiap stakholder yang terlibat.
2. Diupayakan dapat memberikan analisis penggunaan ruangan yang kosong, sehingga dapat memberikan rekomendasi untuk kegiatan lain yang memerlukan ruangan. Dengan begitu diharapkan penggunaan ruangan menjadi lebih efektif.

Perbedaan lain penelitian yang sudah dilakukan dengan penelitian ini adalah pengujian yang akan diujicoba pada implementasi yang perangkat lunak yang dibangun adalah dengan menggunakan dua kali pengujian yaitu :

1. Menguji bagaimana pengaruh jumlah generasi dan populasi terhadap nilai fitness.
2. Menguji bagaimana pengaruh jumlah strategy yang harus dipenuhi menggunakan jumlah generasi dan populasi yang sama sesuai dengan jumlah generasi dan populasi terbaik saat pengujian pertama.

2.2 Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah pendekatan komputasional untuk penyelesaian masalah yang dimodelkan seperti proses evolusi biologis [4] . Algoritma Genetika

cocok untuk pencarian optimasi dan pemerataan jadwal [5]. Secara umum Algoritma Genetika memiliki lima komponen dasar seperti yang dilansir dari buku *"Genetic Algorithm and engineering Optimization"* oleh Mitsuo Gen dan Runwei Cheng, yaitu : (1) Representasi genetika untuk solusi masalah, (2) Metode menciptakan inisiasi penyelesaian dari populasi, (3) Evaluasi nilai *fitness* berdasarkan kemungkinan solusi, (4) Metode genetika dalam penggantian keturunan dan reproduksi, (5) Hasil akhir yang diharapkan dari pengolahan Algoritma Genetika.[6]

2.2.1 Hubungan Algoritma Genetika dengan Penjadwalan

Algoritma Genetika mengambil konsep genetika biologi, seperti yang dilansir dari buku berjudul "Algoritma Genetika dalam Matlab" oleh Suyanto (2005), yaitu : 1) Populasi adalah sekelompok individu yang akan dicari penyelesaiannya dalam Algoritma Genetika. 2) Kromosom atau Individu adalah satu permasalahan dan atau penyelesaian yang merupakan komponen iterasi. 3) Gen adalah bagian dari kromosom yang memiliki nilai tertentu dan bertugas menyusun kromosom menjadi individu utuh. 4) Nilai *fitness* adalah derajat kebaikan suatu individu yang menentukan apakah individu tersebut berkualitas atau tidak. 5) Generasi adalah jumlah tingkatan peranakan sebuah kelompok populasi yang akan dikembangbiakkan menjadi populasi yang mutan, mengalami *crossover* dan mutasi beberapa kali sehingga menimbulkan generasi terbaik [7].

Demikian juga dalam proses pencarian yang berlangsung dalam Algoritma Genetika. Pencarian dimulai dengan pembangkitan sejumlah "individu" secara acak yang disebut dengan kromosom [8]. Kromosom-kromosom ini merupakan

representasi calon penyelesaian yang akan diperiksa nilai yang sebenarnya. Seperti halnya proses evolusi alamiah, kromosom-kromosom akan dinilai tingkat nilai fitnessnya. Hanya kromosom dengan tingkat nilai fitness yang tinggi saja yang terpilih untuk bertahan dalam populasi [9] .

Kromosom-kromosom yang terpilih sebagian akan melakukan proses reproduksi melalui penyilangan (Crossover). Proses reproduksi ini mirip dengan perkawinan individu dalam proses evolusi. Sebagian kecil dari kromosom-kromosom juga terkena mutasi seperti dalam proses evolusi. Proses proses ini akan melahirkan individu-individu baru [10].

Gabungan dari individu-individu baru dengan kromosom kromosom yang tidak melakukan proses reproduksi akan membentuk populasi baru pada generasi berikutnya. Serangkaian proses seperti ini berlangsung sampai sejumlah generasi tercapai. Penyelesaian yang ditemukan adalah kromosom yang mempunyai tingkat nilai fitness yang paling tinggi pada generasi terakhir [8] .

Dari penjelasan tersebut dapat dinyatakan bahwa hubungan Algoritma Genetika dengan penyelesaian menjadwalkan adalah proses Algoritma Genetika melakukan serangkaian solusi awal (Kromosom) untuk menghasilkan populasi awal kemudian populasi yang berbeda melalui serangkaian iterasi. Kemudian pada akhir iterasi Algoritma Genetika mengembalikan individu-individu terbaik sebagai solusi terdekat yang terbaik sampai suatu kondisi terpenuhi [11] .

2.2.2 Cara Kerja Algoritma Genetika

Cara kerja dari Algoritma Genetika sama seperti proses evolusi di alam, suatu Algoritma Genetika yang sederhana umumnya terdiri dari tiga operasi yaitu : operasi reproduksi , operasi *crossover* (persilangan), dan operasi mutasi.

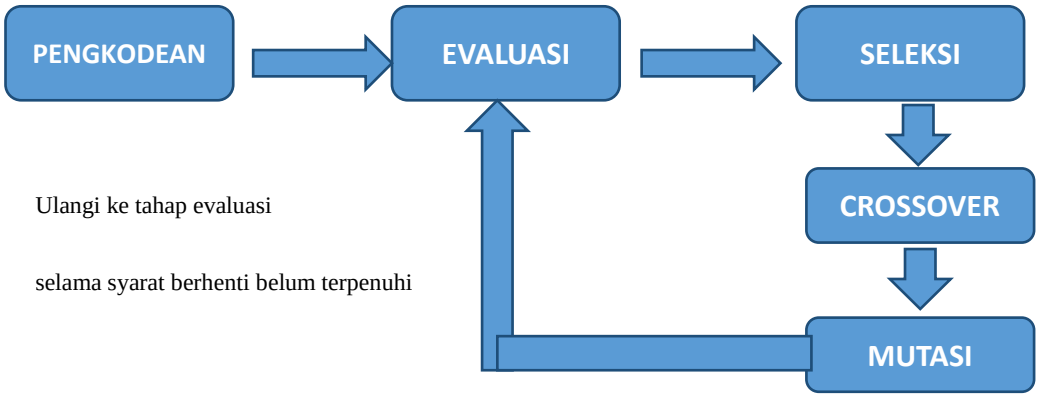
Struktur umum dari suatu Algoritma Genetika dapat didefinisikan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Membangkitkan populasi awal secara random.
b. Membentuk generasi baru dengan menggunakan tiga operasi (seleksi, *crossover*, mutasi) secara berulang-ulang sehingga diperoleh kromosom yang cukup untuk membentuk generasi baru sebagai representasi dari solusi baru.
c. Evolusi solusi yang akan mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai *fitness* setiap kromososm hingga kriteria berhenti terpenuhi.

Bila kriteria berhenti belum terpenuhi maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah regenerasi. Berikut adalah beberapa kriteria yang sering digunakan antara lain :

a. Berhenti pada generasi tertentu
b. Berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut turut didapatkan nilai *fitness* tertinggi/terendah (tergantung persoalan) tidak berubah.
c. Berhenti bila dalam generasi berikutnya tidak diperoleh nilai *fitness* yang lebih tinggi/rendah [7].

Adapun langkah langkah pada Algoritma digambarkan dalam kerangka kerja sebagai berikut [5]:



Gambar I-1 Cara Kerja Algoritma Genetika

Pada tahap ini jadwal kuliah direpresentasikan ke dalam bentuk kromosom dimana setiap kromosom terdiri dari beberapa gen. Berikut pembentukan kromosom untuk penjadwalan:

Kromosom = (Gen1, Gen2, ……GenN)
Kromosom Jadwal Kuliah = (Pengampu, Hari, Jam, Ruangan)

Untuk gen Pengampu memiliki sub gen yaitu:

Pengampu = (Matakuliah, Dosen, Kelas)

Jumlah kromosom dalam satu individu ditentukan oleh banyaknya gen pengampu. Satu individu merupakan satu paket jadwal kuliah untuk satu semester.

1. **Pengkodean**

Pada tahap pengkodean yaitu harus diketahui dahulu gen/individu, kromosom, dan populasinya. Karena dalam teori Algoritma Genetika suatu gen/individu digunakan untuk menyusun serangkaian solusi awal (kromosom), kemudian serangkaian kromosom digunakan untuk menghasilkan populasi awal

menjadi populasi yang berbeda melalui serangkaian iterasi. Pada akhir iterasi Algoritma Genetika mengembalikan gen/individu individu terbaik sebagai solusi terdekat yang terbaik [12].

Hubungan pengkodean dengan penjadwalan ruangan yaitu :

a. Gen/individu

Gen/individu adalah variable variabel yang terlibat dengan penjadwalan ruangan. Yaitu :

Tabel I-2 Variabel yang terlibat dengan penjadwalan

Dosen	**Mahasiswa**	**Ruangan**	**Kelas**
Matakuliah	Matakuliah	Daya Tampung	Waktu
Batasan Dosen	Batasan Mahasiswa	Waktu operasional	Mahasiswa
			Matakuliah

2. Evaluasi Fitness

Evaluasi *fitness* dilakukan untuk menentukan kualitas individu atau kualitas versi jadwal kuliah yang dibentuk. Perhitungan *fitness* melibatkan aturan/batasan *(contraint).* Algoritma genetika mempunyai tujuan untuk memaksimalkan nilai fitness atau mencari nilai fitness maksimal [13]. Pada penelitian ini nilai *f*itness menggunakan fungsi minimum dengan rumus :

Fungsi *fitness* = 1/(bilangan kecil + fungsi tujuan)

Pada Fungsi minimum perlu ditambahkan dengan bilangan kecil guna mencegah terjadinya nilai tak hingga, saat nilai fungsi tujuan bernilai 0. Bilangan kecil yang digunakan adalah 1 [14]. Sedangkan fungsi tujuan ditentukan berdasarkan jumlah pelanggaran *(penalty)* yang didapat dikalikan dengan bobot untuk setiap pelanggaran. Sehingga fungsi *fitness* yang digunakan adalah sebagai berikut [13]:

$$Fitness = \frac{1}{1+penalty}$$

$$Penalty = \sum Bp \sum Np$$

Bp = Bobot *penalty* (pelanggaran)

Np = Jumlah *penalty* (pelanggaran)

Nilai Fitness dalam sebuah algoritma genetika menggambarkan nilai fitness optimal biasanya adalah nilai tertinggi.

Nilai fitness dalam kasus penjadwalan kuliah ini didapatkan dari penjumlahan nilai derajat kehadiran dosen (tidak tergantung mata kuliah dan kelas) pada sebuah jadwal. Karena seorang dosen belum tentu bisa hadir disemua jadwal kuliah yang dialokasikan kampus.

Skala Prioritas ditentukan secara mandiri, misalnya pada skala 1 sampai 5, penjelasannya di tabel dibawah ini [15].

Tabel I-3 Derajat Kemandirian

Skala Prioritas	**Keterangan**
1	Prioritas Utama
0.75	Prioritas Kedua
0,5	Prioritas Ketiga
0,25	Bukan Prioritas

Pada penelitian ini skala prioritas ditentukan secara subjektif berdasarkan tingkat kebutuhan sesuai hasil wawancara dengan tempat penelitian.

Pada tahap evaluasi ini hanya membandingkan mana jadwal yang sesuai dengan ketersediaan dosen mana yang tidak sesuai. Baru kemudian masuk ketahap seleksi.

3. Seleksi

Setelah melakukan evaluasi dengan cara mencari nilai fitness maka jadwal awal yang terbentuk itu akan diseleksi. Proses seleksi merupakan tahapan awal pada iterasi untuk memilih kromosom kromosom tertentu yang akan dipertahankan sebagai generasi selanjutnya (pembentukan populasi/generasi baru). Langkah metode seleksi yang digunakan adalah metode *good fitness* yaitu dengan cara setengah dari jumlah populasi yang memiliki nilai *fitness* terendah akan dihilangkan. Dan setengah dari populasi yang memiliki nilai *fitness* tertinggi akan dijadikan sebagai induk atau individu terpilih [16].

Perhitungan jumlah nilai fungsi fitness dilakukan dengan menjumlahkan satu persatu nilai fungsi objektif setiap kromosom dalam sebuah pengulangan. Karena nilai fitness yang lebih tinggi yang dianggap paling baik maka yang dipilih ke tahap selanjutnya adalah jadwal yang pertama [5].

4. Crossover

Setelah proses nilai fitness diseleksi maka jadwal yang terpilih yang akan masuk ke tahap crossover. Proses penyilangan pada reprensentasi kromosom karena kebutuhan.

Karna terdapat ketidaksesuaian antara ketersediaan dosen dengan jadwal yang dikeluarkan oleh sistem. maka dilakukan crossover dengan cara mencari pasangan secara acak yang memungkinkan untuk di crossover sehingga apabila ditukar akan lebih baik nilai fitness nya untuk keduanya.

Namun apabila terdapat ketidaksesuaian lalu tidak tersedia pasangan untuk melakukan pertukaran, maka jadwal yang tidak sesuai tersebut akan masuk ke tahap mutasi [17].

5. Mutasi

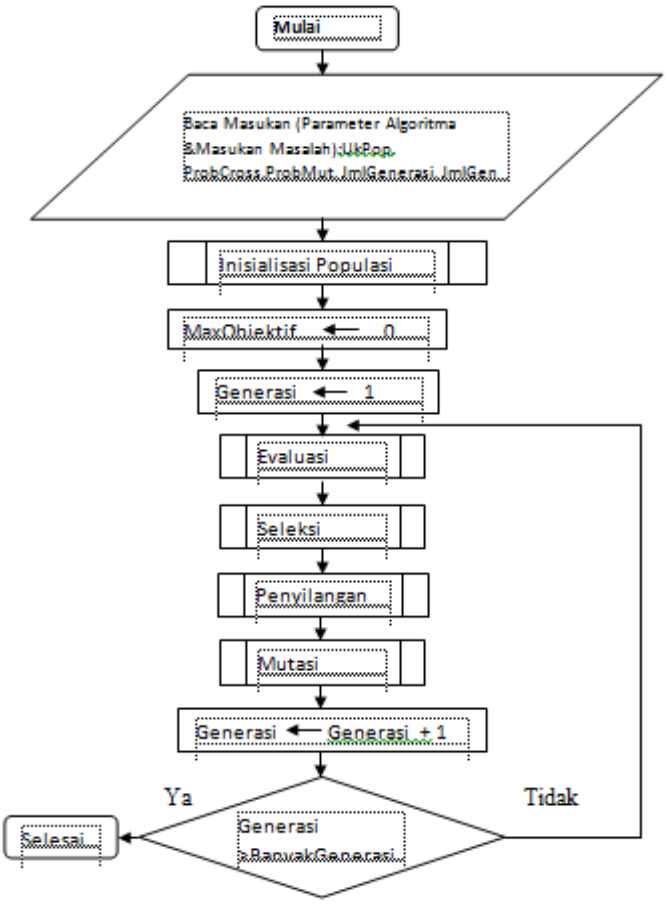
Tahap mutasi dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap gen pada suatu kromosom/individu [18]. Mutasi adalah proses pergantian bertujuan untuk menemukan individu baru dengan kemungkinan nilai *fitness* yang lebih baik. Berikut ini contoh proses mutasi pada satu individu :

Individu 1	(1,4,1,4)	(2,3,2,3)	(3,4,1,2)	(2,3,4,1)
Individu baru	(1,3,1,4)	(2,3,2,3)	(3,4,1,2)	(2,4,4,1)

6. Populasi Baru

Setelah melalui proses iterasi yaitu seleksi, perkawinan silang *(*

Kemudian kembali lagi ke tahap evaluasi untuk mencari pergantian yang cocok dengan ketersediaan dosennya. Proses pengulangan tersebut akan berhenti sampai suatu kondisi terpenuhi. Untuk lebih mudah maka digambarkan dalam diagram alur berikut [5] :



Gambar I-2 Diagram alir program utama algoritma genetika

Dengan kelemahan yang dimiliki oleh algoritma genetika dalam penyelesaian penjadwalan maka diperlukan algoritma lain yang mampu

memperbaiki kelemahan algoritma genetika untuk meminimalisasi perulangan proses iterasinya. Menurut penelitian Ade Trisnawati, Iriansyah BM Sangadji, Sely Karmila tentang penjadwalan mengatakan bahwa Algoritma tabu Search cocok digunakan untuk mempertahankan nilai fitness yang sudah baik karena menurut Komeng Setemen, 2008 tabu search digunakan untuk memfilter kromosom yang mengalami crossover agar kromosom yang sama tidak dilakukan crossover berulang ulang.

Sehingga pada kasus penjadwalan ruangan ini peneliti mencoba mengkombinasikan Algoritma Genetika dengan Algoritma Tabu search dengan harapan hasil yang didapatkan cenderung nilai fitnessnya baik dan jumlah iterasi yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan menggunakan Algoritma Genetika saja.

2.3 Algoritma Tabu Search

Adapun peneliti-peneliti yang sudah menggunakan Algoritma Tabu Search dalam penyelesaian penjadwalan perkuliahan adalah :

Tabel I-4 Penelitian dengan Algoritma Tabu Search

Peneliti	Judul penelitian
1. Ade Trisnawati- Iriansyah BM Sangadji, Sely Karmila,	IMPLEMENTASI METODE TABU SEARCH UNTUK PENJADWALAN KELAS
2. E Yulianti – EC Djamal-A komarudin, 2013	Optimalisasi Penjadwalan Perkuliahan Di Fakultas MIPA Unjani

3. 2011DP Siregar, 2011	Optimasi Penjadwalan Kuliah Dengan Metode Tabu Search

Menurut peneliti sebelumnya yang menceritakan penjadwalan perkuliahan rata rata mengatakan bahwa Algoritma Tabu Search dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang optimal yaitu kondisi dimana terjadi kombinasi terbaik untuk pasangan matakuliah dan dosen pengajar secara keseluruhan. Sehingga permasalahan bentrok minimal dan penggunaan ruangan maksimal (cukup dan sesuai secara fasilitas untuk seluruh matakuliah yang ada).

Adapun kelebihan dari Tabu Search menurut penelitian sebelumnya adalah:

1) Untuk memfilter kromosom yang mengalami crossover agar kromosom yang sama tidak dilakukan crossover berulang ulang (Mauridhi Hery Purnomo, 2008)
2) Tabu search digunakan untuk menyimpan dan solusi yang sudah di kunjungi sebelumnya (Ade Trisnawati, 2011)
3) Menghindari diterimanya kembali solusi sebelumnya menjadi current solution pada looping selanjutnya (Iriansyah BM Sangadji, 2011)
4) Menghindari cycles (iterasi berjalan terus tanpa memperbaiki kualitas solusi. (Sely karmila, 2011).

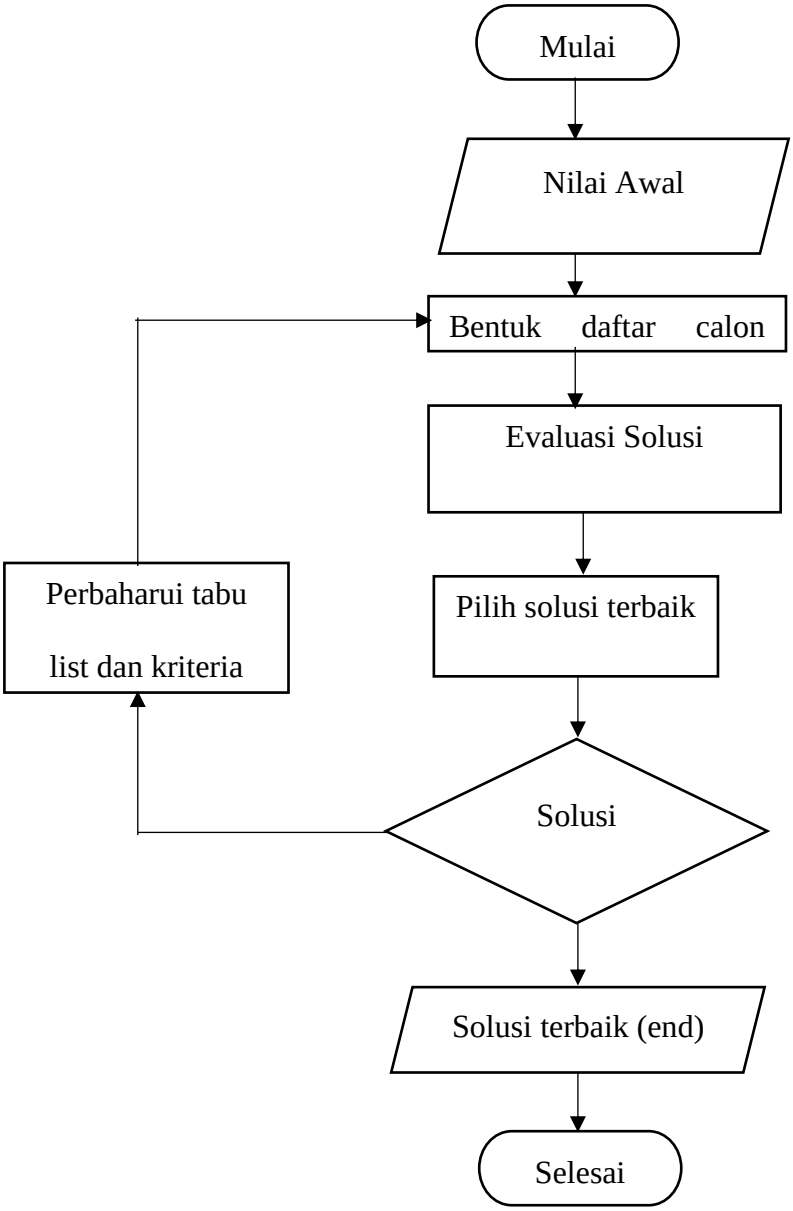
Menurut F Glover, 1990 tabu search adalah teknik loca search yang memilih langkah berikutnya (neighbor solution) berdasarkan Constraint dan penalty. Setiap

constraint yang ada akan didefinisikan dengan sebuah nilai penalty yang akan dikenakan apabila constraint itu terlanggar. Proses dari tabu search adalah :

1. Metoda ini menggunakan tabu list untuk menyimpan sekumpulan solusi yang baru saja dievaluasi.
2. Selama proses optimasi, pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dicocokan terlebih dahulu dengan isi Tabu List untuk melihat apakah solusi tersebut sudah ada pada Tabu List.
3. Apabila solusi tersebut sudah ada pada tabu list maka solusi tersebut tidak akan dievaluasi lagi pada iterasi berikutnya.

Sejumlah pengembangan yang baru dari tabu serach memungkinkan sebuah solusi diterima kembali menjadi current solution apabila nilai penalty keseluruhan jauh lebih kecil dari pada solusi sebelumnya menurut batasan batasan tertentu [19].

2.3.1 Cara Kerja Algoritma Tabu Search



Gambar I-3 Cara Kerja Algoritma Tabu Search

Tabu List

Tabu list digunakan untuk menyimpan solusi yang sudah dikunjungi sebelumnya. Jadi setiap current solution yang ditinggalkan akan dicatat dengan dan dimasukan ke dalam sebuah daftar yang disebut tabu list.

Tabu list berfungsi untuk menghindari diterimanya kembali solusi sebelumnya menjadi current solution pada looping selanjutnya. Sehingga saat memeriksa neighbor solution tidak terjadi cycles (iterasi berjalan terus menerus) karena neighbor solution yang sudah ada akan ditolak dan proses dilanjutkan dengan memeriksa neighbor solution yang baru [20].

2.3.2 Kekurangan Kelebihan Algoritma Genetika dan Tabu Search

Tabel I-5 Kekurangan kelebihan Algoritma Genetika dan Tabu Search

Algoritma	Peneliti	Kecepatan	Fitur 2 (Jumlah data)	Fitur 3 (Nilai Fitness)	Fitur 4 (Jumlah iterasi)
Genetika	(Gregorius satia Budhi, Andreas Handojo, Billy Soloment : 2009)	Lambat	Banyak	Tinggi	Banyak
Tabu search	Ade Trisnawati, Iriansyah BM Sangadji, Sely Karmila : 2011)	Cepat	Banyak	Baik	Sedikit

Dengan masing masing kekurangan dan kelebihan yang dimiliki oleh masing masing algoritma menurut penelitian sebelumnya yang bercerita tentang penyelesaian penjadwalan perkuliahan tersebut, maka peneliti mencoba mengkombinasikan Algoritma Genetika dan Algoritma Tabu Search dengan harapan sebagai berikut :

Tabel I-6 Kombinasi Algoritma Genetika dan Tabu Search

Algoritma	**Kecepatan**	**Jumlah data**	**Tingkat Nilai Fitness**	**Jumlah iterasi**
Genetika dan Tabu Search	Cepat	Banyak	Tinggi	Sedikit