# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI i](#_Toc437064116)

[DAFTAR GAMBAR iii](#_Toc437064117)

[DAFTAR TABEL iv](#_Toc437064118)

[DAFTAR SIMBOL vi](#_Toc437064119)

[BAB I PENDAHULUAN 9](#_Toc437064120)

[I. 1 Latar Belakang Masalah 9](#_Toc437064121)

[I. 2 Rumusan Masalah 11](#_Toc437064122)

[I. 3 Maksud dan Tujuan 11](#_Toc437064123)

[I. 4 Batasan Masalah 11](#_Toc437064124)

[I. 5 Metodologi Penelitian 12](#_Toc437064125)

[1.5.1 Metode Pengumpulan Data 12](#_Toc437064126)

[1.5.2 Metode Pembangunan Perangkat Lunak 12](#_Toc437064127)

[I. 6 Sistematika Penulisan 14](#_Toc437064128)

[BAB II Landasan Teori 15](#_Toc437064129)

[II. 1 Penjadwalan 15](#_Toc437064130)

[II. 2 Kecerdasan Buatan 15](#_Toc437064131)

[II. 3 Algoritma MVNS 16](#_Toc437064132)

[II. 4 Object Oriented Analysis and Design (OOAD) 21](#_Toc437064133)

[II. 5 Database Management System (DBMS) 22](#_Toc437064134)

[II. 6 Structure Query Language (SQL) 23](#_Toc437064135)

[BAB III Analisis dan Perancangan Sistem 25](#_Toc437064136)

[III. 1 Analisis Sistem 25](#_Toc437064137)

[III.1.1. Analisis Masalah 25](#_Toc437064138)

[III.1.2. Analisis Sistem yang sedang berjalan 26](#_Toc437064139)

[III.1.3. Proses Bisnis 27](#_Toc437064140)

[III.1.4. Analisis Algoritma 28](#_Toc437064141)

[III.1.5. Analisis Kebutuhan Non Fungsional 58](#_Toc437064142)

[III.1.6. Analisis Kebutuhan Fungsional 60](#_Toc437064143)

[III. 2 Perancangan Sistem 65](#_Toc437064144)

[III.2.1. Perancangan Database 65](#_Toc437064145)

[III.2.2. 68](#_Toc437064146)

[III.2.3. Perancangan Struktur Menu 68](#_Toc437064147)

[III.2.4. Perancangan Antar Muka 68](#_Toc437064148)

[III.2.5. Jaringan Semantik 70](#_Toc437064149)

[DAFTAR PUSTAKA 71](#_Toc437064150)

# DAFTAR GAMBAR

[**Gambar I‑1 Model Linear Sequential menurut Pressman[8]** 13](#_Toc437063632)

[**Gambar II‑1 Algoritma MOVNS1** 17](#_Toc437063633)

[**Gambar II‑2 Algoritma MOVNS2** 18](#_Toc437063634)

[**Gambar II‑3 Algoritma Intensification1** 18](#_Toc437063635)

[**Gambar II‑4 Algoritma Intensification2** 18](#_Toc437063636)

[**Gambar II‑5 Contoh Intensification1 untuk n = 5 dan d = 2** 21](#_Toc437063637)

[**Gambar II‑6 Contoh Intensification2 untuk n = 5 dan d = 2** 21](#_Toc437063638)

[**Gambar III‑1 Flowmap Penjadwalan** 27](#_Toc437063639)

[**Gambar III‑2 Flowchart algoritma MVNS** 29](#_Toc437063640)

[**Gambar III‑3 Prosedur Insentification** 43](file:///F:\%23SkripSweet\Draft\Full%20Draft.docx#_Toc437063641)

[**Gambar III‑4 Use Case Diagram** 61](#_Toc437063642)

[**Gambar III‑5 Activity Diagram Penjadwalan** 65](#_Toc437063643)

[**Gambar III‑6 Skema Relasi** 66](#_Toc437063644)

[**Gambar III‑7 Struktur Menu** 68](#_Toc437063645)

[**Gambar III‑8 Antamuka Form Utama** 68](#_Toc437063646)

[**Gambar III‑9 Antarmuka Form Jadwal** 69](#_Toc437063647)

[**Gambar III‑10 Antarmuka Form Jadwal Guru** 69](#_Toc437063648)

[**Gambar III‑11 Antarmuka Form Jadwal Kelas** 70](#_Toc437063649)

[**Gambar III‑12 Jaringan Semantik** 70](#_Toc437063650)

# DAFTAR TABEL

[**Tabel II‑1 Tabel Structure Query Language** 24](#_Toc437063651)

[**Tabel III‑1 Tabel Guru** 30](#_Toc437063652)

[**Tabel III‑2 Tabel Mata Pelajaran** 31](#_Toc437063653)

[**Tabel III‑3 Tabel Kelas** 31](#_Toc437063654)

[**Tabel III‑4 Tabel Jurusan** 32](#_Toc437063655)

[**Tabel III‑5 Tabel Tingkar** 32](#_Toc437063656)

[**Tabel III‑6 Tabel Detail mengajar** 32](#_Toc437063657)

[**Tabel III‑7 Tabel Detail mata pelajaran** 33](#_Toc437063658)

[**Tabel III‑8 Tabel Timeslot** 33](#_Toc437063659)

[**Tabel III‑9 Tabel Mata Pelajaran kelas 12 Agro A** 35](#_Toc437063660)

[**Tabel III‑10 Tabel Step awal Initial Solution** 35](#_Toc437063661)

[**Tabel III‑11 Tabel Step Ploting Initial Solution** 36](#_Toc437063662)

[**Tabel III‑12 Tabel Step Ploting Initial Solution** 36](#_Toc437063663)

[**Tabel III‑13 Tabel Step Ploting Initial Solution** 36](#_Toc437063664)

[**Tabel III‑14 Tabel Step Ploting Initial Solution** 37](#_Toc437063665)

[**Tabel III‑15 Tabel Step Ploting Initial Solution** 37](#_Toc437063666)

[**Tabel III‑16 Tabel Step Ploting Initial Solution** 37](#_Toc437063667)

[**Tabel III‑17 Tabel Step Ploting Initial Solution** 38](#_Toc437063668)

[**Tabel III‑18 Tabel Step Ploting Initial Solution** 38](#_Toc437063669)

[**Tabel III‑19 Tabel Step Ploting Initial Solution** 38](#_Toc437063670)

[**Tabel III‑20 Tabel Step Ploting Initial Solution** 38](#_Toc437063671)

[**Tabel III‑21 Tabel Step Ploting Initial Solution** 39](#_Toc437063672)

[**Tabel III‑22 Tabel Step Ploting Initial Solution** 39](#_Toc437063673)

[**Tabel III‑23 Tabel Step Ploting Initial Solution** 39](#_Toc437063674)

[**Tabel III‑24 Tabel Step Ploting Initial Solution** 40](#_Toc437063675)

[**Tabel III‑25 Tabel Step Ploting Initial Solution** 40](#_Toc437063676)

[**Tabel III‑26 Tabel Step Ploting Initial Solution** 40](#_Toc437063677)

[**Tabel III‑27 Tabel Step Ploting Initial Solution** 41](#_Toc437063678)

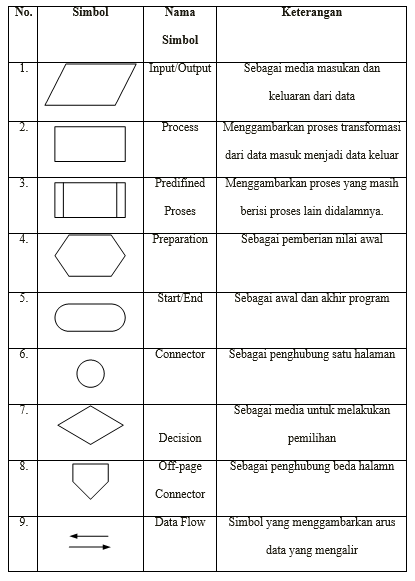
[**Tabel III‑28 Tabel pembangkitan bilangan acak** 41](#_Toc437063679)

[**Tabel III‑29 Tabel Insertion Neighborhood** 42](#_Toc437063680)

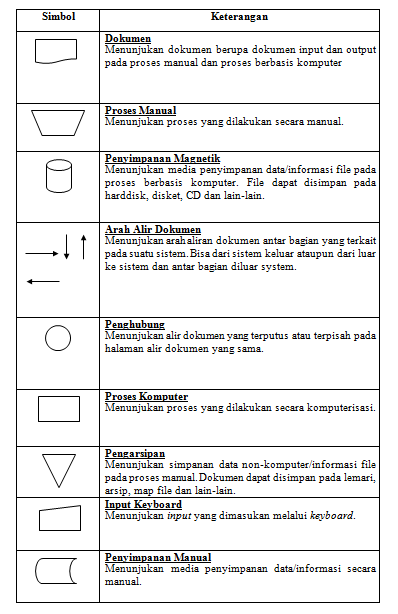
[**Tabel III‑30 Tabel Pengguna saat ini** 60](#_Toc437063681)

# DAFTAR SIMBOL

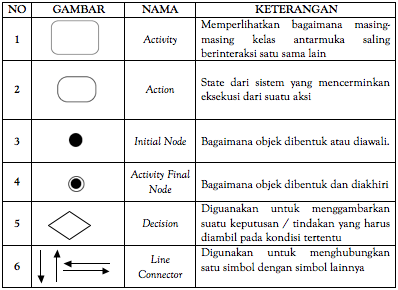
**Simbol *Flowchart***



**Simbol *Flowmap***



**Simbol *Activity Diagram***



# PENDAHULUAN

## Latar Belakang Masalah

Penjadwalan merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam kegiatan sekolah, sehingga keberadaannya tidak bisa dipisahkan dalam sebuah sekolah. Pembuatan sebuah jadwal yang efisien dan optimal membutuhkan waktu yang lama dan keakuratan. Oleh Karena itu dibutuhkan sebuah sistem penjadwalan otomatis yang cerdas untuk bisa meningkatkan efisiensi kerja, dalam studi kasus ini yaitu untuk penjadwalan di SMKN 4 Padalarang. Dari kebutuhan itu banyak riset yang dilakukan untuk menerapakan algoritma terbaik dalam menyelesaikan maslah penjadwalan tersebut. Seperti penelitian yang di lakukan oleh S. Selvi dan D. Manimegalai [1] pada tahun 2015 yang melakukan penelitian untuk menerapkan algoritma *MVNS* pada kasus penjadwalan pekerjaan. Hasil dari penerapan algoritma *MVNS* tersebut dibandingkan dengan algoritma *Min-min, Simulated Annealing* dan algoritma *GRASP* yang menunjukan performa dari algoritma *MVNS* lebih baik dari algoritma pembandingya. Selain itu ada penelitian yang dilakukan oleh Mahbub Zeni Efendi, Retno Novi Dayawati, dan Agung Toto Wibowo [2] pada tahun 2009 tentang penggabungan *Algoritma Genetika* dengan *Simulated Annealing* atau biasa disebut *GASA* seperti pada riset yang dilakukan oleh Ling Wang dan Da Zhong Zheng pada tahun 2001 [3] untuk penjadwalan kuliah di ITTelkom. Tujuan dari penggabungan *Algoritma Genetika* dan *Simulated Annealing* ini adalah untuk memanfaatkan kelebihan *Simulated Annealing* yang mampu bertahan menghadapi lokal optimum dan proses pencarian yang dikendalikan oleh suhu untuk digunakan dalam menutupi kekurangan *Algoritma Genetika* tersebut [2]. Sebaliknya kelebihan *Algoritma Genetika* dapat menutupi kekurangan *Simulated Annealing* yang hanya dapat menyimpan satu solusi terbaik dan mengabaikan solusi terdahulu yang bisa jadi lebih baik dari solusi yang ditemukan sekarang [2]. Dari hasil analisis yang dilakukan pada sistem penjadwalan kuliah dengan menggunakan *Algoritma Genetika* dan *Simulated Annealing* tersebut, didapat hasil bahwa urutan keunggulan algoritma berdasarkan generasi dari yang paling tinggi nilai fitness yang dihasilkan adalah *GASA* baru kemudian *Algoritma Genetika* [2]. Dari penelitian tersebut didapat saran dari penulis bahwa diperlukan observasi lebih lanjut untuk parameter-parameter yang lain seperti ukuran populasi, jumlah generasi, suhu minimum, maksimum iterasi, dan maksimum sukses agar hasil pencarian parameter optimal lebih baik [2].

Dari saran penulis tersebut didapatlah ide untuk menerapkan *Algoritma Multiobjective Variable Neighborhood Search (MVNS)* untuk penjadwalan pada studi kasus di SMKN 4 Padalarang, dengan alasan algoritma ini cocok untuk menjawab saran dari penelitian yang dilakukan oleh Mahbub Zeni Efendi, Retno Novi Dayawati, dan Agung Toto Wibowo pada tahun 2011 [2]. Karakteristik dari *Algoritma MVNS* ini adalah mudah dan efisien untuk diterapkan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan [4]. Algoritma ini pertama kali diimplementasikan untuk optimasi multi objective oleh Geiger pada tahun 2008[5]. Penerapan *Algoritma MVNS* untuk penjadwalan ini sudah dilakukan pada beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Yun Chi Liang, Angela Hsiang Ling Chen, dan Chin Yun Tien [6] untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mesin paralel, lalu ada penelitian yang dilakukan oleh Jose Elias Claudio Arroyo, Rafael dos Santos Ottoni dan Alcione de Paiva Oliveira pada tahun 2011 [4] untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mesin tunggal, lalu pada tahun 2012 penelitain dilakukan oleh Marcelo Ferreira Rego, Marcone Jamilson Freitas Souza, Igor Machado Coelho, dan Jose Elias Claudio Arroyo [7] untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mesin tunggal dengan Sequence dependent Family Setups, dan penelitian yang dilakukan pada tahun 2015 oleh S. Selvi dan D. Manimegalai [1] untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pekerjaan pada computional grid.

Tujuan dari penerapan *Algortima MVNS* untuk penjadwalan pada studi kasus yang dilakukan di SMKN 4 Padalarang adalah untuk membuktikan bahwa algoritma ini bisa atau tidaknya bekerja secara optimal jika diterapkan pada masalah penjadwalan ini. Karena masalah penjadwalan memiliki ruang masalah yang besar dan kompleks untuk menemukan solusi yang optimal dan cukup bagus untuk diterima.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan di atas dapat dirumuskan beberapa masalah diantaranya :

1. Bagaimana mengimplementasikan *Algorimta MVNS* untuk penjadwalan pada studi kasus di SMKN 4 Padalarang.
2. Bagaimana hasil yang didapat dari pengimplementasian algoritma tersebut sudah mendapatkan hasil yang optimal dan dapat diterima atau belum.

## Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan algoritma *Multiobjective Variable Neighborhood Search* kedalam sebuah sistem penjadwalan otomatis.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Algoritma MVNS* menghasilkan solusi yang optimal untuk sistem penjadwalan.
2. Mengetahui performa *Algoritma MVNS* dengan prosedur *insentification* dalam menyelesaikan masalah penjadawalan.

## Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sistem yang dibuat hanya untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mata pelajaran di SMKN 4 Padalarang disetiap kelas dan tingkatan.
2. Waktu jam pelajaran sekolah adalah 6 hari, dari mulai pukul 07.00-15.15 dan khusus hari Jum’at mulai pukul 06.45-15.45.
3. Hasil akhir dari sistem adalah jadwal pelajaran sesuai dengan spesifikasi aturan penjadwalan yang ada di SMKN 4 Padalarang.
4. Sistem yang akan dibuat berbasis desktop, dengan menggunakan tools Microsoft Visual Studio 2015, dengan bahasa pemograman C#.
5. Database yang digunakan menggunakan *SQL Server 2014*.

## Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua metodologi, yaitu metodologi pengumpulan data dan metodologi pembangunan perangkat lunak.

### Metode Pengumpulan Data

Data yang diperoleh bersifat primer karena data didapat langsung dari responden yang mengetahui secara langsung prosedur penjadwalan yang berjalan di SMKN 4 Padalarang, serta data yang berbentuk dokumen pendukung sebagai bahan penelitian.

Adapun teknik pengumpulan data yang akan digunakan yaitu :

1. *Studi Literatur*

Teknik pengumpulan data dengan mengumpulkan dokumen dan sumber referensi tertulis berupa jurnal-jurnal, e-book, dan dokumen-dokumen pendukung lainnya tentang algoritma penjadwalan dan algoritma MVNS sendiri.

1. *Wawancara*

Teknik pengumpulan data dengan melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti serta mengetahui hal-hal dari responden secara lebih mendalam dengan langsung mengadakan tanya jawab secara bertatap muka dengan memberikan pertanyaan yang berhubungan dengan topik yang diangkat sebagai bahan penelitian. Responden dalam wawancara ini dilakukan dengan pihak kurikulum SMKN 4 Padalarang.

### Metode Pembangunan Perangkat Lunak

Dalam pembangunan perangkat lunak ini menggunakan model *linear sequential* menurut Pressman sebagai tahapan pengembangannya, dimana model ini merupakan model klasik yang sederhana dengan aliran sistem yang linier. Keluaran dari tahap sebelumnya merupakan masukan untuk tahap berikutnya. Adapun tahapan proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Software Requirement and Analysis*

Pada tahap ini dilakukan tahap analisis untuk sistem yang akan dibangun, seperti data apa saja yang dibutuhkan dalam pengimplementasian *Algoritma MVNS* pada sistem penjadwalan pada studi kasus di SMKN 4 Padalarang, apa saja yang akan menjadi masukkan untuk sistem yang akan dibangun.

1. *Design*

Pada tahap ini dilakukan pen-design-an pada struktur data, arsitektur software, interface, dan juga prosedur algoritma yang akan diimplemetasikan pada sistem penjadwalan.

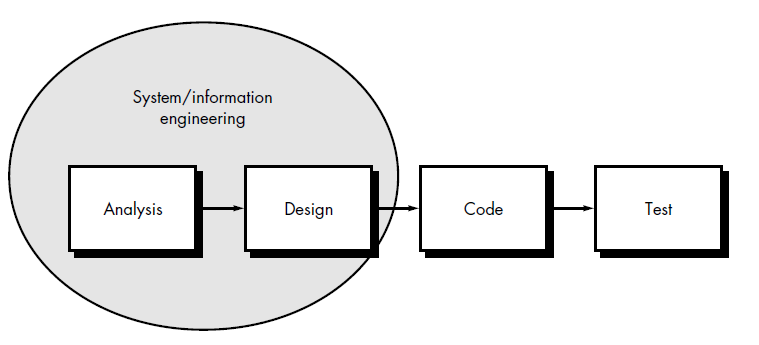
1. *Code Generation*

Dari hasil design yang dilakukan pada tahap sebelumnya, dilakukan tahap pengimplementasian code dari setiap task yang akan digunakan untuk sistem penjadwalan ini.

1. *Test*

Tahap ini merupakan tahap akhir yaitu melakukan test pada program sistem penjadwalan yang dibuat apakah algoritma yang diimplementasikan sudah optimal dan dapat diterima atau belum pada sistem penjadwalan ini.

Untuk lebih jelasnya alur tentang model waterfall menurut pressman ini dapat dilihat pada Gambar I‑1.



**Gambar I‑1 Model Linear Sequential menurut Pressman[8]**

## Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun agar penulisan laporan penelitian skripsi tersusun sesuai dengan yang diharapkan, maka akan disusun sistematika penulisan sebagai berikut:

**BAB 1 PENDAHULUAN**

Menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang landasan teori berupa penjelasan *Penjadwalan, Kecerdasan Buatan, Algoritma MVNS, OOAD, DBMS, dan SQL.*

**BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini berisi tentang analisis dan perancangan sistem.

**BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM**

Bab ini berisi tentang implementasi dan pengujian sistem.

**BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

# Landasan Teori

## Penjadwalan

Penjadwalan merupakan alokasi dari sumber daya terhadap waktu untuk menghasilkan sebuah kumpulan pekerjaan [11]. Proses penjadwalan mata pelajaran di sekolah sama seperti penjadwalan pada umumnya. Sedikit berbeda dengan penjadwalan di perguruan tinggi yang memiliki rasio terjadinya bentrokan data lebih tinggi, karena proses penentuan jadwal harus dilihat dari sisi dosen dan mahasiswa. Pada proses penjadwalan di perguruan tinggi mahasiswa bisa mengambil sebagian mata kuliah sedangkan di level sekeloh menengah atas siswa tidak dapat memilih mata pelajaran yang akan diambil pada semester tersebut. Tetapi dari perbedaan tersebut tidak menjamin penjadwalan di level sekolah menengah atas tidak meiliki resiko terjadinya tabrakan data.

## Kecerdasan Buatan

Apakah Kecerdasan Buatan itu? Kecerdasan buatan atau artificial intelligence merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Pada awal diciptakannya, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan umat manusia. Komputer tidak lagi hanya digunakan sebagai alat hitung, lebih dari itu, komputer diharapkan untuk dapat diberdayakan untuk mengerjakan segala sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia.

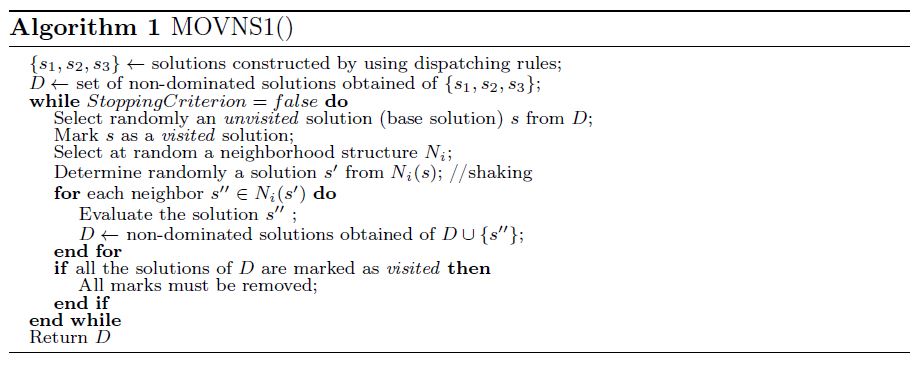
Manusia bisa menjadi pandai dalam menyelesaikan segala permasalahan di dunia ini karena manusia mempunyai pengetahuan dan pengalaman. Pengetahuan diperoleh dari belajar. Semakin banyak bekal pengetahuan yang dimiliki oleh seseorang tentu saja diharapkan akan lebih mampu dalam menyelesaikan permasalahan. Namun bekal pengetahuan saja tidak cukup, manusia juga diberi akal untuk melakukan penalaran, mengambil kesimpulan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang mereka miliki. Tanpa memiliki kemampuan untuk menalar dengan baik, manusia dengan segudang pengalaman dan pengetahuan tidak akan dapat menyelesaikan masalah dengan baik. Demikian pula, dengan kemampuan menalar yang sangat baik, namun tanpa bekal pengetahuan dan pengalaman yang memadai, manusia juga tidak akan bisa menyelesaikan masalah dengan baik [12].

## Algoritma MVNS

*Algoritma VNS (Virtual Neighborhood Search)* pertama kali diusulkan oleh N. Mladenovic dan P. Hansen yaitu merupakan algoritma metaheuristic berdasarkan prinsip sistematis perubahan lingkungan selama pencarian. Algoritma ini telah terbukti sederhana dan metode yang efektif untuk memecahkan masalah optimasi single-objective, termasuk maslah travelling salesman dan masalah penjadwalan [10].

Aplikasi pertama VNS metaheusritic untuk optimasi multiple-objective dikembangkan oleh Geiger. Algoritma VNS nya berbeda dari algoritma VNS single-objective tradisional, dimana pada pemilihan acak neighborhood dan arbitrary selection dasar solusi dari solusi non-dominated yang belum dikunjungi. Yaitu sebelum melakukan pencarian neighborhood, solusi dasar di ambil secara acak dari sekumpulan non-dominated solusi dimana tidak ada pencarian neighborhood yang sudah dilakukan, dan salah satu neighborhood didefiniskan secara arbitrary kemudian dipilih dan diterapkan sebagai solusi pilihan. Setelah pencarian neighborhood, saat ini kumpulan solusi non-dominated (perkiraan dari Pareto front) diperbarui sebagaimana mestinya [5].

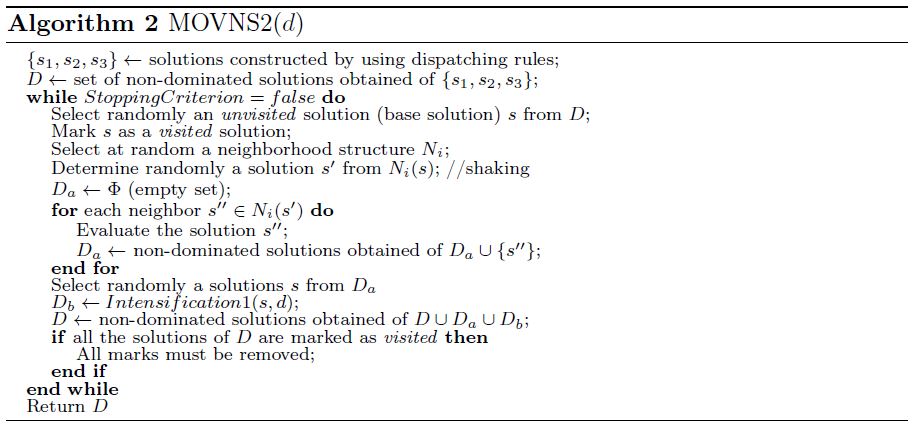
Dari situ Jose Elias Claudio Arroyo, Rafael dos Santos Ottoni, dan Alcino de Paiva Oliviera menerapkan algoritma *Multi-objective Variable Neighborhood Search* Geiger untuk memecahkan masalah bi-objective single machine scheduling. Algoritma ini dinamakan MOVNS1. Deskripsi pseudocode dari algoritma MOVNS1 ini dapat dilihat pada *Gambar II‑1*. Pada MOVNS1 mereka menggunakan greedy heuristic untuk 3 solusi awal (job sequences) s1, s2, dan s3. Set D dari solusi non-dominated diinisialisasi dengan solusi ini. Mereka menggunakan 2 struktur lingkungan(N1 dan N2) untuk menghasilkan solusi baru (negihborhood solution). Dari setiap perulangan algoritma, solusi dasar non-dominated dipilih secara acak dari *D*. Solusi ini ditandai telah sikunjungi, dan tidak dapat dipilih di iterasi berikutnya. Dari solusi dasar, solusi neighborhood yang dihasilkan menggunakan neighborhood N, yang dipilih secara acak. Kumpulan *D* di update dengan solusi *s” Ni.* Solusi *s”* ditambahkan ke set *D* jika *s” D* dan tidak didominasi oleh setiap solusi *D*. Solusi dari *D* didominasi oleh *s”* akan dihapus dari *D.* Dalam studi ini, algoritma berhenti ketika waktu maksimum CPU tercapai (StoppingCiterion) [4].



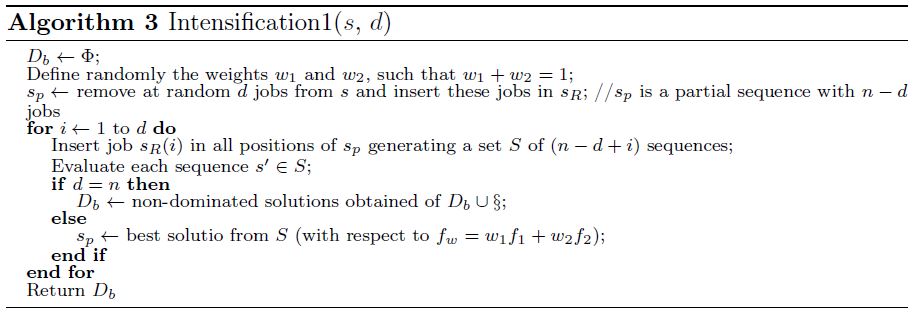
**Gambar II‑1 Algoritma MOVNS1**

Pada paper tersebut mereka mengusulkan fase perbaikan yang disebut intensification untuk algoritma MOVNS1. Dari solusi non-dominated neighborhood *s,* solusi non-dominated baru dibangun oleh prosedur intensification. Prosedur ini didasarkan pada dua pendekatan khas yang digunakan dalam optimasi multi-objective : fungsi scalarizing dan dominasi Pareto. Pendekatan pertama didasarkan pada optimalisasi fungsi utilitas berbobot yang berbeda. Untuk memilih solusi terbaik, digunakan fungsi utilitas linear berbobot *fw = w1f1 + w2f2,* dimana bobot *w1* dan *w2* dihasilkan secara acak seperti *w1 + w2 = 1.* Karena ketidakaturan bobot, arah pencarian dapat diperkaya, dan solusi non-dominated dengan keragaman yang baik dapat diperoleh. Dalam pendekatan dominasi Pareto, hanya solusi non-dominated yang dianlisis [4].

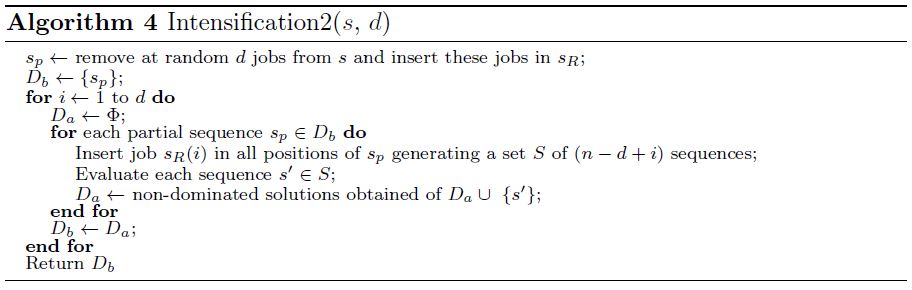
Deskripsi pseudocode algoritma MOVNS yang diusulkan disebut MOVNS2 dan dapat dilihat pada *Gambar* II‑2. Algoritma ini memiliki parameter input *d* digunakan pada fase intensification (*d* adalah jumlah pekerjaan untuk dihapus dalam urutan). Dalam MOVNS2, prosedur intensifikasi didasarkan pada fungsi scalarizing (*Intensification1)*. Algoritma yang menggunakan prosedur intensification berdasarkan pada pendekatan dominasi Pareto (*Intensification2)* disebut MOVNS3. Pseudocode algoritma *Intensification1* dan *Intensification2* dapat dilihat pada *Gambar II‑3* dan *Gambar II‑4*[4].



**Gambar II‑2 Algoritma MOVNS2**



**Gambar II‑3 Algoritma Intensification1**



**Gambar II‑4 Algoritma Intensification2**

Fase-fase dari algoritma MOVNS adalah sebagai berikut [4]:

1. **Initial Solution**

Dalam tahap ini digunakan aturan despatching sederhana untuk menghasilkan solusi non-dominated (bukan menghasilkan solusi acak). Dalam algoritma MOVNS1, MOVNS2 dan MOVNS3, kumpulan *D* dari solusi non-dominated diinisialisasi dengan tiga solusi (sequence): *s1,s2* dan *s3.* Solusi *s1* dan *s2* dihasilkan menggunakan aturan Earliest Due Date (EDD), dimana pekerjaan diatur dalam meningkatkan urutan tanggal *dej* dan *dtj.* Solusi *s3*ini dibangun denganmenggunakan aturan Shortest Processing Time (SPT), dimana pekerjaan diatur dalam meningkatkan urutan total waktu pemrosesan. Solusi non-dominated *{s1,s2,s3}* disimpan di set *D.* Set ini berisi setidaknya satu solusi.

1. **Neighborhood Structures and Local Search**

Metode Local Search biasanya berdasarkan pada pencarian neighborhood. Metode ini dimulai dengan solusi *s*, dan menghasilkan sebuah neighborhood dari solusi ini. Seperti neighborhood berisi solusi serupa, diperoleh dengan menerapkan perubahan sederhana (single moves) pada solusi *s* saat itu.

Algoritma MOVNS dikembangkan menggunakan dua struktur neighborhood : insertion dan exchange, dengan urutan tertentu *s* = (*i1,...,in*).

*Insertion neighborhood* (*N*1) : Neighborhood *s* dihasilkan dengan memasukan job *iq,* 1 ≤ *q* ≤ *n*, pada posisi lain dalam urutan *k*, *k* ≤ *q.* Jika *k* < *q*, maka *k* ≠ *q –* 1. *N*1­(*s*)neighborhood memiliki ukuran (n-1)2.

*Exchange neighborhood (N*2*)* : Neighborhood *s* dihasilkan dengan menukar urutan job *i*q dan *i*p, 1 ≤ *q* ≤ *n*, 1 ≤ *p* ≤ *n*, *q* ≠ *p*. *N*2(*s*) neighborhood memiliki ukuran *n*(*n*-1)/2.

Algoritma MOVNS dimulai dengan memilih solusi dasar *s* secara acak dari set solusi non-dominated (D) pada saat itu. Solusi yang terpilih ditandai telah dikunjungi dan tidak akan dimasukkan pada dasar pemilihan pertama. Jika semua anggota pada set *D* ditandai telah dikunjungi sebelum mencapai stopping criterion dari algoritma, maka semua tanda akan di reset dan prosedur pemilihan dapat dimulai dari awal lagi.

Dalam setiap iterasi algoritma, struktur neighborhood *Ni* dipilih secara acak. Solusi dasar *s* terganggu dengan memilih solusi *s’* secara acak dari *N*i(*s*) neighborhood (shaking). Kemudian, semua solusi negihborhood *s’* dianalisis, yaitu neighborhood *Ni*(*s’*) dieksplorasi.

Dalam MOVNS1, kumpulan solusi non-dominated *D* yang update dengan solusi *s” Ni*(*s’*). Dalam algoritma MOVNS2 dan MOVNS3, solusi neighborhood non-dominated disimpan pada set *Dα*. Dari solusi yang dipilih secara acak dari *Dα*, procedure intensification dieksekusi.

1. **Intensification Procedures**

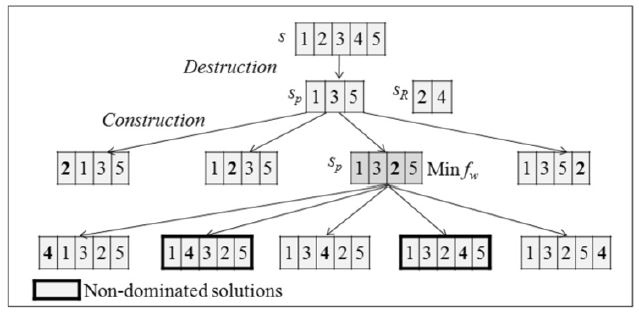
Untuk meningkatkan solusi non-dominated yang dipilih secara acak dari set *Dα* (set solusi non-dominated diperoleh dari Local Search) digunakan dua intensifikasi prosedur. Prosedur ini didasarkan pada partial enumeration heuristic yang diusulkan oleh [6]. Prosedur insentification pertama, *Intensification*1, didasarkan pada optimalisasi fungsi utilitas berbobot berbeda (*fw = w1f1 + w2f2*). Prosedur intensification kedua, *Intensification*2, didasarkan pada dominasi pendekatan Pareto.

Setiap kali algoritma *Intensification*1 dieksekusi, bobot baru *w1* dan *w2* dihasilkan secara acak, seperti *w1 + w2 =* 1. Dengan demikian, algoritma MOVNS2 dapat di eksplorasi berbagai arah pada Pareto-optimal frontier [9].

Kedua prosedur intensification terdiri dari dua tahap : *destruction* dan *construction*. Pada tahap *destruction*, *d* jobs(dipilih secara acak) dihapus dari *s* (solusi dipilih secara acak dari *Dα*) dan solusi parsial *sp* (dari ukuran *n* – *d*) diperoleh.

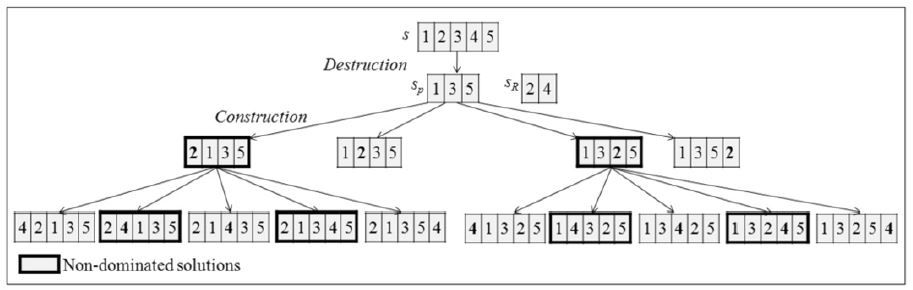
Pekerjaan yang dihapus disimpan dalam *sR (sR(i),i =* 1,...,*d*, pekerjaan yang dihapus). Tahap *construction*  mempunyai *d* steps. Dalam step *i =* 1,(*n* – *d* + 1) solusi parsial dibangun dengan memasukkan job *sR*(1) pada semua kemungkinan posisi *sp*.

Dalam algoritma *Instensification*1, dari (*n* – *d* + 1) solusi parsial, yang terbaik dipilih (satu yang memiliki nilai *fw* terendah) dan menggantikan *sp*. Langkah-langkah yang lain, *i* = 2,...,*d,* sama. Catatan bahwa pada setiap step *i* = *d, n* solusi lengkap dibangun. Dari solusi lengkap *n* ini, kumpulan *Db* pada solusi non-dominated ditentukan. Prosedur *Intensification*1 mengembalikan set ini. *Gambar II‑5* menunjukkan contoh (untuk *n* = 5 dan *d* = 2) mengenai tahap *destruction* dan *construction* prosedur *Intensification*1.



**Gambar II‑5 Contoh Intensification1 untuk n = 5 dan d = 2**

Step *i* = 1 pada *Intensification*2 adalah sama, yaitu (*n* – *d* + 1) solusi parsial dibangun. Dari solusi parsial ini, solusi non-dominated dipilih. Pada langkah berikutnya, solusi baru (dari ukuran *n* – *d* + 2) yang diperoleh dengan memasukkan job *sR*(2) pada setiap posisi solusi non-dominated parsial. Dari solusi dibangun setiap tahap, pada algoritma *Intensification*2, solusi non-dominated selalu dipilih. Pada step *d,* kumpulan *Db* pada solusi lengkap non-dominated ditentukan. *Gambar II‑6* menggambarkan gagasan pada prosedur *Intensification*2 (untuk *n* = 5 dan *d* = 2).

**

**Gambar II‑6 Contoh Intensification2 untuk n = 5 dan d = 2**

## Object Oriented Analysis and Design (OOAD)

OOAD merupakan teknik dan metode dalam mengembangkan sistem yang berbasis pada objek, di mana OOAD menggabungkan data dan proses menjadi suatu entitas tunggal yang disebut objek. Tujuan dari OOAD adalah membuat elemen sistem yang lebih *reusable, improving system quality,* dan produktivitas terhadap analisis dan desain sistem. *Tools* yang digunakan dalam melakukan pemodelan pada OOAD adalah UML (*Unified Modeling Language ).* Berikut adalah diagram yang digunakan dalam UML[13]:

1. *Use Case*

*Use Case* merupakan situasi yang digunakan oleh sistem untuk memenuhi satu atau dua kebutuhan dari pengguna. *Use Case* menggambarkan sistem berdasarkan hasil dari *requirement gathering,* setiap *use case* melambangkan untuk satu fungsional sistem.

1. *Activity Diagram*

*Activity Diagram* memungkinkan bagaimana sistem mencapai tujuan dalam setiap tindakan yang dilakukan pada suatu proses yang telah digambarkan pada *use case* sebelumnya.

1. *Class Diagram*

*Class Diagram* menjelaskan hubungan dari *class* yang digunakan pada sistem. *Class Diagram* menggambarkan jenis objek beserta relasinya yang ada pada sistem.

1. *Sequence Diagram*

*Sequence Diagram* merupakan sebuah gambaran interaksi pada sistem yang didasarkan ketika suatu proses *use case* telah dijalankan pada sistem tersebut.

## Database Management System (DBMS)

*Sistem management* atau *Database Management System* (DBMS) merupakan suatu sistem software yang memungkinkan user untuk mendefinisikan, membuat, dan memelihara database maupun menyediakan akses yang terkontrol terhadap data. Sebuah database merupakan sekumpulan data yang berhubungan secara logika dan memiliki beberapa arti yang saling berpautan. Istilah database kerap digunakan sebagai acuan terhadap data itu sendiri, namun ada sejumlah komponen tambahan lainnya yang juga menjadi bagian dari suatu sistem menajemen database yang utuh. DBMS yang utuh biasanya terdiri dari hardware, software beserta utiliti, data, user dan prosedur [14]. Umumnya DBMS menyediakan fitur2 sebagai berikut [15]:

1. Indenpendensi data program ini karena basis data ditangani oleh DBMS, program dapat ditulis sehingga tidak tergantung pada struktur data dalam basis data. Dengan kata lain, program tidak akan terpengaruh sekiranya bentuk fisik data diubah.
2. Keamanan, ini dimaksudkan untuk mencegah pengaksesan data oleh orang yang tidak berwewenang.
3. Integritas, hal ini ditujukan untuk menjaga agar data selalu dalam keadaan yang *valid* dan konsisten.
4. Konkurensi memungkinkan data dapat diakses oleh banyak pemakai tanpa menimbulkan masalah.
5. Pemulihan (*recovery*), setiap DBMS pasti menyediakan mekanisme ini untuk mengembalikan basis data ke keadaan yang semula yang konsisten sekiranya terjadi gangguan perangkat keras maupun kegagalan perangkat lunak.
6. Katalog sistem adalah deskripsi tentang data yang terkandung dalam basis data yang dapat diakses oleh pemakai.
7. Perangkat produktivitas, hal ini untuk menyediakan bagi pemakai dan meningkatkan produktivitas. DBMS menyediakan sejumlah perangkat produktivitas seperti pembangkit query dan pembangkit laporan.

DBMS juga menerapkan mekanisme pemakaian data bersama, pemaksaan keakuratan atau konsistensi data dan sebagainya. Perangkat lunak yang termasuk DBMS seperti dBase III+, dBaseIV, FoxBase, Rbase, MS-Acces, Borland-Paradox, MS-SQLServer, Oracle, Informix, Sybase, Db2 dan lain lain [16].

## Structure Query Language (SQL)

SQL (Structure Query Language) merupakan suatu bahasa yang digunakan dalam mengelola atau mengakses data pada RDBMS. SQL pada awalnya dikembangkan berdasarkan teori aljabar relational dan kalkulus. SQL mulai berkembang pada tahun 1970an. SQL mulai digunakan resmi pada tahun 1986 oleh ANSI (American National Standart Institute) dan pada tahun 1987 oleh ISO (International Organization For Standart radization) dan disebut sebagai SQL-86.

SQL tidak terbatas hanya untuk mengambil data (query), tetapi juga dapat digunakan untuk menciptakan tabel, menghapus tabel, menambahkan data ke tabel, menghapus data pada tabel, mengganti data pada tabel dan berbagai operasi lainnya.

Secara umum perintah query pada SQL dibagi menjadi dua bagian, yaitu DML (Data Definition Language) dan DDL (Data Definition Language). Kedua jenis tersebut mempunyai fungsi dan sintaks yang berbeda, berikut sintaks SQL, diantaranya :

**Tabel II‑1 Tabel Structure Query Language**

|  |  |
| --- | --- |
| **Jenis Bahasa** | **Sintaks** |
| DML  *(Data Manipulation Language)* | *Insert* |
| *Update* |
| *Delete* |
| DDL  *(Data Definition Language)* | *Create* |
| *Alter* |
| *Drop* |
| *Rename* |

# Analisis dan Perancangan Sistem

## Analisis Sistem

Analisis sistem adalah penguraian dari suatu sistem informsi yang lengkap ke dalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi permasalahan, hambatan, kesempatan dan kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikannya. Didalam tahap analisis sistem terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan, antara lain :

1. *Identify,* yaitu mengidentifikasi masalah.
2. *Understand,* yaitu memahami kerja dari sistem yang ada.
3. *Analyze,* yaitu menganalisis sistem.
4. *Report,* yaitu membuat laporan analisis.

Analisis sistem merupakan tahap untuk mempelajari interaksi sistem yang terdiri dari pelaku proses dalam sistem, prosedur, data serta informasi yang terkait. Analisis dilakukan terhadap sistem yang sedang berjalan sebagai dasar perancangan atau perbaikan sistem lama. Dalam analisis sistem dilakukan penguraian dari suatu system yang utuh ke dalam bagian-bagian komponen dengan tujuan untuk mengindentifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan yang terdapat di dalam sistem secara konvensional yang sudah ada dilingkungan SMKN 4 Padalarang sehingga ditentukan kelemahan-kelemahannya. Hasil proses analisisnya akan menghasilkan beberapa kesimpulan dan saran yang digunakan untuk perbaikan terhadap sistem yang dapat dijadikan dasar dalam merancang sebuah sistem informasi yang akan dibangun Sebagai analisis pada sistem yang sedang berjalan, akan dibahas bagaimana prosedur dan aliran dokumen yang sedang berjalan yang digambarkan dalam bentuk flow map dan analisis sistem non fungsional yang meliputi analisis user yang terlibat, analisis perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, dan analisis basis data.

### Analisis Masalah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di SMKN 4 Padalarang bahwa terdapat masalah pada penjadwalan mata pelajaran yang digunakan untuk proses kegiatan belajar mengajar. Jadwal yang terbentuk dari proses penjadwalan sebelumnya memiliki masalah penjadwalan pada umumnya yaitu terjadinya bentrokan data, oleh karena itu untuk menghindari tersebut terdapat salah satu mata pelajaran yang diberikan pada 2 hari yang berbeda dalam 1 minggu.

### Analisis Sistem yang sedang berjalan

Tahap pertama yang dilakukan agar bisa menghasilkan sistem informasi yang baik adalah dengan mempelajari bagaimana sistem yang sedang berjalan saat ini. Analisis sistem yang sedang berjalan dapat digambarkan dengan menggunakan *flowmap.* *Flowmap* merupakan bagan yang menggambarkan dan menjelaskan urutan prosedur-prosedur, arus pekerjaan secara keseluruhan dari sistem dan menggambarkan aliran data atau dokumen dari satu entitas ke entitas lain.

#### Prosedur Penjadwalan

Prosedur penjadwalan mata pelajaran melibatkan Tata Usaha kepegawaian, Wakasek Kurikulum, Kepala Sekolah, Wali kelas, Guru mata pelajaran dan Siswa. Langkah-langkah penjadwalan mata pelajaran adalah sebagai berikut :

1. Wakasek kurikulum mengambil data guru dan pembagian tugas mengajar dari Tata Usaha bagian Kepegawaian
2. Wakasek kurikulum mendapatkan data jam pelajaran tiap harinya, sesuai dengan hasil rapat untuk perencanaan pembelajaran tahunan
3. Wakasek kurikulum memulai membuat jadwal pelajaran sesuai dengan kurikulum yang berlaku
4. Setelah selesai membuat jadwal wakasek kurikulum kemudian meminta tandatangan kepada kepala sekolah
5. Kepala sekolah mengecek data tersebut sudah sesuai atau tidak jika sudah maka kepala sekolah memberikan ACC terhadap jadwal pelajaran, jika tidak wakasek kurikulum merevisi kembali jadwal pelajaran yang dibuat.
6. Jadwal mengajar dan pelajaran yang telah di ACC diperbanyak dan dibagikan kepada guru mata pelajaran, wali kelas, tata usaha dan siswa.



**Gambar III‑1 Flowmap Penjadwalan**

### Proses Bisnis

Proses bisnis adalah suatu kumpulan aktivitas atau pekerjaan terstruktur yang saling terkait untuk menyelesaikan suatu masalah tententu atau yang menghasilkan produk atau layanan demi meraih tujuan tertentu. Proses bisnis yang terdapat di SMKN 4 Padalarang adalah pembuatan jadwal pelajaran.

Pada pembuatan jadwal pelajaran data guru dan data tugas mengajar guru didapat dari tata usaha bagian kepegawaian, tugas mengajar guru didapat dari rapat pembagian tugas mengajar yang dilakukan sebelum proses penerimaan siswa baru. Data jam pelajaran terdiri dari sepuluh jam pelajaran tiap hari nya dari senin sampai sabtu. Untuk tiap jam pelajaran di SMK ini adalah selama 45 menit. Untuk proses pembagian jam mengajar ini dilakukan oleh wakasek kurikulum. Wakasek kurikulum berhak untuk menentukan penempatan jam mengajar guru mata pelajaran. Guru mata pelajaran menerima keputusan penempatan jam mengajar oleh wakasek kurikulum. Setelah pembuatan jadwal pelajaran tersedia maka jadwal tersebut harus ditandatangan oleh kepala sekolah. Jika jadwal pelajaran tidak ada yang bentrok atau sudah tidak ada masalah maka kepala sekolah menandatangani jadwal tersebut. Jadwal yang sudah di ACC akan dipakai dalam kurun waktu satu tahun pembelajaran atau selama dua semester.

### Analisis Algoritma

Analisis algoritma yang dilakukan dalam penelitian ini adalah meneliti bagaimana cara kerja dari algoritma *Multi-objective Variable Neighborhood Search ,* alur dari algoritma akan dijelaskan pada



**Gambar III‑2 Flowchart algoritma MVNS**

#### Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penyusunan jadwal perkuliahan menggunakan algoritma Multi-objective Variable Neighborhood Search adalah jadwal tahun ajaran 2014/2015 di SMKN 4 Padalarang. Data tersebut berupa waktu pembelajaran yang diberikan pada semeser bersangkutan, kemudian data kelas, data guru, dan data mata pelajaran.

Dari hasil pengamatan dan pengumpulan data yang telah dilakukan, maka data-data yang nantinya akan diperlukan sebagai masukkan tersebut kemudian disusun kedalam tabel-tabel terdiri dari 7 buah tabel yaitu, tabel mata pelajaran, tabel guru, tabel kelas, tabel tingkat, tabel jurusan, tabel detail mata pelajaran, dan tabel detail mengajar.

**Tabel III‑1 Tabel Guru**

|  |  |
| --- | --- |
| Kode guru | Nama guru |
| 1 | Ida Ariswati, M. Pd |
| 2 | Rohimat S, S.Pd |
| 3 | Edi Gunawan, M.Pd. |
| 4 | Suhendar, SP. |
| 5 | Rita Rosita, S.Pd |
| 6 | Lilis Resmiati, S.Pd |
| 7 | Lina Galih Lugina, S.TP |
| 8 | Dewi P, SP |
| 9 | Maya Rahmawati, S.Pd |
| 10 | Endang Tri S, SP |
| ... | ... |
| 62 | Siti Wulan Sari.S.Pd |

**Tabel III‑2 Tabel Mata Pelajaran**

|  |  |
| --- | --- |
| kode\_mtp | mata\_pelajaran |
| 1 | ALSIN |
| 2 | Adm. Barang |
| 3 | Adm. Kantor |
| 4 | Adm. Server |
| 5 | Adm. Transaksi |
| 6 | Admin B. Data |
| 7 | Akuntansi |
| 8 | Alat M. Indsutri Kimia |
| 9 | Analisis |
| 10 | Azas Teknik Kimia |
| ... | .... |
| 67 | Troubleshooting |

**Tabel III‑3 Tabel Kelas**

|  |  |
| --- | --- |
| id\_kelas | kelas |
| 1 | 10 AGRO A |
| 2 | 10 AGRO B |
| 3 | 10 KI A |
| 4 | 10 KI B |
| 5 | 10 PM A |
| 6 | 10 PM B |
| 7 | 10 RPL A |
| 8 | 10 RPL B |
| 9 | 10 TKJ A |
| 10 | 10 TKJ B |
| ... | ... |
| 29 | 12 TKJ B |

**Tabel III‑4 Tabel Jurusan**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| id\_jurusan | kode\_jurusan | jurusan |
| 1 | AGRO | Agronomi |
| 2 | KI | Kimia Industri |
| 3 | PM | Bisnis Manajemen |
| 4 | RPL | Rekayasa Perangkat Lunak |
| 5 | TKJ | Teknik Komputer dan Jaringan |

**Tabel III‑5 Tabel Tingkar**

|  |  |
| --- | --- |
| kode\_tingkat | tingkat |
| 1 | 10 |
| 2 | 11 |
| 3 | 12 |

**Tabel III‑6 Tabel Detail mengajar**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| id\_dm | kode\_mtp | kode\_guru | id\_kelas | id\_dm |
| 1 | 1 | 5 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 8 | 2 | 2 |
| 3 | 2 | 19 | 16 | 3 |
| 4 | 2 | 24 | 17 | 4 |
| 5 | 3 | 32 | 24 | 5 |
| 6 | 3 | 36 | 25 | 6 |
| 7 | 4 | 19 | 9 | 7 |
| 8 | 4 | 24 | 10 | 8 |
| 9 | 4 | 32 | 11 | 9 |
| 10 | 5 | 36 | 16 | 10 |
| ... | .... | .... | .... | .... |
| 482 | 482 | 232 | 45 | 29 |

**Tabel III‑7 Tabel Detail mata pelajaran**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| id\_dmp | tingkat | jurusan | mata\_pelajaran | sks |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| 5 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 5 | 4 | 4 |
| 7 | 2 | 3 | 5 | 4 |
| 8 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| 9 | 3 | 4 | 6 | 4 |
| 10 | 1 | 3 | 7 | 2 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 232 | 232 | 3 | 5 | 67 |

Berdasarkan hasil penelitian, pembagian waktu pembelajaran di SMKN 4 Padalarang tahun ajaran 2014/2015, kegiatan belajar dimulai dari jam 07.00-15.15, khusus hari jum’at kegiatan belajar dimulai pukul 06.45-15.45. Kemudian pembagian waktu didasarkan pada SKS, dimana waktu yang ditentukan dalam satu SKS adalah 45 menit dan timeslot yang tersedia dalam satu hari adalah 10, lalu hari yang digunakan adalah hari senin-sabtu, berarti ada 6 hari pembelajaran dalam satu minggu, sehingga total timeslot yang disediakan dalam satu minggu 6 x 10 = 60 timeslot.

**Tabel III‑8 Tabel Timeslot**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Waktu | Timeslot | | | | | Waktu | Timeslot |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Sabtu | Jum’at |
| 07.00-07.45 | 1 | 11 | 21 | 31 | 41 | **06.45 - 07.30** | 51 |
| 07.45-08.30 | 2 | 12 | 22 | 32 | 42 | **07.30-08.15** | 52 |
| 08.30-09.15 | 3 | 13 | 23 | 33 | 43 | **08.15-09.00** | 53 |
| 09.15-10.00 | 4 | 14 | 24 | 34 | 44 | **09.00-09.45** | 54 |
| 10.00-10.15 | *Istirahat* | | | | | 09.45-10.00 | *Istirahat* |
| 10.15-11.00 | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | **10.00-10.45** | 55 |
| 11.00-11.45 | 6 | 16 | 26 | 36 | 46 | **10.45-11.30** | 56 |
| 11,45-12.15 | *Istirahat* | | | | | 11.30-12.45 | *Istirahat* |
| 12.15-13.00 | 7 | 17 | 27 | 37 | 47 | **12.45-13.30** | 57 |
| 13.00-13.45 | 8 | 18 | 28 | 38 | 48 | **13.30-14.15** | 58 |
| 13.45-14.30 | 9 | 19 | 29 | 39 | 49 | **14.15-15.00** | 59 |
| 14.30-15.15 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | **15.00-15.45** | 60 |

#### Parameter Algoritma Multi Variable Neighborhood Search

**Initial Solution**

Dalam tahap ini digunakan aturan despatching rule menggunakan *algoritma greedy* untuk menghasilkan solusi awal (bukan solusi acak). Adapun aturan-aturan yang digunakan untuk menghasilkan solusi awal adalah sebagai berikut :

1. Satu kelas tidak bisa belajar lebih dari satu mata pelajaran dalam satu waktu
2. Guru tidak bisa mengajar lebih dari satu mata pelajaran dalam satu waktu
3. Guru tidak bisa mengajar lebih dari satu kelas dalam satu waktu
4. Batas jumlah jam pelajaran dalam satu hari ;

* Senin 9 jam
* Selasa 10 jam
* Rabu 10 jam
* Kamis 10 jam
* Jum’at 8 jam
* Sabtu 10 jam

Pada analisis ini penulis menggunakan sample data mata pelajaran dikelas 12 Agro A, yang nantinya akan diploting kedalam solusi awal sesuai aturan yang sudah di buat seperti berikut ini;

**Tabel III‑9 Tabel Mata Pelajaran kelas 12 Agro A**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Mata Pelajaran | SKS |
| 1 | Bahasa Inggris | 2 |
| 2 | Bahasa Sunda | 2 |
| 3 | Fisika | 2 |
| 4 | Kimia | 2 |
| 5 | PKN | 2 |
| 6 | Prakarya & KWU | 2 |
| 7 | Sejarah | 2 |
| 8 | Seni Budaya | 2 |
| 9 | Penyuluhan | 2 |
| 10 | PJOK | 3 |
| 11 | Simulasi Digital | 3 |
| 12 | PAI | 3 |
| 13 | Pembiakan | 3 |
| 14 | Matematika | 4 |
| 15 | ALSIN | 4 |
| 16 | Bahasa Indonesia | 4 |
| 17 | DASBUD | 6 |

**Tabel III‑10 Tabel Step awal Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 9 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 |

**→ Limit SKS per hari**

Dari Tabel II‑1 diatas selanjutnya dilakukan proses ploting mata pelajaran yang ada di Tabel III‑9 dengan aturan jumlah sks mata pelajran tidak melebihi sisa limit sks per hari, jika melebihi maka akan pindah ke hari berikutnya. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat dibawah ini;

**Tabel III‑11 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 |

Dari Tabel diatas kode 1 merupakan kode mata pelajaran Bahasa Inggris yang ada di Tabel III‑9, limit sks per hari untuk hari senin berkurang karena sks yang dimiliki mata pelajaran bahasa inggris di Tabel III‑9 adalah 2 sks, limit sks per hari sebelumnya adalah 9 jadi : **Limit sks per hari – bobot sks** **= 9 -2 = 7** . Selanjutnya dilakukan ploting untuk mata pelajaran selanjutnya sampai mata pelajaran terakhir yang ada di Tabel III‑9.

**Tabel III‑12 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 8 | 10 | 10 | 8 | 10 |

**Tabel III‑13 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 8 | 8 | 10 | 8 | 10 |

**Tabel III‑14 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 |

**Tabel III‑15 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 8 | 8 | 8 | 6 | 10 |

**Tabel III‑16 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 |

**Tabel III‑17 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 |

**Tabel III‑18 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 6 | 8 | 8 | 6 | 8 |

**Tabel III‑19 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 6 | 6 | 8 | 6 | 8 |

**Tabel III‑20 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 8 |

**Tabel III‑21 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 6 | 6 | 5 | 3 | 8 |

**Tabel III‑22 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 5 | 6 | 6 | 5 | 3 | 5 |

**Tabel III‑23 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | 6 | 6 | 5 | 3 | 5 |

**Tabel III‑24 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | 2 | 6 | 5 | 3 | 5 |

**Tabel III‑25 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 5 |

**Tabel III‑26 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 5 |

Selanjutnya kita akan memasukkan mata pelajaran DASBUD dengan bobot sks 6, dimana bobot tersebut melebihi jumlah sks yang tersisa di hari jum’at yaitu 3. Jika sisa limit lebih kecil dari jumlah sks yang di butuhkan maka limit dari hari senin sampai dengan sabtu dibandingkan dan di ambil limit yang paling besar, dalam kasus ini sisa limit yaitu {2,2,2,1,3,5} maka yang dipilih adalah 5.

**Tabel III‑27 Tabel Step Ploting Initial Solution**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum’at | Sabtu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | -1 |

Dari semua proses yang dilakukan didapatlah hasil ploting untuk Initial Solution seperti berikut ini ;

**[Mata pelajaran,Hari]** = [1,1], [2,2], [3,3], [4,4], [5,5], [6,6], [7,1], [8,2], [9,3],

[10,4],[11,5], [12,6], [13,1], [14,2], [15,3], [16,4],

[17,6]

**Neighborhood Structure and Local Search**

Metode Local Search biasanya berdasarkan pada pencarian neighborhood. Pada metode ini dimulai dengan solusi *s* yang sudah di dapat pada initial solution, dan menghasilkan sebuah neighborhood dari solusi ini. Seperti neighborhood berisi solusi serupa, diperoleh dengan menerapkan perubahan sederhana (single moves) pada solusi *s*. Pada tahap ini structure yang digunakan adalah *insertion,* sebelumnya kita harus mencari nilai *p* yang didapat dari pembangkitan bilangan acak dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

**Tabel III‑28 Tabel pembangkitan bilangan acak**

|  |  |
| --- | --- |
| i | p |
| 1 | 0,8 \* 3 = 2,4 ≈ 3 |
| 2 | 0,6 \* 3 = 1,8 ≈ 2 |
| 3 | 0,2 \* 3 = 0,6 ≈ 1 |
| 4 | 0,4 \* 3 = 1,2 ≈ 2 |
| 5 | 0,8 \* 2 = 1,6 ≈ 2 |
| 6 | 0,6 \* 3 = 1,8 ≈ 2 |

Dari Tabel III‑28 dilakukan *insertion neighborhood* dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel III‑29 Tabel Insertion Neighborhood**

|  |  |
| --- | --- |
| i | job |
| 1 | [13,1] |
| 2 | [8,2] |
| 3 | [3,3] |
| 4 | [10,4] |
| 5 | [11,5] |
| 6 | [12,6] |

**Insentification**

Untuk meningkatkan solusi non-dominated yang dipilih secara acak dari *Local Search* digunakan prosedur yang disebut *Intensification* yang terbagi dala 2 tahap yaitu *Destruction* dan *Construction.* Pada tahap *Destruction*  jadwal (dipilih secara acak) dihapus dari solusi (dipilih secara acak) dan diperoleh solusi parsial. Pada tahap *Contruction* pada setiap tahap nya solusi yang dihapus dimasukkan kedalam setiap kemungkinan posisi di solusi parsial. Selanjutnya solusi parsial yang terbentuk dibandingkan satu sama lainnnya untuk mencari solusi yang mempunyai nilai fitness yang terbaik. Jika solusi yang didapat hasilnya lebih bagus maka solusi tersebut akan diganti dengan inisialisasi awal dan proses akan berhenti. Jika tidak maka akan di ulang dengan mencari solusi parsial yang diperoleh hingga solusi parsial yang mempunyai hasil lebik baik didapat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi berikut.



**Gambar III‑3 Prosedur Insentification**

Ilustrasi gambar di atas belum selesai karena pada cabang 1 baru mata pelajaran dengan kode 13 saja yang diinsert kedalam solusi parsial, selanjutnya mata pelajaran yang terdapat dalam solusi yang dihapus yaitu [13,8,3,10,11,12] selain dari 13 akan dimasukkan satu persatu dalam setiap iterasi dalam masing-masing cabang. Pada Cabang 1 dihitung setiap nilai fitnessnya dengan cara limit per hari dikurangi jumlah sks yang terdapat pada kolom hari tersebut, dan yang memiliki solusi terbaik yaitu kolom no. 4-9, sehingga kolom tersebut lah yang akan di turunkan ke cabang 2. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan dibawah ini ;

**Cabang 2.4**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.1 |  |  |  |  |  |  | 4.2 |  |  |  |  |  |  | 4.3 |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 8 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 1 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 8 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |
| 8 | 13 |  |  |  |  |  | 7 | 13 |  |  |  |  |  | 7 | 13 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.4 |  |  |  |  |  |  | 4.5 |  |  |  |  |  |  | 4.6 |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 8 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 2 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 8 | 15 | 16 |  | 17 |
|  | 13 |  |  |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  |
|  | 8 |  |  |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |
| 4.7 |  |  |  |  |  |  | 4.8 |  |  |  |  |  |  | 4.9 |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 8 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 14 | 9 | 16 |  | 17 |
|  | 8 |  |  |  |  |  |  | 13 | 8 |  |  |  |  |  | 13 | 15 |  |  |  |
|  | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.10 | |  |  |  |  |  | 4.11 | |  |  |  |  |  | 4.12 | |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 8 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 8 | 16 |  | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 4 |  | 17 |
|  | 13 | 15 |  |  |  |  |  | 13 |  | 8 |  |  |  |  | 13 |  | 16 |  |  |
| 4.13 | |  |  |  |  |  | 4.14 | |  |  |  |  |  | 4.15 | |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 8 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 8 |  | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 16 | 8 | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 16 | 5 | 17 |
|  | 13 |  | 16 |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |
| 4.16 | |  |  |  |  |  | 4.17 | |  |  |  |  |  | 4.18 | |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 8 |  | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 16 |  | 17 |  | 7 | 14 | 15 | 16 |  | 6 |  | 7 | 14 | 15 | 16 |  | 8 |
|  | 13 |  |  |  | 8 |  |  | 13 |  |  |  | 17 |  |  | 13 |  |  |  | 17 |

**Cabang 2.5**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5.1 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.3 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 8 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 8 | | 2 | 15 | 16 | |  | 17 |
| 8 | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | | 7 | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | | 7 | | 14 |  |  | |  |  |
| 5.4 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.5 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.6 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 8 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 8 | 15 | 16 | |  | 17 |
|  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2 |  |  | |  |  |
|  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 |  |  | |  |  |
| 5.7 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.9 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | 8 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | 9 | 16 | |  | 17 |
|  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 15 |  | |  |  |
|  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 5.10 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.12 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | 9 | 8 | 5 | 6 | |
| 7 | 2 | | 8 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | 15 | 4 |  | 17 | |
|  | 14 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | | 14 |  | 16 |  |  | |
| 5.13 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.15 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | 9 | 4 | 8 | 6 | |
| 7 | 2 | | 15 | | 8 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | | 8 | | 17 | |  | | 7 | | 2 | 15 | 16 | 5 | 17 | |
|  | 14 | |  | | 16 | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 |  |  |  |  | |
| 5.16 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 5.18 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 13 | | 9 | | 4 | | 5 | | 8 | |  | | 1 | | 13 | 9 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 2 | 15 | 16 |  | 8 | |
|  | 14 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | | 17 | |  | |  | | 14 |  |  |  | 17 | |

**Cabang 2.6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6.1 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.3 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 8 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 8 | | 13 | 15 | 16 | |  | 17 |
| 8 | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | | 7 | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | | 7 | | 14 |  |  | |  |  |
| 6.4 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.5 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.6 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 8 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 8 | 15 | 16 | |  | 17 |
|  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 |  |  | |  |  |
|  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 |  |  | |  |  |
| 6.7 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.9 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 8 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | 9 | 16 | |  | 17 |
|  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 15 |  | |  |  |
|  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 6.10 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.12 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 8 | 5 | 6 | |
| 7 | 13 | | 8 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | 15 | 4 |  | 17 | |
|  | 14 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | | 14 |  | 16 |  |  | |
| 6.13 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.15 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 8 | 6 | |
| 7 | 13 | | 15 | | 8 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | | 15 | | 16 | | 8 | | 17 | |  | | 7 | | 13 | 15 | 16 | 5 | 17 | |
|  | 14 | |  | | 16 | |  | |  | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 |  |  |  |  | |
| 6.16 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 6.18 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 8 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 13 | | 15 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 13 | 15 | 16 |  | 8 | |
|  | 14 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | | 17 | |  | |  | | 14 |  |  |  | 17 | |

**Cabang 2.7**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7.1 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.3 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 8 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 8 | | 14 | 15 | 16 | |  | 17 |
| 8 | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | 13 |  | |  |  |
| 7.4 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.5 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.6 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 8 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 8 | 15 | 16 | |  | 17 |
|  | | 8 | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 13 |  | |  |  |
| 7.7 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.9 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 8 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 8 | 16 | |  | 17 |
|  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 15 |  | |  |  |
|  | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 13 |  | |  |  |
| 7.10 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.12 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 8 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 15 | 4 |  | 17 | |
|  |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | 13 | 16 |  |  | |
|  |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |  |  |  | |
| 7.13 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.15 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 8 | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 8 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | | 8 | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 15 | 16 | 5 | 17 | |
|  |  | | 13 | | 16 | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 13 |  |  |  | |
| 7.16 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 7.18 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 8 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 14 | 15 | 16 |  | 8 | |
|  |  | | 13 | |  | |  | | 8 | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | | 17 | |  | |  | |  | 13 |  |  | 17 | |

**Cabang 2.8**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 8.1 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.3 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 8 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 8 | | 14 | 9 | 16 | |  | 17 |
| 8 | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | 15 |  | |  |  |
| 8.4 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.5 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.6 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 8 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 8 | 9 | 16 | |  | 17 |
|  | | 8 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 15 |  | |  |  |
| 8.7 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.9 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 8 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 8 | 16 | |  | 17 |
|  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 9 |  | |  |  |
|  | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 15 |  | |  |  |
| 8.10 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.12 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 8 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 9 | 4 |  | 17 | |
|  |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | 15 | 16 |  |  | |
|  |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |  |  |  | |
| 8.13 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.15 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 4 | 8 | 6 | |
| 7 | 14 | | 9 | | 8 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | | 8 | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 9 | 16 | 5 | 17 | |
|  |  | | 15 | | 16 | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 15 |  |  |  | |
| 8.16 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 8.18 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 13 | | 4 | | 5 | | 8 | |  | | 1 | | 2 | 13 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 14 | 9 | 16 |  | 8 | |
|  |  | | 15 | |  | |  | | 8 | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | | 17 | |  | |  | |  | 15 |  |  | 17 | |

**Cabang 2.9**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9.1 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.2 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.3 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 8 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 8 | | 14 | 13 | 16 | |  | 17 |
| 8 | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | | 7 | |  | 15 |  | |  |  |
| 9.4 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.5 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.6 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 8 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 8 | 13 | 16 | |  | 17 |
|  | | 8 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 15 |  | |  |  |
| 9.7 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.9 | |  |  |  | |  |  |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 8 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | | 5 | 6 |
| 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 8 | 16 | |  | 17 |
|  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 13 |  | |  |  |
|  | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 15 |  | |  |  |
| 9.10 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.12 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 8 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 13 | 4 |  | 17 | |
|  |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | 15 | 16 |  |  | |
|  |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |  |  |  | |
| 9.13 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.15 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 8 | 6 | |
| 7 | 14 | | 13 | | 8 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 13 | | 16 | | 8 | | 17 | |  | | 7 | | 14 | 13 | 16 | 5 | 17 | |
|  |  | | 15 | | 16 | |  | |  | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | 15 |  |  |  | |
| 9.16 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 9.18 | | |  |  |  |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 8 | |  | | 1 | | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 13 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 14 | 13 | 16 |  | 8 | |
|  |  | | 15 | |  | |  | | 8 | |  | |  | |  | | 15 | |  | |  | | 17 | |  | |  | |  | 15 |  |  | 17 | |

Dari semua kolom yang terbentuk dicabang 2 dicari kembali nilai fitnessnya dengan hasil solusi yang memeilki nilai fitnsess terbaik yaitu kolom 4.16-4.18, 5.6-5.18, 6.16-6.18, 7.16-7.18, 8.16- 8.18, 9.16-9.18 selanjutnya diturunkan lagi kedalam cabang 3. Nilai fitsness yang didapat dari kolom tersebut di bandingkan dengan kolom lainnya yang memiliki solusi terbaik, selain itu dibandingkan dengan solusi yang terbentuk di kelas lain apakah ada kebentrokan jadwal pelajaran ataupun jadwal mengajar guru, jika tidak ada solusi tersebut yang akan diturunkan, jika tidak ganti dengan solusi yang lain. Pada analisis ini karna yang dibahas 1 kelas saja yaitu 12 Agro A kita anggap saja tidaka ada kebentrokan jadwal pelajaran maupun mengajar, dan karena nilai fitness yang terbentuk dari solusi terbaik yang tercipta dari kolom pada cabang 2 memiliki nilai fitness yang sama hanya posisi hari yang berbeda, kita anggap saja yang memiliki nilai fitness terbaik yaitu kolom 4.16 yang selanjutnya kita turunkan ke cabang 3.

**Cabang 3.4.16**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.16.1 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.2 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.3 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 3 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 3 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
| 3 | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 7 | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 7 | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |
| 4.16.4 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.5 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.6 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 3 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 2 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 3 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
|  | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 14 | |  | |  | |  | | 8 | |
|  | 3 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | |  | |
| 4.16.7 | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.8 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.9 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |
|  | 3 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | | 3 | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | | 15 | |  | |  | | 8 | |
|  | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 4.16.10 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.11 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.12 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 3 | | 5 | | 6 | |
| 7 | | 14 | | 3 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 4 | |  | | 17 | |
|  | | 13 | | 15 | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | |  | | 3 | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | |  | | 16 | |  | | 8 | |
| 4.16.13 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.14 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.15 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 3 | | 6 | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 3 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | | 3 | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | | 5 | | 17 | |
|  | | 13 | |  | | 16 | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |
| 4.16.16 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.17 | | | |  | |  | |  | |  | |  | | 4.16.18 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 3 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 6 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 3 | |
|  | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | | 17 | |  | |  | | 13 | |  | |  | |  | | 17 | |
|  | |  | |  | |  | |  | | 3 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8 | |
| 4.16.19 | | | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
|  | | 13 | |  | |  | |  | | 3 | |
|  | |  | |  | |  | |  | | 8 | |

Dari kolom diatas setelah dihitung nilai fitness nya kolom yang memiliki solusi terbaik yaitu kolom 4.16.1-4.16.3 dan kolom 4.16.8-4.16.15, sebagai contoh kita ambil kolom 4.16.1 yang memiliki solusi terbaik dan akan diturunkan ke cabang 4.

**Cabang 4**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.16.1.1 | | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.2 | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 4.16.1.3 | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 10 | | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |  | | | 1 | | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |  | | | 10 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |
| 3 | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 7 | | | 13 | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | |  | | | 7 | | | 13 | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | |
| 10 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 3 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 3 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| 4.16.1.4 | | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.5 | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 4.16.1.6 | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |  | | | 1 | | | 10 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |  | | | 7 | | | 2 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |
| 10 | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | |  | | | 3 | | | 14 | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | |
| 3 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 10 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 13 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| 4.16.1.7 | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.8 | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 4.16.1.9 | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |  | | | 1 | | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
| 7 | 10 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |  | | | 7 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | |
| 3 | 14 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 3 | | 10 | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | |  | | | 3 | | | 13 | | | 10 | | |  | | |  | | | 8 | | |
|  | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.16.1.10 | | |  |  |  | |  | | 4.16.1.11 | | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.12 | | | | | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | 10 | 4 | 5 | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | 9 | 16 |  | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 10 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
| 3 | 13 | 15 |  |  | 8 | |  | | 3 | | 13 | | 15 | |  | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | |  | | 10 | |  | | 8 | |
| 4.16.1.13 | | |  |  |  | |  | | 4.16.1.14 | | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.15 | | | | | |  | |  | | |  | |
| 1 | 2 | 9 | 10 | 5 | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | | 6 | |
| 7 | 14 | 15 | 4 |  | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 10 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | | 10 | | | 17 | |
| 3 | 13 |  | 16 |  | 8 | |  | | 3 | | 13 | |  | | 16 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | |  | |  | |  | | | 8 | |
| 4.16.1.16 | | |  |  | |  | |  | | 4.16.1.17 | | | | | |  | |  | |  | |  | | 4.16.1.18 | | | | | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 10 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 10 | |
| 7 | 14 | 15 | 16 | 5 | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 6 | |
| 3 | 13 |  |  |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | |  | |  | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | |  | |  | |  | | 17 | |
|  |  |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 10 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8 | |
| 4.16.1.19 | | |  |  |  | |  | | 4.16.1.20 | | | | | |  | |  | |  | |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 | |  | | 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | 15 | 16 |  | 10 | |  | | 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
| 3 | 13 |  |  |  | 17 | |  | | 3 | | 13 | |  | |  | |  | | 10 | |
|  |  |  |  |  | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8 | |

Dari kolom diatas setelah dihitung nilai fitness nya kolom yang memiliki solusi terbaik yaitu kolom 4.16.1.1-4.16.1.4 dan kolom 4.16.1.9-4.16.1.16, sebagai contoh kita ambil kolom 4.16.1.9 yang memiliki solusi terbaik dan akan diturunkan ke cabang 5.

**Cabang 5**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.16.1.9.1 | | | | | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | |  | | | | | 4.16.1.9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | |
| 1 | | | | | 2 | | | | 9 | | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 6 | | | |  | | | | | 11 | | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | |
| 7 | | | | | 14 | | | | 15 | | | | | 16 | | | | |  | | | | | 17 | | | |  | | | | | 1 | | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | |  | | | | | | 11 | | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | |
| 3 | | | | | 13 | | | | 10 | | | | |  | | | | |  | | | | | 8 | | | |  | | | | | 7 | | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | |
| 11 | | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | |  | | | | | 3 | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | |
| 4.16.1.9.4 | | | | | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | |  | | | | | 4.16.1.9.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | | | | 2 | | | | 9 | | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 6 | | | |  | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | 11 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | 14 | | | | 15 | | | | | 16 | | | | |  | | | | | 17 | | | |  | | | | | 7 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | 2 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 11 | | | | | 13 | | | | 10 | | | | |  | | | | |  | | | | | 8 | | | |  | | | | | 3 | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | |  | | | | | |  | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | 14 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |
| 3 | | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | | 11 | | | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | 13 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 4.16.1.9.7 | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | 4.16.1.9.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 6 | | | | |  | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | 11 | | | | 15 | | | | 16 | | | | |  | | | | | 17 | | | | |  | | | | | 7 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 3 | | 14 | | | | 10 | | | |  | | | | |  | | | | | 8 | | | | |  | | | | | 3 | | | | | | 11 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |
|  | | 13 | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | | 13 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 11 | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 4.16.1.9.10 | | | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.11 | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 4.16.1.9.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | | 2 | | | | 11 | | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 6 | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | | 14 | | | | 9 | | | | | 16 | | | | |  | | | | | 17 | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | 14 | | | | | | 11 | | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | | 7 | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 3 | | | 13 | | | | 15 | | | | |  | | | | |  | | | | | 8 | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | 13 | | | | | | 15 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | | | 3 | | | | | 13 | | | | | | 11 | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |
|  | | |  | | | | 10 | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |  | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | |  | | | | | | 10 | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 4.16.1.9.13 | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | 4.16.1.9.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 6 | | | | |  | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 11 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | | |  | | | | | 17 | | | | |  | | | | | 7 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 4 | | | | | |  | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 11 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 3 | | 13 | | | | 10 | | | | 11 | | | | |  | | | | | 8 | | | | |  | | | | | 3 | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |
| 4.16.1.9.16 | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | | | |  | | | |  | | | | | 4.16.1.9.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | |  | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | 11 | | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | | | 11 | | | | | | | 17 | | | |  | | | | | 7 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | 5 | | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 3 | | 13 | | | | 10 | | | |  | | | | |  | | | | | | | 8 | | | |  | | | | | 3 | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 11 | | | | | | |
| 4.16.1.9.19 | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | |  | | | | | 4.16.1.9.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | 4.16.1.9.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | |
| 1 | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | 11 | | | | |  | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | |  | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | | | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | | |  | | | | | 6 | | | | |  | | | | | 7 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | |  | | | | | | 11 | | | | | | |  | | | | | | 7 | | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | |  | | | | | | | 17 | | | | | | |
| 3 | | 13 | | | | 10 | | | |  | | | | |  | | | | | 17 | | | | |  | | | | | 3 | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | 17 | | | | | | |  | | | | | | 3 | | | | | | | 13 | | | | | | 10 | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 11 | | | | | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | 8 | | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | 8 | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | | | | | | 8 | | | | | | |

Dari kolom diatas setelah dihitung nilai fitness nya kolom yang memiliki solusi terbaik yaitu kolom 4.16.1.9.1-4.16.1.9.4 dan kolom 4.16.1.9.13-4.16.1.9.17, sebagai contoh kita ambil kolom 4.16.1.9.13 yang memiliki solusi terbaik dan akan diturunkan ke cabang 6.

**Cabang 6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.16.1.9.13.1 | | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.2 | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.3 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 12 | | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 1 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | | 17 | | | |  | | | | 12 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | |  | | | | 17 | | | |
| 3 | | 13 | | 10 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 7 | | | 13 | | | 10 | | | 11 | | |  | | | | 8 | | | |  | | | | 7 | | | | 13 | | | | 10 | | | | 11 | | | |  | | | | 8 | | | |
| 12 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 3 | | |  | | |  | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | | 3 | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.4 | | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.5 | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.6 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | |  | | | |
| 1 | | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 12 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | 6 | | | |
| 7 | | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | | 17 | | | |  | | | | 7 | | | | 2 | | | | 15 | | | | 16 | | | |  | | | 17 | | | |
| 12 | | 13 | | 10 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | | 10 | | | 11 | | |  | | | | 8 | | | |  | | | | 3 | | | | 14 | | | | 10 | | | | 11 | | | |  | | | 8 | | | |
| 3 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 12 | | |  | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 13 | | | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.7 | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.8 | | | | | | | | | | |  | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.9 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| 7 | 12 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 17 | | | |  | | | | 7 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | |  | | | | 17 | | | |
| 3 | 14 | | 10 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 12 | | | 10 | | | 11 | | |  | | | 8 | | | |  | | | | 3 | | | | 13 | | | | 10 | | | | 11 | | | |  | | | | 8 | | | |
|  | 13 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 13 | | |  | | |  | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 12 | | | |  | | | |  | | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.10 | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.11 | | | | | | | | | | |  | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.12 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |
| 1 | 2 | | 12 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| 7 | 14 | | 9 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 12 | | | 16 | | |  | | | 17 | | | |  | | | | 7 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | |  | | | | 17 | | | |
| 3 | 13 | | 15 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | | 15 | | | 11 | | |  | | | 8 | | | |  | | | | 3 | | | | 13 | | | | 12 | | | | 11 | | | |  | | | | 8 | | | |
|  |  | | 10 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | | 10 | | |  | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 10 | | | |  | | | |  | | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.13 | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.14 | | | | | | | | | | |  | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.15 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 12 | | | 5 | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 4 | | |  | | | 17 | | | |  | | | | 7 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 12 | | | |  | | | | 17 | | | |
| 3 | 13 | | 10 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | | 10 | | | 16 | | |  | | | 8 | | | |  | | | | 3 | | | | 13 | | | | 10 | | | | 16 | | | |  | | | | 8 | | | |
|  |  | |  | | 12 | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | | 11 | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 11 | | | |  | | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.16 | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.17 | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.18 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | | 6 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 12 | | | | | 6 | | | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | | 12 | | | | 17 | | | |  | | | | 7 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | | 5 | | | | | 17 | | | |
| 3 | 13 | | 10 | | 12 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | | 10 | | | 11 | | |  | | | | 8 | | | |  | | | | 3 | | | | 13 | | | | 10 | | | | 11 | | | |  | | | | | 8 | | | |
|  |  | |  | | 11 | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | |  | | | |
| 4.16.1.9.13.19 | | | | | | |  | |  | |  | | 4.16.1.9.13.20 | | | | | | | | | | |  | | |  | | | |  | | | | 4.16.1.9.13.21 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | |  | | | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |  | | 1 | | 2 | | | 9 | | | 4 | | | 5 | | | 12 | | | |  | | | | 1 | | | | 2 | | | | 9 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |  | | 7 | | 14 | | | 15 | | | 16 | | |  | | | 6 | | | |  | | | | 7 | | | | 14 | | | | 15 | | | | 16 | | | |  | | | | 12 | | | |
| 3 | 13 | | 10 | | 11 | |  | | 8 | |  | | 3 | | 13 | | | 10 | | | 11 | | |  | | | 17 | | | |  | | | | 3 | | | | 13 | | | | 10 | | | | 11 | | | |  | | | | 17 | | | |
|  |  | |  | |  | |  | | 12 | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | | 8 | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | 8 | | | |
| 4.16.1.9.13.22 | | | | | | |  | |  | |
| 1 | 2 | | 9 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 7 | 14 | | 15 | | 16 | |  | | 17 | |
| 3 | 13 | | 10 | | 11 | |  | | 12 | |
|  |  | |  | |  | |  | | 8 | |

Dari kolom diatas setelah dihitung nilai fitness nya kolom yang memiliki solusi terbaik yaitu kolom 4.16.1.9.13.17-4.16.1.9..13.18 dan akan diperiksa solusi tersebut apakah masih ada terjadinya bentrokan jadwal pelajaran ataupun mengajar, jika tidak ada maka solusi tersebut yang akan di gunakan, jika tidak maka proses akan mengulang lagi ke tahap awal untuk mencari solusi lainnya. Jika kita ambil contoh kolom 4.16.1.9.13.17 yang menjadi solusi terbaik karena tidak ada bentrokan jadwal pelajaran atau mengjar maka hasil yang didapat sebagai berikut :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| s | s | r | k | j | s |
| 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 14 | 15 | 16 | 12 | 17 |
| 3 | 13 | 10 | 11 |  | 8 |

Ket :

* Urutan kolom merepresentasikan hari
* Angka yang terdapat didalamnya merupakan kode mata pelajaran

### Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional merupakan analisis yang dibutuhkan untuk menentukan spesifikasi kebutuhan sistem. Analisis kebutuhan non fungsional juga menentukan spesifikasi masukan yang diperlukan sistem keluran yang akan dihasilkan sistem dan proses yang dibutuhkan untuk mengolah masukan dan akhirnya didapatlah suatu keluaran yang dikehendaki. Spesifikasi kebutuhan non fungsional adalah spesifikasi tentang hal-hal yang dilakukan sistem ketika diimplementasikan.

#### Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Analisis kebutuhan perangkat lunak dalam membangun aplikasi sistem yang sedang berjalan diperlukan untuk mengoptimalkan implementasi dari sistem yang dibangun. Dari hasil analisis perangkat lunak yang digunakan adalah :

1. Windows 7
2. Microsoft Office 2010

Perangkat lunak yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Windows 7
2. SQL Server

Berdasarkan penjelasan mengenai kebutuhan perangkat lunak yang harus dipenuhi agar sistem dapat berjalan dengan semestinya maka disimpulkan bahwa SMKN 4 Padalarang akan memenuhi spesifikasi perangkat lunak yang diperlukan agar sistem yang akan dibangun dapat berjalan sebagaimana mestinya.

#### Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang ada saat ini setelah di analisis adalah sebagai berikut :

1. Processor Core 2 Duo atau lebih
2. RAM 2GB atau lebih
3. Harddisk dengan kapasitas 80GB atau lebih
4. Monitor
5. Keyboard
6. Mouse

Perangkat keras yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Processor Core 2 Duo atau lebih
2. RAM 2GB atau lebih
3. Harddisk dengan kapasitas 80GB atau lebih
4. Monitor
5. Keyboard
6. Mouse

Berdasarkan penjelasan mengenai kebutuhan perangkat keras yang harus dipenuhi agar sistem dapat berjalan dengan semestinya maka disimpulkan bahwa SMKN 4 Padalarang telah memnuhi spesifikasi perangkat keras sehingga tidak perlu penambahan atau pengadaan.

#### Analisis Pengguna

Analisis pengguna dimaksudkan untuk mengetahui siapa saja pengguna yang terlibat dalam proses penjadwalan sehingga dapat diketahui tingkatan pengalaman maupun pemahaman dalam mempergunakan komputer. Berdasarkan prosedur yang sedang berjalan saat ini, pengguna yang terlibat dalam sistem yang sedang berjalan yaitu wakasek kurikulum dengan karakteristik seperti pada Tabel III‑30 berikut.

**Tabel III‑30 Tabel Pengguna saat ini**

|  |  |
| --- | --- |
| **Pengguna** | **Karakteristik** |
| Wakasek Kurikulum | 1. Bisa mengoperasikan Komputer 2. Pendidikan S1 3. Sudah terbiasa menggunakan aplikasi *Microsoft Office (Excel)* |

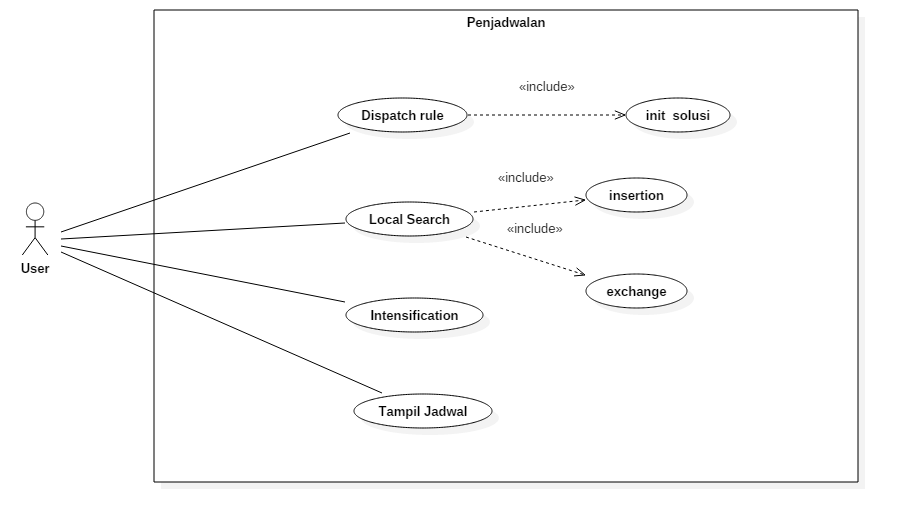
### Analisis Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan dalam pembangunan aplikasi ini mencakup beberapa diagram UML, dimana diagram-diagram tersebut masing-masing menggambarkan proses-proses yang berjalan pada aplikasi penjadwalan ini. Berikut diagram-diagram yang dipakai dalam menganalisis program :

1. *Use Case Diagram*
2. *Class Diagram*
3. *Activity Diagram*
4. *Sequence Diagram*

#### Use Case Diagaram

*Use Case* merupakan gambaran umum dari rancangan sistem yang akan dibuat. Pada *use case* aplikasi ini memiliki 1 aktor yaitu user.



**Gambar III‑4 Use Case Diagram**

#### Deskripsi Use Case

Pada bagian ini akan dijelaskan masing-masing deskripsi *Use Case*  *Diagram*  yang dilakukan oleh User per *use case-*nya, mulai dari Dispatch rules, init solusi, Local Search, insertion, exchange, Insentification, Tampil Jadwal.

1. Dispatch Rules

Nama : Dispatch Rules

Aktor : User

Deskripsi : User mendapatkan solusi awal yang di bangkitkan berdasarkan dispatch rules.

Kondisi Sebelum : Tampilan Menu Utama

Kondisi Sesudah : Solusi Awal terbentuk

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktor** | **Sistem** |
| 1. User Menjalankan aplikasi |  |
|  | 1. Tampilan Menu Utama |
| 1. Klik Tampil Jadwal |  |
|  | 1. Melakukan Proses Initial Solution sesaui aturan dispatch rules yang sudah ditentukan |
|  | 1. Solusi Awal |

1. Local Search

Nama : Local Search

Aktor : User

Deskripsi : User mendapatkan solusi awal yang di bangkitkan secara acak menggunakan random variable dan telah melewati proses insertion dan exchange neighborhood.

Kondisi Sebelum : Tampilan Menu Utama

Kondisi Sesudah : Solusi awal dari proses local search terbentuk

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktor** | **Sistem** |
| 1. User Menjalankan aplikasi |  |
|  | 1. Tampilan Menu Utama |
| 1. Klik Tampil Jadwal |  |
|  | 1. Jika Proses dispatch rules sudah dilakukan :  * Melakukan proses Insertion dan Exchange Neighborhood untuk Menghasilkan Local Search |
|  | 1. Solusi Dari Local Search |

1. Intensification

Nama : Intensification

Aktor : User

Deskripsi : User mendapatkan solusi terbaik yang sudah melewati proses Insentification

Kondisi Sebelum : Tampilan Menu Utama

Kondisi Sesudah : Solusi dari intensification terbentuk

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktor** | **Sistem** |
| 1. User Menjalankan aplikasi |  |
|  | 1. Tampilan Menu Utama |
| 1. Klik Intensification |  |
|  | 1. Jika Proses Local Search sudah dilakukan :  * Melakukan proses Insentification untuk mencari solusi terbaik |
|  | 1. Solusi Dari Insentification |

1. Tampil Jadwal

Nama : Tampil Jadwal

Aktor : User

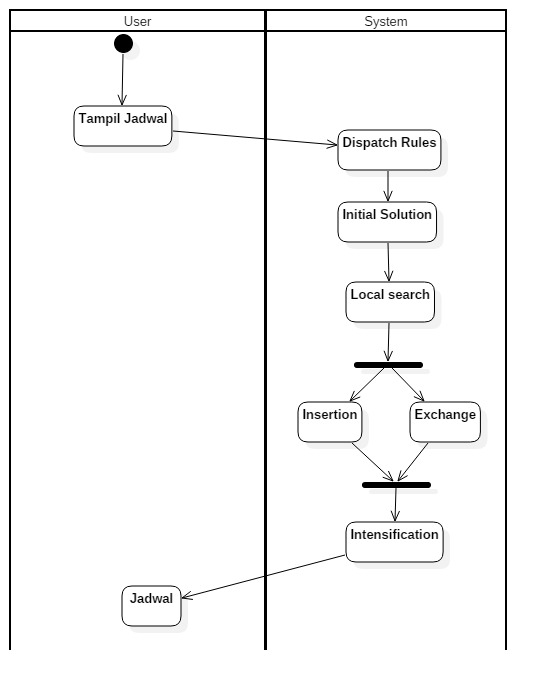
Deskripsi : User mendapatkan Jadwal yang sudah melalui seluruh proses algoritma MVNS

Kondisi Sebelum : Tampilan Menu Utama

Kondisi Sesudah : Tampilan Jadwal

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktor** | **Sistem** |
| 1. User Menjalankan aplikasi |  |
|  | 1. Tampilan Menu Utama |
| 1. Klik Tampil Jadwal |  |
|  | 1. Jika seluruh proses algoritma MVNS sudah dilakukan :  * Menampilkan Jadwal yang sudah optimum |
| 1. Jadwal yang optimum |  |

#### Activity Diagram



**Gambar III‑5 Activity Diagram Penjadwalan**

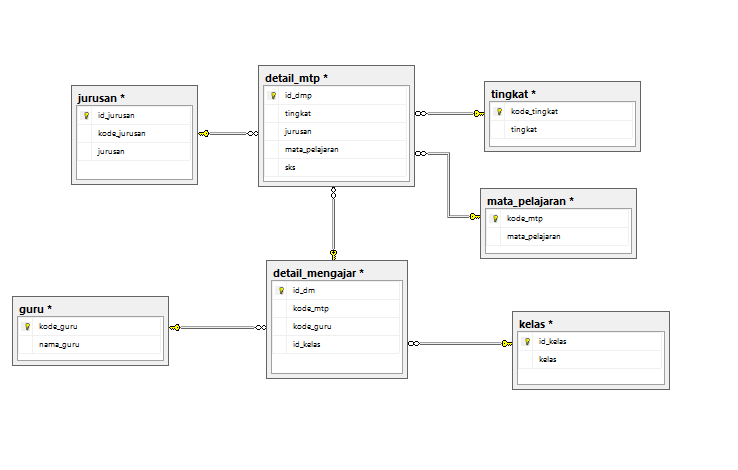
## Perancangan Sistem

### Perancangan Database

Perancangan database merupakan perancangan kumpulan data yang terhubung dan tersimpan secara bersama-sama.

#### Skema relasi

Skema relasi menggambarkan suatu hubungan antar tabel yang sudah ada dalam keadaan normal. Perancangan tabel relasi dalam membangun sebuah perangkat lunak aplikasi ini dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar III‑6 Skema Relasi**

#### Perancangan Struktur Tabel

1. Tabel Guru

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** guru | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| kode\_guru | Int | Not null |
| nama\_guru | Varchar(20) | Not null |

1. Tabel Mata Pelajaran

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** mata\_pelajaran | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| kode\_mtp | Int | Not null |
| mata\_pelajaran | Varchar(30) | Not null |

1. Tabel Kelas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** kelas | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| id\_kelas | Int | Not null |
| kelas | Varchar(10) | Not null |

1. Tabel Tingkat

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** tingkat | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| kode\_tingkat | Int | Not null |
| tingkat | Varchar(3) | Not null |

1. Tabel Jurusan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| id\_jurusan | Int | Not null |
| kode\_jurusan | Varchar(5) | Not null |
| jurusan | Varchar(30) | Not null |

1. Tabel Detail Mata pelajaran

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** detail\_mtp | | |
| **Attribute Name** | **Type** | **Description** |
| id\_mtp | Int | Not null |
| tingkat | Int | Not null |
| jurusan | Int | Not null |
| mata\_pelajaran | Int | Not null |
| sks | int | Not null |

1. Tabel Detail Mengajar

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entity Name :** detail\_mengajar | | |
| Attribute Name | **Type** | **Description** |
| id\_dm | int | Not null |
| **kode\_mtp** | Int | Not null |
| **kode\_guru** | Int | Not null |
| **id\_kelas** | Int | Not null |

### 

### Perancangan Struktur Menu

Dalam perancangan sebuah sistem dibutuhkan struktur menu untuk menggambarkan menu dan sub-menu yang terdapat dalam aplikasi. Berikut struktur menu yang terdapat dalam sistem ini.



**Gambar III‑7 Struktur Menu**

### Perancangan Antar Muka

Tampilan Form Utama

|  |  |
| --- | --- |
| F01 | Navigasi  -Klik Tombol Tampil Jadwal maka akan keF02  - Klik Jadwal guru maka akan ke F03  - Klik Jadwal Kelas maka akan ke F04 |
| Jadwal Kelas  Jadwal Guru  Jadwal  Tampil Jadwal |
| Warna Disesuaikan  Font Disesuaikan |

**Gambar III‑8 Antamuka Form Utama**

Tampilan Form Jadwal setelah jadwal di generate

|  |  |
| --- | --- |
| F02 | Navigasi  -Klik Tombol Tampil Jadwal maka akan keF02  - Klik Jadwal guru maka akan ke F03  - Klik Jadwal Kelas maka akan ke F04 |
| Jadwal Kelas  Jadwal Guru   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Hari | Waktu | 12 Agro A | | 12 Agro B | |  | |  | | | Senin | 07.00-07.45 | Kode\_mtp | Kode\_guru | Kode\_mtp | Kode\_guru |  |  |  |  | |  | 07.45-08.30 | Kode\_mtp | Kode\_guru | Kode\_mtp | Kode\_guru |  |  |  |  |   Jadwal  Tampil Jadwal |
| Warna Disesuaikan  Font Disesuaikan |

**Gambar III‑9 Antarmuka Form Jadwal**

Tampilan Form Jadwal Guru

|  |  |
| --- | --- |
| F03 | Navigasi  -Klik Tombol Tampil Jadwal maka akan keF02  - Klik Jadwal guru maka akan ke F03  - Klik Jadwal Kelas maka akan ke F04 |
| Jadwal Kelas  Jadwal Guru   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Hari | Waktu | Kelas | | Mata Pelajaran |  | |  | | | Senin | 07.00-07.45 |  |  | |  |  |  |  | |  | 07.45-08.30 |  |  | |  |  |  |  |   Jadwal  Tampil Jadwal |
| Warna Disesuaikan  Font Disesuaikan |

**Gambar III‑10 Antarmuka Form Jadwal Guru**

Tampilan Form Jadwal Kelas

|  |  |
| --- | --- |
| F04 | Navigasi  -Klik Tombol Tampil Jadwal maka akan keF02  - Klik Jadwal guru maka akan ke F03  - Klik Jadwal Kelas maka akan ke F04 |
| Jadwal Kelas  Jadwal Guru   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Hari | Waktu | Mata pelajaran | Kode guru | | Senin | 07.00-07.45 |  |  | |  | 07.45-08.30 |  |  |  |  |  |  |  |   Jadwal  Tampil Jadwal |
| Warna Disesuaikan  Font Disesuaikan |

**Gambar III‑11 Antarmuka Form Jadwal Kelas**

### Jaringan Semantik



**Gambar III‑12 Jaringan Semantik**

Keterangan :

* F01 = Form Utama
* F02 = Form Jadwal setelah jadwal di generate
* F03 = Form Jadwal Guru
* F04 = Form Jadwal Kelas

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | S. Selvi, D. Manimegalai, *Multiobjective Variable Neighborhood Search algorithm for scheduling independent jobs on computiational grid,* Egyptian Informatics Journal (2015) 16,199-212. |
| [2] | Mahbub Zaeni Efendi. 2009. “*Sistem Penjadwalan Kuliah ITTelkom Dengan Hybrid Algoritma Genetiuka Simulated Annealing (GA-SA)”.* Skripsi. Bandung: Universitas Telkom. |
| [3] | Ling Wang, Da Zhong Zheng, *An effective hybrid optimization strategy for job-shop scheduling problems,* Computers & Operations Research Volume 28, Issue 6, May 2001, Pages 585–596. |
| [4] | Jose Elias Claudio Arroyo, Rafael dos Santos Ottoni dan Alcione de Paiva Oliveira, *Multi-objective Variable Neighborhood Search Algorithms for a Single Machine Scheduling Problem with Distinct due Window,* Sciverse ScienceDirect, Electronic Notes in Theoretical Computer Science 281 (2011) 5–19. |
| [5] | Geiger, M.J, *Randomized variable noighborhood search for multiobjective optimization,* 4th EU/ME: Design and Evaluation of Advanced Hybrid Meta-heuristics, (2004), 34-42. |
| [6] | Ruiz, R. and T. Stützle*, A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem,* Eur. Jour. of Operational Research, 177, (2007), 2033-2049. |
| [7] | Marcelo Ferreira Rego, Marcone Jamilson Freitas Souza, Igor Machado Coelho, Jose Elias Claudio Arroyo, *Multi-objective Algorithms for the Single Machine Scheduling Problem with Sequence-dependent Family Setups,* Online Conference on Soft Computing in Industrial Applications Anywhere On Earth : December 2012, 10-21. |
| [8] | Roger S. Pressman, Ph.D., *Software Engineering A Practioner’s Approach. Fifth Edition.* New York : McGraw-Hill Companies, 2001. |
| [9] | Arroyo, J.E.C., P.S. Vieira and D.S. Vianna, *A GRASP algorithm for the multi-criteria minimum spanning tree problem*, Annals of Operations Research, 159, (2008), 125-133. |
| [10] | Hansen, P. and N. Mladenovic, *Variable Neighborhood Search,* “Handbook of metaheuristics”, Kochenberger G.A and Glover F.Eds. Kluwer Academic, (2003), 145-184. |

|  |  |
| --- | --- |
| [11] | K. R. Baker, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, New York: John Wiley & Sons, 1974. |
| [12] | S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003. |
| [13] | G. P. D. W. Brett McLaughlin, *Head First Object-Oriented Analysis & Design*, O'Reilly Media, 2007. |
| [14] | Ramon Matatoledo,Ph.D. , Pauline K Cusman,Ph.D.2004. *“Schaum’s Outlines of Fundamental of Relational Databases”*, McGrawHill |
| [15] | AS Rosa, Salahudin M. 2011. *“Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkatl Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek”*, Bandung : MODULA. |
| [16] | Fathansyah, 2004. *“Buku Teks Ilmu Komputer Basis Data”,* Bandung : INFORMATIKA. |