

Tugas Besar 1 IF3170 Inteligensi Artifisial
Pencarian Solusi Penjadwalan Kelas Mingguan dengan Local
Search
Kelompok JiDhikZal



Oleh:

13522125 - Satriadhikara Panji Yudhistira

13522128 - Mohammad Andhika Fadillah

13523063 - Syahrizal Bani Khairan

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
Bab 1	3
Deskripsi Persoalan	3
Bab 2	4
Pembahasan	4
2.1 Pemilihan Objective Function	4
2.3 Hasil Eksperimen dan Analisis	27
Bab 3	35
Kesimpulan	35
3.1 Kesimpulan	35
3.2 Saran	35
Lampiran	36
Tampilan Website :	36
Referensi	37

Bab 1

Deskripsi Persoalan

Tugas ini bertujuan untuk membuat jadwal kelas selama satu minggu untuk sekumpulan mata kuliah yang harus dipasangkan dengan waktu dan tempat (ruang/kelas).

Daftar Variabel

Entitas	Atribut	Contoh	Keterangan
Kelas Mata kuliah	Kode	IF3071_K01	Kode mata kuliah dan kode kelas digabung.
	Jumlah mahasiswa terdaftar	60	Jumlah mahasiswa 60 hanya untuk satu kelas saja (dalam kasus ini untuk K01 sesuai kode di atas).
	Jumlah SKS	3	
Waktu	Waktu mulai	[Senin, 11]	Jam dalam integer. 1 SKS = 1 jam. Struktur data gabungan harus list .
	Waktu akhir	[Selasa, 13]	
Ruangan	Kode ruangan	7609	Untuk ruangan yang tidak memiliki kode, gunakan nama ruangan sebagai kode (misalnya “multimedia”).
	Kuota ruangan	60	Ruangan tersebut dapat menampung 60 mahasiswa.
Mahasiswa	NIM	13523999	
	Daftar mata kuliah	[IF3071_K01, IF9999_K99]	Bentuk data bebas, bisa menggunakan dictionary, dua list, atau implementasi lain.
	Prioritas mata kuliah	[1,2]	Elemen harus unik (satu orang hanya memiliki 1 matkul untuk prioritas tertentu).

Bab 2

Pembahasan

2.1 Pemilihan Objective Function

Local search adalah sebuah metode algoritma optimasi yang dimulai dengan suatu kondisi atau state awal, kemudian secara iteratif berpindah ke state tetangga (state yang hampir serupa) dalam harapan dapat menemukan solusi yang lebih baik. Pengukuran kualitas solusi ditentukan dengan sebuah objective function. Objective function memetakan state dengan satu nilai numerik. Algoritma local search menggunakan berusaha mengoptimalkan nilai objective function untuk mendapatkan local optimum.

Pada persoalan penjadwalan, kami menggunakan gabungan beberapa heuristik dalam objective function, yaitu 1) jumlah jadwal bertabrakan untuk mahasiswa, 2) jumlah tabrakan penggunaan ruang, dan 3) jumlah mahasiswa yang melebihi kuota penggunaan kelas

$$f = \text{TabrakanJadwalMahasiswa}(S) + \text{TabrakanRuanganKelas}(S) \\ + \text{OverKuotaRuangan}(S)$$

di mana S adalah State. Pada kasus ini, state yang optimal adalah state yang memiliki nilai objective function yang minimal. Berdasarkan objective function, state yang optimal adalah state yang penjadwalan kuliahnya tidak bertabrakan untuk tiap mahasiswa, alokasi ruang yang menjadwalkan satu kuliah pada suatu waktu dan alokasi ruang yang dapat menampung semua mahasiswa pada kuliah terkait.

Heuristik pertama menghitung jumlah kelas dalam jadwal yang berlangsung pada waktu yang sama, untuk setiap mahasiswa. Misalnya, mahasiswa A memiliki 2 mata kuliah di jam 9-11 hari Selasa akan berkontribusi 2 poin ke state tersebut.

Heuristik kedua menilai tingkat konflik penggunaan ruangan jika dijadwalkan untuk setidaknya dua kelas berbeda pada waktu yang sama. Jika ada ruangan demikian, untuk setiap kelas akan dijumlahkan banyaknya mahasiswa yang mengambil kuliah tersebut dengan pembobotan prioritas mahasiswa.

Lalu, heuristik terakhir menilai banyaknya mahasiswa kuliah yang melebihi kuota ruangan pada jadwal. Jika suatu kuliah yang diikuti 65 mahasiswa dilaksanakan pada ruangan dengan kuota 60 orang, maka akan berkontribusi sebanyak 5 dikali SKS kuliah tersebut $((65-60) * 2)$.

2.2 Penjelasan Algoritma Local Search

2.2.1. Struktur Data Utama

```

● ● ●

class Problem:
    def __init__(self,
                 list_kelas: list[KelasMataKuliah],
                 list_ruangan: list[Ruangan] = [],
                 list_kuliah_mahasiswa: list[KuliahMahasiswa] = []):
        self.list_kelas = list_kelas
        self.list_ruangan = list_ruangan
        self.list_kuliah_mahasiswa = list_kuliah_mahasiswa

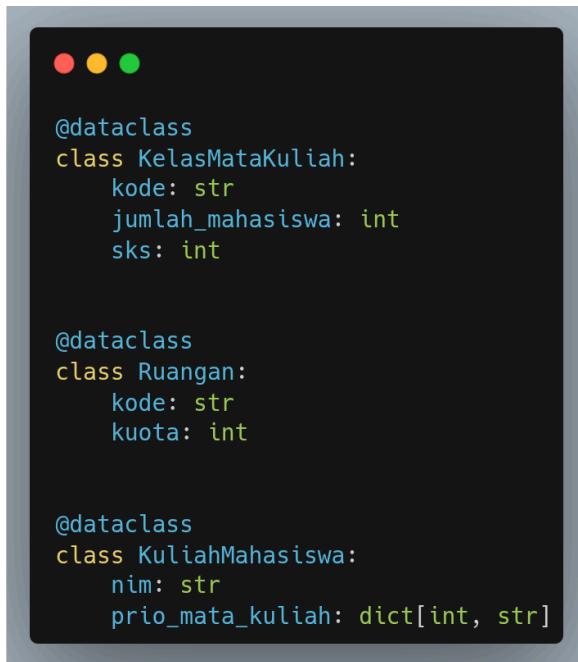
    def validate(self):
        kode_kelas_mk = dict()
        for kelas in self.list_kelas:
            if kelas.kode in kode_kelas_mk:
                raise ValueError(f"Terdapat duplikat kode kelas {kelas.kode}")
            kode_kelas_mk[kelas.kode] = kelas.jumlah_mahasiswa
            if kelas.sks < 1:
                raise ValueError(f"SKS kelas {kelas.kode} tidak lebih dari nol")
            if kelas.jumlah_mahasiswa < 1:
                raise ValueError(
                    f"Jumlah mahasiswa pada kelas {kelas.kode} tidak lebih dari nol"
                )

        kode_ruangan_set = set()
        for ruangan in self.list_ruangan:
            kode_ruangan_set.add(ruangan.kode)
            if ruangan.kuota < 0:
                raise ValueError("Kapasitas ruangan negatif")
        if len(kode_ruangan_set) != len(self.list_ruangan):
            raise ValueError("Terdapat kode ruangan duplikat")

        for mahasiswa in self.list_kuliah_mahasiswa:
            # Validasi prioritas 1..n
            n = len(mahasiswa.prio_mata_kuliah)
            for prio, kode_mk in mahasiswa.prio_mata_kuliah.items():
                if prio < 1 or prio > n:
                    raise ValueError(
                        f"Mahasiswa NIM {mahasiswa.nim} memiliki nomor prioritas invalid ({prio})"
                    )
                if kode_mk not in kode_kelas_mk:
                    raise ValueError(
                        f"Mahasiswa NIM {mahasiswa.nim} memiliki kode mata kuliah invalid ({kode_mk})"
                    )
            kode_kelas_mk[kode_mk] -= 1
            if kode_kelas_mk[kode_mk] < 0:
                raise ValueError(
                    f"Jumlah mahasiswa pada kelas {kode_mk} melebihi kapasitas terdaftar"
                )

```

Kelas Problem adalah representasi dari input permasalahan yang tetap. Terdapat fungsi yang memvalidasi input. Kelas ini hanya berupa kontainer sekumpulan list objek



```
@dataclass
class KelasMataKuliah:
    kode: str
    jumlah_mahasiswa: int
    sks: int

@dataclass
class Ruangan:
    kode: str
    kuota: int

@dataclass
class KuliahMahasiswa:
    nim: str
    prio_mata_kuliah: dict[int, str]
```

2.2.2 Steepest Ascent Hill-climbing

Algoritma *steepest ascent hill climbing* adalah metode optimasi yang bertujuan menemukan solusi terbaik dengan terus bergerak menuju solusi yang memberikan nilai fungsi tujuan yang lebih baik (lebih optimal) pada setiap langkah. Algoritma ini dimulai dari suatu solusi awal dan mengevaluasi semua kemungkinan tetangga (solusi yang bisa dicapai dari solusi saat ini dengan satu perubahan kecil), lalu memilih tetangga yang memberikan peningkatan terbesar. Jika tetangga tersebut lebih baik dari solusi saat ini, algoritma bergerak ke solusi itu dan mengulangi proses. Algoritma berhenti ketika tidak ada lagi tetangga yang lebih baik dari solusi saat ini, menandakan telah tercapai titik optimum (yang bisa bersifat lokal atau global).

```
class SteepestAscentHillClimbing(Solver):
    def __init__(self, input: Problem):
        super().__init__(input)
        self.state = HillClimbingState(input)

        # Statistics - general
        self.search_time = 0
        self.iteration = 0
        self.objective_plt: list[float] = []
```

```

# Statistics - hill climbing
self.local_optima_iteration = 0

def search(self):
    # Reset statistics in case solver instance is reused
    self.search_time = 0
    self.iteration = 0
    self.objective_plt = []
    self.local_optima_iteration = 0

    # --- INIT ---
    self.state.seed_jadwal()
    self.jadwal = self.state.jadwal
    self.jadwal_init = copy.deepcopy(self.jadwal)
    self.objective_plt.append(self.state.objective())

    # --- Start ---
    starttime = time.time()

    while True:
        iter_result: IterationResult = self.state.next()

        if not iter_result.move_accepted:
            self.local_optima_iteration = self.iteration
            break

        self.iteration += 1
        self.objective_plt.append(self.state.objective())

    endtime = time.time()
    self.search_time = endtime - starttime

def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:
    return HillClimbingResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.iteration,
        objective_over_iteration=self.objective_plt,
        local_optima_iteration=self.local_optima_iteration,
    )

```

Penjelasan:

def __init__(self, input: Problem):	Untuk menyiapkan state dan variabel statistik.
def search(self):	Untuk menjalankan proses pencarian hingga mencapai local optimum:

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reset semua statistik. 2. seed_jadwal() untuk membuat jadwal awal, simpan jadwal_init, dan rekam objective awal ke objective_plt. 3. Loop: panggil self.state.next() yang memilih langkah dengan perbaikan terbaik. <ol style="list-style-type: none"> a. Jika tidak ada langkah yang diterima, maka berhenti (local optimum). b. Jika diterima, maka naikkan iteration dan catat objective terbaru ke objective_plt. 4. Hitung search_time.
<pre>def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:</pre>	<p>Untuk menyatukan seluruh hasil pencarian</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alokasi/jadwal awal (alokasi_ruangan_awal) dan akhir (alokasi_ruangan), 2. Waktu pencarian (search_time), total iterasi (iteration), 3. Kurva objektif per iterasi 4. Iterasi saat berhenti di local optimum

2.2.3 Hill-climbing with Sideways Move

Algoritma sideways hill climbing adalah varian dari algoritma hill climbing yang dirancang untuk mengatasi masalah ketika algoritma menemui sebuah flat, yaitu area pencarian di mana semua tetangganya memiliki nilai evaluasi yang sama. Dalam algoritma ini, pencarian dapat tetap bergerak ke tetangga dengan nilai evaluasi yang sama (sideways move) agar tidak terjebak di dataran tinggi dan dapat melanjutkan pencarian menuju solusi yang lebih baik. Namun, langkah sideways ini biasanya dibatasi oleh jumlah iterasi tertentu untuk mencegah pencarian berlarut-larut tanpa hasil. Tujuan akhirnya adalah mencapai puncak lokal atau global di ruang solusi dengan meminimalkan atau memaksimalkan nilai fungsi evaluasi. Untuk Algoritmanya adalah sebagai berikut:

DEFAULT_MAX_SIDeways = 50

```

class SidewaysMoveHillClimbing(Solver):
    def __init__(self, input: Problem, max_sideways: int =
DEFAULT_MAX_SIDEWAYS):
        super().__init__(input)
        self.state = HillClimbingState(input)
        self.max_sideways = max_sideways
        self.search_time = 0
        self.iteration = 0
        self.objective_plt: list[float] = []
        self.local_optima_iteration = 0
        self.sideways_moves = 0

    def search(self):
        self.search_time = 0
        self.iteration = 0
        self.objective_plt = []
        self.local_optima_iteration = 0
        self.sideways_moves = 0

        self.state.seed_jadwal()
        self.jadwal = self.state.jadwal
        self.jadwal_init = copy.deepcopy(self.jadwal)
        self.objective_plt.append(self.state.objective())

        starttime = time.time()
        sideways_streak = 0

        while True:
            iter_result = self.state.next(allow_sideways=True)
            if not iter_result.move_accepted:
                self.local_optima_iteration = self.iteration
                break

            if iter_result.sideways_move:
                sideways_streak += 1
                self.sideways_moves += 1
            else:
                sideways_streak = 0

            self.iteration += 1
            self.objective_plt.append(self.state.objective())

            if iter_result.sideways_move and sideways_streak >= self.max_sideways:
                self.local_optima_iteration = self.iteration
                break

        endtime = time.time()

```

```

self.search_time = endtime - starttime

def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:
    return HillClimbingResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.iteration,
        objective_over_iteration=self.objective_plt,
        local_optima_iteration=self.local_optima_iteration,
        sideways_moves=self.sideways_moves,
        max_sideways=self.max_sideways,
    )
)

```

Penjelasan:

DEFAULT_MAX_SIDEWAYS = 50	batas jumlah langkah sideways beruntun yang diizinkan sebelum pencarian dihentikan.
def __init__(self, input: Problem, max_sideways: int = DEFAULT_MAX_SIDEWAYS):	Untuk menyiapkan state, variabel statistik, dan batas maksimum yang diizinkan.
def search(self):	Untuk menjalankan proses pencarian: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reset semua statistik. 2. Seed solusi awal, simpan sebagai jadwal_init, catat objektif awal. 3. Loop: panggil self.state.next(allow_sideways=True) yang menerima perbaikan ($\Delta < 0$) atau satu langkah sideways ($\Delta = 0$). 4. Fallback: bila tidak ada langkah diterima atau jumlah sideways mencapai max_sideways. 5. Catat iteration, objective_plt, sideways_moves, dan hitung search_time.
def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:	Untuk menyatukan hasil akhir pencarian: <ol style="list-style-type: none"> 1. Alokasi/jadwal awal & akhir, 2. search_time, total iteration, objective_over_iteration, local_optima_iteration,

	3. Statistik khusus sideways: sideways_moves dan max_sideways.
--	--

2.2.4 Random Restart Hill-climbing

Algoritma *Random Restart Hill-climbing* memperluas pendekatan hill climbing dengan melakukan beberapa kali restart dari titik acak ketika solusi lokal optimum ditemukan. Dengan demikian, metode ini berusaha menemukan solusi optimal global dengan menghindari jebakan solusi lokal.

```
DEFAULT_MAX_RESTART = 10

class RandomRestartHillClimbing(Solver):
    def __init__(self,
                 input: Problem,
                 max_restart: int = DEFAULT_MAX_RESTART,
                 max_iterations_per_restart: Optional[int] = None,
                 ):
        super().__init__(input)
        self.max_restart = max_restart
        self.max_iterations_per_restart = max_iterations_per_restart
        self.search_time = 0
        self.iteration = 0
        self.objective_plt: list[float] = []
        self.local_optima_iteration = 0
        self.restart_count = 0
        self.iterations_per_restart: list[int] = []

    def search(self):
        self.search_time = 0
        self.iteration = 0
        self.objective_plt = []
        self.local_optima_iteration = 0
        self.restart_count = 0
        self.iterations_per_restart = []

        best_objective = float("inf")
        best_trace: list[float] = []
        best_final_schedule: JadwalKuliah | None = None
        best_initial_schedule: JadwalKuliah | None = None

        starttime = time.time()
```

```

for _ in range(self.max_restart):
    state = HillClimbingState(self.input)
    state.seed_jadwal()
    initial_schedule = copy.deepcopy(state.jadwal)
    objective_trace = [state.objective()]
    iteration_count = 0

    while True:
        iter_result = state.next()
        if not iter_result.move_accepted:
            break

        iteration_count += 1
        objective_trace.append(state.objective())

        if (
            self.max_iterations_per_restart is not None
            and iteration_count >= self.max_iterations_per_restart
        ):
            break

    self.restart_count += 1
    self.iteration += iteration_count
    self.iterations_per_restart.append(iteration_count)

    final_objective = objective_trace[-1]
    if final_objective < best_objective:
        best_objective = final_objective
        best_trace = objective_trace[:]
        best_final_schedule = copy.deepcopy(state.jadwal)
        best_initial_schedule = initial_schedule
        self.local_optima_iteration = iteration_count

    if best_objective == 0:
        break

endtime = time.time()
self.search_time = endtime - starttime

if best_final_schedule is None:
    fallback_state = HillClimbingState(self.input)
    fallback_state.seed_jadwal()
    fallback_init = copy.deepcopy(fallback_state.jadwal)
    best_initial_schedule = fallback_init
    best_final_schedule = copy.deepcopy(fallback_state.jadwal)
    best_trace = [fallback_state.objective()]
    self.local_optima_iteration = 0

self.jadwal_init = copy.deepcopy(best_initial_schedule)

```

```

self.jadwal = copy.deepcopy(best_final_schedule)
self.objective_plt = best_trace[:]

def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:
    return HillClimbingResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.iteration,
        objective_over_iteration=self.objective_plt,
        local_optima_iteration=self.local_optima_iteration,
        restart_count=self.restart_count,
        iterations_per_restart=self.iterations_per_restart,
    )

```

Penjelasan:

DEFAULT_MAX_RESTART = 10	Batas default jumlah percobaan restart untuk menjalankan hill-climbing berulang kali.
def __init__(self, input: Problem, max_restart: int = DEFAULT_MAX_RESTART, max_iterations_per_restart: Optional[int] = None,):	Untuk menyimpan parameter jumlah restart (max_restart) dan batas iterasi per restart (max_iterations_per_restart), menyiapkan semua statistik.
def search(self):	Untuk menjalankan random-restart: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reset semua statistik. 2. Siapkan tracker terbaik (best_objective, best_trace, best_*schedule). 3. Loop hingga max_restart: 4. Catat search_time. 5. Fallback: jika tidak ada solusi terbaik, ambil satu seed sebagai hasil. 6. Set jadwal awal/akhir dan jejak objektif ke versi terbaik untuk dipublikasikan.

```
def get_result(self) ->
HillClimbingResultsModel:
```

Untuk menyatukan hasil akhir ke model:

1. Alokasi awal & akhir (untuk ditampilkan),
2. Waktu cari, total iterasi, kurva objektif per iterasi,
3. Iterasi saat local optimum,
4. Jumlah restart dan iterasi per restart (untuk analisis performa).

2.2.5 Stochastic Hill-climbing

Algoritma *Stochastic Hill-climbing* merupakan varian dari hill climbing dengan pendekatan acak untuk memilih solusi tetangga. Alih-alih memeriksa semua tetangga seperti pada steepest ascent hill climbing, algoritma ini hanya memilih tetangga secara acak dan bergerak ke arah yang lebih baik jika ditemukan perbaikan.

```
class StochasticHillClimbingState(HillClimbingState):
    def next(self) -> IterationResult:
        e_init = self._energy()
        max_attempts = max(1, min(50, len(self.problem.list_kelas) * 4))

        for _ in range(max_attempts):
            if len(self.empty_slots) == 0 or self.random.random() < 0.5:
                kelas1, slot1, kelas2, slot2 = self._random_pair_jadwal()
                self._swap_pair_jadwal(kelas1, slot1, kelas2, slot2)
                delta = self._energy() - e_init
                if delta < 0:
                    return IterationResult(delta_energy=delta, move_accepted=True)
                self._swap_pair_jadwal(kelas1, slot2, kelas2, slot1)
            else:
                slot_from, kode, slot_to = self._random_move_to_empty_slot()
                self._move_into_slot(slot_from, kode, slot_to)
                delta = self._energy() - e_init
                if delta < 0:
                    return IterationResult(delta_energy=delta, move_accepted=True)
                self._move_into_slot(slot_to, kode, slot_from)

        return IterationResult(delta_energy=0.0, move_accepted=False)

class StochasticHillClimbing(Solver):
    def __init__(self, input: Problem):
        super().__init__(input)
        self.state = StochasticHillClimbingState(input)
        self.search_time = 0
```

```

self.iteration = 0
self.objective_plt: list[float] = []
self.local_optima_iteration = 0

def search(self):
    self.search_time = 0
    self.iteration = 0
    self.objective_plt = []
    self.local_optima_iteration = 0

    self.state.seed_jadwal()
    self.jadwal = self.state.jadwal
    self.jadwal_init = copy.deepcopy(self.jadwal)
    self.objective_plt.append(self.state.objective())

    starttime = time.time()

    while True:
        iter_result = self.state.next()
        if not iter_result.move_accepted:
            self.local_optima_iteration = self.iteration
            break

        self.iteration += 1
        self.objective_plt.append(self.state.objective())

    endtime = time.time()
    self.search_time = endtime - starttime

def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:
    return HillClimbingResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.iteration,
        objective_over_iteration=self.objective_plt,
        local_optima_iteration=self.local_optima_iteration,
    )

```

Penjelasan:

def next(self) -> IterationResult:	Untuk melakukan satu langkah pencarian stochastic.
def __init__(self, input: Problem):	Untuk menyiapkan state dan variabel statistik.
def search(self):	Untuk menjalankan stochastic: 1. Reset statistik.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. seed_jadwal() untuk solusi awal; simpan jadwal_init dan catat objektif awal ke objective_plt. 3. Loop: <ol style="list-style-type: none"> a. Panggil self.state.next(); jika tidak ada langkah diterima → set local_optima_iteration dan berhenti. b. Jika diterima → tambah iteration dan catat nilai objektif terbaru. 4. Hitung search_time.
<pre>def get_result(self) -> HillClimbingResultsModel:</pre>	Untuk menyatukan hasil akhir ke model: <ol style="list-style-type: none"> 1. alokasi_ruangan_awal & alokasi_ruangan 2. search_time, total iteration, 3. objective_over_iteration 4. local_optima_iteration

2.2.6 Simulated Annealing

Algoritma *Simulated Annealing* adalah metode optimasi yang meniru proses pendinginan dalam fisika untuk menemukan solusi optimal. Tujuannya adalah untuk meminimalkan nilai deviasi dari konfigurasi kubus 3D dengan memungkinkan eksplorasi solusi suboptimal sementara, sehingga algoritma dapat menghindari terjebak pada solusi lokal dan lebih berpeluang mencapai solusi global.

```
class SimulatedAnnealingState(State):
    def __init__(
        self,
        problem: Problem,
        jadwal=JadwalKuliah({}),
        randomizer: random.Random = random.Random(int(time.time() * 1000)),
    ):
        super().__init__(problem, jadwal, randomizer)

        self.slot_assignment: dict[Slot, list[str]] = dict()
        self.empty_slots: set[Slot] = set()

    def next(self, temperature: float) -> IterationResult:
        e_init = self._energy()

        e_neighbor = None
        move_accepted = None
```

```

move_type = self.random.random()
if move_type > 0.5 or len(self.empty_slots) == 0:
    kelas1, slot1, kelas2, slot2 = self._random_pair_jadwal()
    self._swap_pair_jadwal(kelas1, slot1, kelas2, slot2)
    e_neighbor = self._energy()
    move_accepted = self._accept_move(e_neighbor - e_init, temperature)
    if not move_accepted:
        self._swap_pair_jadwal(kelas1, slot2, kelas2, slot1)
else:
    slot_from, kode, slot_to = self._random_move_to_empty_slot()
    self._move_into_slot(slot_from, kode, slot_to)
    e_neighbor = self._energy()
    move_accepted = self._accept_move(e_neighbor - e_init, temperature)
    if not move_accepted:
        self._move_into_slot(slot_to, kode, slot_from)

return IterationResult(
    delta_energy=e_neighbor - e_init, move_accepted=move_accepted
)

def seed_jadwal(self):
    super().seed_jadwal()
    self.slot_assignment = {}
    self.empty_slots = set()
    for kode_kelas, slot_assignment in self.jadwal.slot_kuliah.items():
        for slot in slot_assignment:
            if slot not in self.slot_assignment:
                self.slot_assignment[slot] = []
            self.slot_assignment[slot].append(kode_kelas)
    for ruangan in self.problem.list_ruangan:
        for hari, waktu_mulai in LIST_WAKTU_MULAI:
            slot = Slot(ruangan.kode, hari, waktu_mulai, waktu_mulai + 1)
            if slot not in self.slot_assignment:
                self.empty_slots.add(slot)

def _energy(self) -> float:
    return self.objective()

def _accept_move(self, delta_energy: float, temp: float) -> bool:
    if delta_energy < 0:
        return True
    if self.random.random() < math.exp(-delta_energy / temp):
        return True
    return False

def _swap_pair_jadwal(self, kelas1: str, slot1: Slot, kelas2: str, slot2: Slot):
    slot_kuliah_1 = self.jadwal.slot_kuliah[kelas1]
    slot_kuliah_2 = self.jadwal.slot_kuliah[kelas2]
    slot_kuliah_1[slot_kuliah_1.index(slot1)] = slot2

```

```

slot_kuliah_2[slot_kuliah_2.index(slot2)] = slot1

slot_assignment1 = self.slot_assignment[slot1]
slot_assignment2 = self.slot_assignment[slot2]
slot_assignment1[slot_assignment1.index(kelas1)] = kelas2
slot_assignment2[slot_assignment2.index(kelas2)] = kelas1

def _random_pair_jadwal(self) -> tuple[str, Slot, str, Slot]:
    kelas1 = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    kelas2 = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    slot1 = self.random.choice(self.jadwal.slot_kuliah[kelas1])
    slot2 = self.random.choice(self.jadwal.slot_kuliah[kelas2])
    return (kelas1, slot1, kelas2, slot2)

def _random_move_to_empty_slot(self) -> tuple[Slot, str, Slot]:
    kelas = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    slot_from = self.random.choice(self.jadwal.slot_kuliah[kelas])
    slot_to = self.random.choice(tuple(self.empty_slots))
    return (slot_from, kelas, slot_to)

def _move_into_slot(self, slot_from: Slot, kode: str, slot_to: Slot):
    slot_kuliah = self.jadwal.slot_kuliah[kode]
    slot_kuliah[slot_kuliah.index(slot_from)] = slot_to

    self.slot_assignment[slot_from].remove(kode)
    if len(self.slot_assignment[slot_from]) == 0:
        self.slot_assignment.pop(slot_from)
        self.empty_slots.add(slot_from)

    if slot_to in self.slot_assignment:
        self.slot_assignment[slot_to].append(kode)
    else:
        self.slot_assignment[slot_to] = [kode]
        self.empty_slots.discard(slot_to)

class SimulatedAnnealing(Solver):
    def __init__(
        self,
        input: Problem,
        initial_temp=DEFAULT_INITIAL_TEMP,
        decay=DEFAULT_DECAY_RATE,
    ):
        super().__init__(input)
        self.state = SimulatedAnnealingState(input)
        self.initial_temp = initial_temp
        self.temp = initial_temp
        self.decay = decay

```

```

# Statistics - general
self.search_time = 0
self.iteration = 0
self.objective_plt: list[float] = []

# Statistics - simulated annealing
self.stuck_count = 0
self.delta_energy_plt: list[float] = []
self.temp_plt: list[float] = []

def search(self):
    # Reset statistics in case solver instance is reused
    self.search_time = 0
    self.iteration = 0
    self.objective_plt = []
    self.stuck_count = 0
    self.delta_energy_plt = []
    self.temp_plt = []
    self.temp = self.initial_temp

    # --- INIT ---
    self.state.seed_jadwal()
    self.jadwal = self.state.jadwal
    self.jadwal_init = copy.deepcopy(self.jadwal)
    self.objective_plt.append(self.state.objective())

    # --- Start ---
    starttime = time.time()

    while self.temp > 1:
        iter_result: IterationResult = self.state.next(self.temp)

        self.objective_plt.append(self.state.objective())
        self.delta_energy_plt.append(iter_result.delta_energy)
        self.temp_plt.append(self.temp)
        self.temp *= self.decay
        self.iteration += 1
        if not iter_result.move_accepted:
            self.stuck_count += 1

    endtime = time.time()
    self.search_time = endtime - starttime

def get_result(self) -> SimulatedAnnealingResultsModel:
    return SimulatedAnnealingResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.iteration,
    )

```

```

        objective_over_iteration=self.objective_plt,
        local_optima_stuck_count=self.stuck_count,
        delta_energy_over_iteration=self.delta_energy_plt,
        temperature_over_iteration=self.temp_plt,
    )

```

Penjelasan:

<code>def __init__(self, problem: Problem, jadwal=JadwalKuliah({}), randomizer: random.Random = random.Random(int(time.time() * 1000)),):</code>	Untuk menginisialisasi state
<code>def next(self, temperature: float) -> IterationResult:</code>	Untuk melakukan satu langkah percobaan
<code>def seed_jadwal(self):</code>	Buat jadwal awal (pakai fungsi bawaan parent), lalu isi slot_assignment dan cari semua empty_slots
<code>def _energy(self) -> float:</code>	Mengembalikan nilai energi saat ini (ke fungsi objektif)
<code>def _accept_move(self, delta_energy: float, temp: float) -> bool:</code>	Untuk menentukan diterima/ditolak: 1. Kalau lebih baik → terima. 2. Kalau lebih buruk → bisa tetap diterima dengan peluang $\exp(-\delta/\text{temp})$ (supaya tidak cepat buntu).
<code>def _swap_pair_jadwal(self, kelas1: str, slot1: Slot, kelas2: str, slot2: Slot):</code>	Untuk menukar posisi dua kelas di dua slot, dan memperbarui data bantu (slot_assignment).
<code>def _random_pair_jadwal(self) -> tuple[str, Slot, str, Slot]:</code>	Untuk memilih dua kelas acak beserta slot mereka (kandidat untuk swap).
<code>def _random_move_to_empty_slot(self) -> tuple[Slot, str, Slot]:</code>	Untuk memilih satu kelas acak, ambil slot asalnya, dan pilih slot kosong (kandidat untuk pindah).
<code>def _move_into_slot(self, slot_from: Slot, kode: str, slot_to: Slot):</code>	Untuk memindahkan satu kelas dari slot_from ke slot_to, dan merapikan slot_assignment + empty_slots.
<code>def __init__(</code>	Untuk menyiapkan solver SA

self, input: Problem, initial_temp=DEFAULT_INITIAL_TEMPERATURE, decay=DEFAULT_DECAY_RATE,):	
def search(self):	Untuk menjalankan proses sampai suhu cukup rendah
def get_result(self) -> SimulatedAnnealingResultsModel:	Untuk mengembalikan hasil untuk ditampilkan/di-plot:

2.2.7 Genetic Algorithm

Algoritma *Genetic Algorithm* merupakan metode optimasi berbasis evolusi yang meniru proses seleksi alam. Algoritma ini bekerja dengan menghasilkan populasi solusi, memilih solusi terbaik, dan menggunakan proses crossover dan mutation untuk menghasilkan generasi baru yang lebih baik.

```
class GAIndividual:  
    __slots__ = ["jadwal", "objective"]  
  
    def __init__(self, jadwal: JadwalKuliah, objective: float):  
        self.jadwal = jadwal  
        self.objective = objective  
  
class GAState(State):  
    def __init__(  
        self,  
        problem: Problem,  
        randomizer: random.Random = random.Random(int(time.time() * 1000)),  
    ):  
        super().__init__(problem, JadwalKuliah({}), randomizer)  
  
    def _evaluate(self, jadwal: JadwalKuliah) -> float:  
        backup = self.jadwal  
        self.jadwal = jadwal  
        val = self.objective()  
        self.jadwal = backup  
        return val  
  
    def seed_population(self, n: int) -> List[GAIndividual]:  
        population: List[GAIndividual] = []
```

```

for _ in range(n):
    super().seed_jadwal()
    indiv = GAIndividual(
        copy.deepcopy(self.jadwal), self._evaluate(self.jadwal)
    )
    population.append(indiv)
return population

def tournament_select(self, population: List[GAIndividual], k: int) ->
    GAIndividual:
    chosen = self.random.sample(population, k=min(k, len(population)))
    best = min(chosen, key=lambda ind: ind.objective)
    return best

def _all_possible_slots(self) -> List[Slot]:
    all_slots: List[Slot] = []
    for ruangan in self.problem.list_ruangan:
        for hari, waktu_mulai in LIST_WAKTU_MULAI:
            all_slots.append(Slot(ruangan.kode, hari, waktu_mulai, waktu_mulai + 1))
    return all_slots

def _empty_slots_for(self, jadwal: JadwalKuliah) -> List[Slot]:
    used: set[Slot] = set()
    for slot_list in jadwal.slot_kuliah.values():
        for s in slot_list:
            used.add(s)
    all_slots = self._all_possible_slots()
    return [s for s in all_slots if s not in used]

def crossover(
    self, p1: GAIndividual, p2: GAIndividual
) -> Tuple[JadwalKuliah, JadwalKuliah]:
    child1_map: Dict[str, List[Slot]] = {}
    child2_map: Dict[str, List[Slot]] = {}

    kelas_codes: List[str] = [k.kode for k in self.problem.list_kelas]

    for kode in kelas_codes:
        take_from_p1 = self.random.random() < 0.5
        if take_from_p1:
            child1_map[kode] = list(p1.jadwal.slot_kuliah[kode])
            child2_map[kode] = list(p2.jadwal.slot_kuliah[kode])
        else:
            child1_map[kode] = list(p2.jadwal.slot_kuliah[kode])
            child2_map[kode] = list(p1.jadwal.slot_kuliah[kode])

    return JadwalKuliah(child1_map), JadwalKuliah(child2_map)

```

```

def _mut_swap_two_meetings(self, jadwal: JadwalKuliah):
    k1 = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    k2 = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    s1_list = jadwal.slot_kuliah[k1]
    s2_list = jadwal.slot_kuliah[k2]
    i = self.random.randrange(len(s1_list))
    j = self.random.randrange(len(s2_list))
    s1_list[i], s2_list[j] = s2_list[j], s1_list[i]

def _mut_move_to_empty(self, jadwal: JadwalKuliah):
    empty_slots = self._empty_slots_for(jadwal)
    if not empty_slots:
        return
    k = self.random.choice(self.problem.list_kelas).kode
    s_list = jadwal.slot_kuliah[k]
    idx = self.random.randrange(len(s_list))
    s_list[idx] = self.random.choice(empty_slots)

def mutate(self, jadwal: JadwalKuliah, mutation_rate: float):
    if self.random.random() > mutation_rate:
        return

    if self.random.random() < 0.5:
        self._mut_swap_two_meetings(jadwal)
    else:
        self._mut_move_to_empty(jadwal)

class GeneticAlgorithm(Solver):
    def __init__(self, input: Problem, params: Optional[GAParams] = None):
        super().__init__(input)
        self.params = params or GAParams()
        self.state = GAState(input)

        self.search_time: float = 0.0
        self.generations_done: int = 0
        self.best_objective_trace: List[float] = []
        self.avg_objective_trace: List[float] = []

        self.jadwal_init: Optional[JadwalKuliah] = None
        self.jadwal: Optional[JadwalKuliah] = None

    def _evaluate_population(self, pop: List[GAIndividual]):
        for ind in pop:
            ind.objective = self.state._evaluate(ind.jadwal)

    def _elitism(self, pop: List[GAIndividual], elitism_n: int) -> List[GAIndividual]:
        if elitism_n <= 0:
            return []

```

```

elites = sorted(pop, key=lambda ind: ind.objective)[:elitism_n]
return [GAIndividual(copy.deepcopy(e.jadwal), e.objective) for e in elites]

def search(self):
    self.search_time = 0.0
    self.generations_done = 0
    self.best_objective_trace = []
    self.avg_objective_trace = []
    self.jadwal_init = None
    self.jadwal = None

    ps = self.params.population_size
    gens = self.params.max_generations
    cx_rate = self.params.crossover_rate
    mut_rate = self.params.mutation_rate
    k = self.params.tournament_k
    elitism_n = max(0, min(self.params.elitism, ps - 1))

    population = self.state.seed_population(ps)
    best0 = min(population, key=lambda ind: ind.objective)
    self.jadwal_init = copy.deepcopy(best0.jadwal)

    self.best_objective_trace.append(best0.objective)
    self.avg_objective_trace.append(
        sum(ind.objective for ind in population) / len(population)
    )

    start = time.time()

    for gen in range(1, gens + 1):
        next_population: List[GAIndividual] = []

        elites = self._elitism(population, elitism_n)
        next_population.extend(elites)

        while len(next_population) < ps:
            p1 = self.state.tournament_select(population, k)
            p2 = self.state.tournament_select(population, k)

            if self.state.random.random() < cx_rate:
                c1_jadwal, c2_jadwal = self.state.crossover(p1, p2)
            else:
                c1_jadwal = copy.deepcopy(p1.jadwal)
                c2_jadwal = copy.deepcopy(p2.jadwal)

            self.state.mutate(c1_jadwal, mut_rate)
            self.state.mutate(c2_jadwal, mut_rate)

            c1 = GAIndividual(c1_jadwal, self.state._evaluate(c1_jadwal))

```

```

next_population.append(c1)
if len(next_population) < ps:
    c2 = GAIndividual(c2_jadwal, self.state._evaluate(c2_jadwal))
    next_population.append(c2)

population = next_population

best = min(population, key=lambda ind: ind.objective)
avg = sum(ind.objective for ind in population) / len(population)
self.best_objective_trace.append(best.objective)
self.avg_objective_trace.append(avg)

self.generations_done = gen

end = time.time()
self.search_time = end - start

final_best = min(population, key=lambda ind: ind.objective)
self.jadwal = copy.deepcopy(final_best.jadwal)

def get_result(self) -> GeneticAlgorithmResultsModel:
    return GeneticAlgorithmResultsModel(
        alokasi_ruangan_awal=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal_init),
        alokasi_ruangan=self._form_alokasi_ruangan(self.jadwal),
        search_time=self.search_time,
        iteration=self.generations_done,
        population_size=self.params.population_size,
        objective_best_over_iteration=self.best_objective_trace,
        objective_avg_over_iteration=self.avg_objective_trace,
        params={
            "crossover_rate": self.params.crossover_rate,
            "mutation_rate": self.params.mutation_rate,
            "tournament_k": self.params.tournament_k,
            "elitism": self.params.elitism,
            "max_generations": self.params.max_generations,
        },
    )
)

```

Penjelasan:

<code>__slots__ = ["jadwal", "objective"]</code>	Membatasi atribut agar objek ringan: tiap individu hanya punya jadwal dan nilai objective.
<code>def __init__(self, jadwal: JadwalKuliah, objective: float):</code>	Membuat satu individu GA berisi jadwal (solusi) dan nilai objektif-nya.

<pre>def __init__(self, problem: Problem, randomizer: random.Random = random.Random(int(time.time() * 1000)),):</pre>	Inisialisasi state GA dengan problem dan RNG (acak).
<pre>def _evaluate(self, jadwal: JadwalKuliah) -> float:</pre>	Menghitung nilai objektif suatu jadwal
<pre>def seed_population(self, n: int) -> List[GAIndividual]:</pre>	Membuat populasi awal berisi n individu: setiap individu dibangkitkan lewat seed_jadwal() dan langsung dievaluasi objektifnya.
<pre>def tournament_select(self, population: List[GAIndividual], k: int) -> GAIndividual:</pre>	Seleksi turnamen: ambil acak k individu dari populasi, pilih yang terbaik (nilai objektif paling kecil).
<pre>def _all_possible_slots(self) -> List[Slot]:</pre>	Menghasilkan daftar semua slot (ruangan × hari × jam) yang mungkin.
<pre>def _empty_slots_for(self, jadwal: JadwalKuliah) -> List[Slot]:</pre>	Menghitung slot-slot kosong untuk jadwal tertentu (yang belum dipakai oleh kelas mana pun).
<pre>def crossover(self, p1: GAIndividual, p2: GAIndividual) -> Tuple[JadwalKuliah, JadwalKuliah]:</pre>	Menyilangkan dua parent (p1, p2) untuk menghasilkan dua child: untuk tiap kelas, jadwal anak diambil dari p1 atau p2 secara acak (uniform crossover per kelas).
<pre>def _mut_swap_two_meetings(self, jadwal: JadwalKuliah):</pre>	Mutasi tipe swap: pilih dua kelas acak dan tukar salah satu slot pertemuannya.
<pre>def _mut_move_to_empty(self, jadwal: JadwalKuliah):</pre>	Mutasi pindah ke slot kosong: jika tersedia slot kosong, pilih satu kelas acak lalu pindahkan salah satu jamnya ke slot kosong.
<pre>def mutate(self, jadwal: JadwalKuliah, mutation_rate: float):</pre>	Mutasi dengan peluang tertentu (mutation_rate)
<pre>def __init__(self, input: Problem, params: Optional[GAParams] = None):</pre>	Simpan parameter GA, buat GAState, dan siapkan variabel statistik
<pre>def _evaluate_population(self, pop: List[GAIndividual]):</pre>	Evaluasi ulang nilai objektif untuk setiap individu di populasi (berguna jika jadwalnya baru diubah).

def _elitism(self, pop: List[GAIndividual], elitism_n: int) -> List[GAIndividual]:	Ambil sejumlah elit (solusi terbaik teratas) dari populasi saat ini untuk langsung diteruskan ke generasi berikutnya (tanpa diubah), menjaga kualitas.
def search(self):	Melakukan perhitungan Genetic Algorithm
def get_result(self) -> GeneticAlgorithmResultsModel:	Mengembalikan hasil GA untuk pelaporan/visualisasi

2.3 Hasil Eksperimen dan Analisis

Input yang kami gunakan

```
{
  "kelas_mata_kuliah": [
    {
      "kode": "IF3071_K01",
      "jumlah_mahasiswa": 60,
      "skrs": 3
    },
    {
      "kode": "IF3130_K01",
      "jumlah_mahasiswa": 45,
      "skrs": 2
    },
    {
      "kode": "IF3110_K02",
      "jumlah_mahasiswa": 70,
      "skrs": 3
    },
    {
      "kode": "IF3140_K01",
      "jumlah_mahasiswa": 55,
      "skrs": 2
    }
  ],
  "ruangan": [
    {
      "kode": "7609",
      "kuota": 60
    },
    {
      "kode": "7606",
      "kuota": 80
    },
    {
      "kode": "multimedia",

```

```

    "kuota": 40
  }
],
"mahasiswa": [
  {
    "nim": "13523601",
    "daftar_mk": ["IF3071_K01", "IF3130_K01"],
    "prioritas": [1, 2]
  },
  {
    "nim": "135236641",
    "daftar_mk": ["IF3110_K02", "IF3130_K01"],
    "prioritas": [1, 2]
  },
  {
    "nim": "13523669",
    "daftar_mk": ["IF3140_K01", "IF3071_K01"],
    "prioritas": [1, 2]
  },
  {
    "nim": "13523600",
    "daftar_mk": ["IF3110_K02"],
    "prioritas": [1]
  }
]
}

```

2.3.1 Steepest Ascent Hill-climbing

2.3.1.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data																																																																																																																																															
1	<p>State Awal -- Ruangguru 7900</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Siswa</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01011.001</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01011.002</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01011.002</td></tr> </tbody> </table>	Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8					01011.001	9						10					01010.002	11					01011.002	12						13						14						15						16						17					01011.002	<p>State Akhir -- Ruangguru 7900</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Siswa</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01011.001</td></tr> </tbody> </table>	Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8					01010.002	9						10					01010.002	11					01010.002	12						13						14						15						16						17					01011.001
Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																													
7																																																																																																																																																		
8					01011.001																																																																																																																																													
9																																																																																																																																																		
10					01010.002																																																																																																																																													
11					01011.002																																																																																																																																													
12																																																																																																																																																		
13																																																																																																																																																		
14																																																																																																																																																		
15																																																																																																																																																		
16																																																																																																																																																		
17					01011.002																																																																																																																																													
Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																													
7																																																																																																																																																		
8					01010.002																																																																																																																																													
9																																																																																																																																																		
10					01010.002																																																																																																																																													
11					01010.002																																																																																																																																													
12																																																																																																																																																		
13																																																																																																																																																		
14																																																																																																																																																		
15																																																																																																																																																		
16																																																																																																																																																		
17					01011.001																																																																																																																																													
2	<p>State Awal -- Ruangguru 7900</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Siswa</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.001</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.001</td></tr> </tbody> </table>	Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11					01010.001	12					01010.002	13						14						15						16						17					01010.001	<p>State Akhir -- Ruangguru 7900</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Siswa</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.001</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.002</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>01010.001</td></tr> </tbody> </table>	Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8					01010.001	9					01010.002	10					01010.002	11					01010.002	12						13						14						15						16						17					01010.001
Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																													
7																																																																																																																																																		
8																																																																																																																																																		
9																																																																																																																																																		
10																																																																																																																																																		
11					01010.001																																																																																																																																													
12					01010.002																																																																																																																																													
13																																																																																																																																																		
14																																																																																																																																																		
15																																																																																																																																																		
16																																																																																																																																																		
17					01010.001																																																																																																																																													
Jam	Siswa	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																													
7																																																																																																																																																		
8					01010.001																																																																																																																																													
9					01010.002																																																																																																																																													
10					01010.002																																																																																																																																													
11					01010.002																																																																																																																																													
12																																																																																																																																																		
13																																																																																																																																																		
14																																																																																																																																																		
15																																																																																																																																																		
16																																																																																																																																																		
17					01010.001																																																																																																																																													

3			
---	--	--	--

2.3.2 Sideways Move Hill-climbing

2.3.2.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data																																																				
1			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Init Objecive</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima</th> <th>Stuck Count</th> <th>Sideways Moves</th> <th>Instances</th> <th>Max Sideways</th> <th>Iter per Restart</th> <th>Percelok</th> <th>Persec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-</td> <td>8319.301</td> <td>57</td> <td>51</td> <td>-</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-</td> <td>8303.55</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>-</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Run[*]</td> <td>-</td> <td>8301.54</td> <td>54</td> <td>54</td> <td>-</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Run	Init Objecive	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima	Stuck Count	Sideways Moves	Instances	Max Sideways	Iter per Restart	Percelok	Persec	1	-	8319.301	57	51	-	50	50	-	-	-	-	-	2	-	8303.55	55	55	-	50	50	-	-	-	-	-	Run [*]	-	8301.54	54	54	-	50	50	-	-	-	-	-
Run	Init Objecive	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima	Stuck Count	Sideways Moves	Instances	Max Sideways	Iter per Restart	Percelok	Persec																																											
1	-	8319.301	57	51	-	50	50	-	-	-	-	-																																											
2	-	8303.55	55	55	-	50	50	-	-	-	-	-																																											
Run [*]	-	8301.54	54	54	-	50	50	-	-	-	-	-																																											
2																																																							
3																																																							

2.3.3 Random Restart Hill-climbing

2.3.3.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data
----	------------	-------------	------

1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	1	0	-	0.00	7	7	2	0	-	0.00	7	7	3	0	-	0.00	7	7
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter																																																																																																																																																																																		
1	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
2	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
3	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	1	0	-	0.00	7	7	2	0	-	0.00	7	7	3	0	-	0.00	7	7
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter																																																																																																																																																																																		
1	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
2	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
3	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.00</td><td>7</td><td>7</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	1	0	-	0.00	7	7	2	0	-	0.00	7	7	3	0	-	0.00	7	7
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter																																																																																																																																																																																		
1	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
2	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		
3	0	-	0.00	7	7																																																																																																																																																																																		

2.3.4 Stochastic

2.3.4.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data																																																																																																																																																																																				
1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>20</td><td>-</td><td>0.004</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.003</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.007</td><td>10</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	1	20	-	0.004	3	3	2	0	-	0.003	3	3	3	0	-	0.007	10	10
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter																																																																																																																																																																																		
1	20	-	0.004	3	3																																																																																																																																																																																		
2	0	-	0.003	3	3																																																																																																																																																																																		
3	0	-	0.007	10	10																																																																																																																																																																																		
2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17												<table border="1"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0.001</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.001</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.001</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	1	0	-	0.001	1	1	2	0	-	0.001	1	1	3	0	-	0.001	1	1
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																							
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter																																																																																																																																																																																		
1	0	-	0.001	1	1																																																																																																																																																																																		
2	0	-	0.001	1	1																																																																																																																																																																																		
3	0	-	0.001	1	1																																																																																																																																																																																		

<p>3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Awal — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Awal — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Akhir — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Akhir — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						
State Awal — Ruangan: 7606																																																																																																																																																														
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																									
7																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																														
State Akhir — Ruangan: 7606																																																																																																																																																														
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																									
7																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																														

2.3.5 Simulated Annealing

2.3.5.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data																																																																																																																																																																																								
1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Awal — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Awal — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Akhir — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Akhir — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Run</th> <th>Best Objective</th> <th>Avg Objective</th> <th>Duration (s)</th> <th>Iterations</th> <th>Local Optima Iter</th> <th>Stuck Count</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0.420</td><td>2297</td><td>2297</td><td>191</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-</td><td>0.420</td><td>2297</td><td>2297</td><td>194</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-</td><td>0.422</td><td>2297</td><td>2297</td><td>186</td></tr> </tbody> </table>	Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	Stuck Count	1	0	-	0.420	2297	2297	191	2	0	-	0.420	2297	2297	194	3	0	-	0.422	2297	2297	186
State Awal — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											
State Akhir — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											
Run	Best Objective	Avg Objective	Duration (s)	Iterations	Local Optima Iter	Stuck Count																																																																																																																																																																																					
1	0	-	0.420	2297	2297	191																																																																																																																																																																																					
2	0	-	0.420	2297	2297	194																																																																																																																																																																																					
3	0	-	0.422	2297	2297	186																																																																																																																																																																																					
2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Awal — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Awal — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Akhir — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Akhir — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17																																		
State Awal — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											
State Akhir — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											
3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Awal — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Awal — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">State Akhir — Ruangan: 7606</th> </tr> <tr> <th>Jam</th> <th>Senin</th> <th>Selasa</th> <th>Rabu</th> <th>Kamis</th> <th>Jumat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	State Akhir — Ruangan: 7606						Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17																																		
State Awal — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											
State Akhir — Ruangan: 7606																																																																																																																																																																																											
Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat																																																																																																																																																																																						
7																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																											
15																																																																																																																																																																																											
16																																																																																																																																																																																											
17																																																																																																																																																																																											

2.3.6 Genetic Algorithm

2.3.6.1 Hasil Eksperimen

No	State Awal	State Akhir	Data
----	------------	-------------	------

Analisis

1. Seberapa dekat tiap-tiap algoritma bisa mendekati global optima dan mengapa hasilnya demikian?
 - a. Hill Climbing - Steepest Ascent: cukup dekat dengan global optima karena setiap iterasi selalu memilih state yang terbaik, tetapi hal ini dapat menyebabkan algoritma terjebak dalam lokal optima
 - b. Hill Climbing - Sideways Move: lebih baik dari *global steepest ascent*, karena tidak akan terjebak ketika menemui ‘plateau’ di ruang pencarian
 - c. Hill Climbing - Random Restart: dengan *trade off* melakukan beberapa search dari kondisi awal yang berbeda, algoritma ini dapat berakhir di kondisi yang lebih mendekati global optima dibanding metode hill climbing lainnya ruang pencarian yang memiliki banyak local optima.
 - d. Hill Climbing - Stochastic: berkemungkinan lebih dekat dengan global optima dibanding hill climbing deterministik. Unsur acak dari pemilihan neighbor state memungkinkan algoritma untuk menemukan global optima, tetapi besar kemungkinan algoritma tetap terjebak di local optima
 - e. Simulated Annealing: paling berkemungkinan untuk berakhir paling dekat dengan global optima. Tuning temperatur dan pendinginannya memungkinkan pencarian mengeksplorasi ruang pencarian dan berakhir di lokasi yang mendekati global optima seakan temperatur turun
 - f. Genetic Algorithm: algoritma yang membutuhkan durasi paling besar.

2. Bagaimana perbandingan hasil pencarian tiap-tiap algoritma dengan algoritma local search yang lain?
 - a. Hill Climbing - Steepest Ascent: Cenderung cepat turun ke nilai objektif kecil karena selalu memilih perbaikan terbaik di tiap langkah.
 - b. Hill Climbing - Sideways Move: mirip steepest ascent, namun mengizinkan langkah datar agar bisa melewati batas. Hasil akhirnya biasanya lebih baik daripada steepest murni, meski waktu sedikit lebih lama karena kadang bergerak datar dulu sebelum turun lagi.
 - c. Hill Climbing - Random Restart: karena menjalankan hill climbing berkali-kali dari titik awal acak, sehingga peluang mendapatkan solusi yang lebih bagus meningkat
 - d. Hill Climbing - Stochastic: memakai pendekatan “first-improvement” acak: menerima perbaikan pertama yang ditemukan tanpa mencari yang terbaik. Kadang bisa keluar dari jalur buntu dan memberi hasil lebih baik daripada steepest, tetapi kualitasnya kurang konsisten karena bergantung pada keberuntungan sampling.
 - e. Simulated Annealing: Di awal pencarian, algoritma ini sesekali menerima langkah yang lebih buruk (tergantung suhu), sehingga lebih mudah keluar dari jebakan lokal dan sering menghasilkan solusi yang lebih baik.
 - f. Genetic Algorithm: Mengeksplor banyak solusi sekaligus dan menggabungkannya lewat crossover serta mutasi. Secara umum kualitas akhirnya baik hingga sangat baik, tetapi biayanya adalah waktu komputasi yang paling besar karena banyak evaluasi per generasi.

3. Bagaimana perbandingan durasi proses pencarian tiap algoritma relatif terhadap algoritma lainnya?
 - a. Hill Climbing - Steepest Ascent: algoritma lebih cepat dibanding algoritma lainnya dikarenakan pemilihan neighbor terbaik secara absolut menyebabkan iterasi algoritma dengan cepat menuju sebuah local optima.
 - b. Hill Climbing - Sideways Move: sedikit lebih lama dibandingkan steepest ascent karena dapat mencari ke state yang objektifnya sama terlebih dahulu
 - c. Hill Climbing - Random Restart: serupa dengan algoritma hill climbing tetapi dilakukan beberapa kali.
 - d. Hill Climbing - Stochastic: secara umum membutuhkan waktu yang lebih lama karena perlu membangkitkan state random yang lebih baik hingga terjebak di local optima
 - e. Simulated Annealing: durasi algoritma simulated annealing bergantung dengan suhu awal dan rate pendinginan. Parameter yang diberikan menyebabkan algoritma ini berjalan lebih lama dari hill climbing
 - f. Genetic Algorithm: algoritma yang membutuhkan durasi yang paling lama dibanding algoritma lain

4. Seberapa konsisten hasil akhir yang didapatkan dari tiap-tiap eksperimen yang dilakukan? Semua algoritma ditemukan cukup konsisten kecuali stochastic hill climbing yang relatif sering berakhir pada state yang tidak optimal di mana algoritma lain konsisten mendapat optimal.

5. Bagaimana pengaruh banyak iterasi dan jumlah populasi terhadap hasil akhir pencarian pada Genetic Algorithm?

Pada Genetic Algorithm, menambah jumlah generasi memberi lebih banyak kesempatan memperbaiki solusi sehingga hasil akhir biasanya makin baik, tetapi efeknya akan menurun setelah beberapa iterasi. Memperbesar ukuran populasi meningkatkan keberagaman solusi, dan umumnya memberi kualitas akhir lebih baik. Namun, biaya waktu per generasi ikut naik. Populasi terlalu kecil memang cepat, tapi rawan tersangkut yang mana populasi terlalu besar butuh waktu yang cukup lama.

Bab 3

Kesimpulan

3.1 Kesimpulan

Penggunaan algoritma local search dalam penyelesaian permasalahan penjadwalan menunjukkan keunggulan dan kekurangan tiap metode. Algoritma hill climbing steepest ascent dan dengan sideway move memiliki durasi pencarian yang tercepat dengan solusi yang cukup optimal. Simulated annealing ditemukan memiliki performa yang konsisten dalam menemukan solusi yang optimal.

Pada persoalan ini, ruang pencarian relatif tidak banyak memiliki jurang local optima. Ini adalah konsekuensi dari pilihan pergerakan antar state yang mungkin. Salah satu dari dua jenis perpindahan yaitu memindahkan kelas ke ruangan dan waktu yang kosong langsung menulifikasi efek pada objective function berupa hilangnya tabrakan jadwal. Satu jenis perpindahan lainnya adalah pertukaran dua pertemuan kuliah, yang berarti sebagian besar state adalah ‘permutasi’ dari state lain dan berada pada jurang local optima yang sama. Kasus ideal untuk objective function terjadi jika setiap pertemuan dapat ditempatkan pada waktu yang unik (dan make penggunaan ruang juga tidak bertabrakan). Ketika jumlah pertemuan sudah melebihi alokasi waktu yang unik, hal yang dilakukan adalah menukar pertemuan hingga ditemukan state optimal.

Secara umum, setiap algoritma dapat mencapai global optima meski dengan durasi yang dapat berbeda. Oleh karena itu, dapat dipertimbangkan untuk memilih algoritma yang paling konsisten dan tercepat.

3.2 Saran

Untuk beberapa metode, tuning parameter dapat mengubah waktu pencarian dan performa solusi yang ditemukan. Misalnya, simulated annealing dengan suhu awal tinggi dan/atau pendinginan yang lambat dapat memperpanjang durasi pencarian tanpa perbaikan performa. Jumlah restart yang banyak pada random restart juga dapat memperpanjang durasi tanpa memberikan eksplorasi ruang pencarian yang baru.

Lampiran

Pembagian Tugas :

NIM	Tugas
13522125	Hill Climbing Algorithms, Website, Laporan
13522128	Genetic Algorithm, Website, Laporan
13523063	Simulated annealing, Website, Laporan

Tampilan Website :

The screenshot shows a web application interface titled "Pencarian Solusi Penjadwalan Kelas Mingguan dengan Local Search". The page is identified by the URL "localhost:5173".

The interface includes the following components:

- Input JSON:** A text input field containing the following JSON code:

```
{
  "kelas_mata_kuliah": [],
  "ruangan": [],
  "mahasiswa": []
}
```
- Choose Algorithm:** A dropdown menu set to "Steepest Ascent Hill-Climbing". Below it is a note: "Parameter opsional untuk varian hill-climbing. Tidak ada parameter tambahan untuk varian ini." A "Solve" button is also present.
- Result:** A large text area below the input field, currently displaying the message: "Jalankan solver untuk melihat jadwal dan metrik hasil."
- Footer:** The text "Tugas Besar TAI" is visible at the bottom of the page.

Referensi

Edunex. (n.d.). *Berbagai algoritma local search*. Retrieved from <https://edunex.itb.ac.id/courses/64464/preview/278735>