**LAPORAN TUGAS 1**

**DESAIN ANALISIS ALGORITMA**

**IMPLEMENTASI METODE *DIVIDE AND CONQUER***

**PADA ALGORITMA *SELECTION SORT* DAN *MERGE SORT***



**Oleh:**

**Ahmad Riau Ardi 19102241**

**Kelas: S1IF-07-MM2**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA**

**INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2022**

1. **Dasar Teori**

*Divide and Conquer* merupakan salah satu metode pada pemrograman di mana suatu permasalahan dibagi menjadi beberapa bagian dengan syarat masalah yang dibagi memiliki kesamaan. Pada algoritma ini alur pemecahan masalah dibagi menjadi tiga tahap, yaitu *divide* atau membagi masalah menjadi beberapa sub-masalah dengan ukuran lebih kecil, *conquer* atau penyelesaian masalah(umumnya secara rekursif) dan *combine* atau menggabungkan solusi-solusi sub-masalah sehingga membentuk solusi bagi masalah utama [[1](#Ary18)]. Metode *Divide and Conquer* dapat diimplementasikan dalam beberapa algoritma, salah satunya pada algoritma pengurutan. Algoritma pengurutan yang bisa diimplemtasikan metode ini ialah algoritma pengurutan *merge sort* dan *selection sort.*

*Selecton sort* merupakan bentuk perbaikan dari algoritma *sorting* *bubble sort*. Algoritma ini bekerja dengan mengurangi jumlah pembanding. Algoritma ini akan memilih salah satu nilai dari himpunan nilai kemudian membandingkannya dengan himpunan nilai yang belum diurutkan. Kemudian menukar nilai tersebut dengan salah satu nilai yang lebih kecil atau lebih besar [[2](#Fin19)].

Sedangkan *Merge sort* merupakan pengembangan dari *quick sort.* Algoritma *sorting* ini secara eksplisit menggunakan metode *divide and conquer* dalam penyelesaiannya [[3](#Abi12)]. Algoritma ini ditemukan pada tahun 1945 oleh John von Neumann dengan tujuan mempermudah pengurutan rangkaian data yang tidak memungkinkan untuk ditampung oleh memori komputer kala itu. Algoritma ini bekerja dengan terus membagi rangkaian data menjadi dua bagian hingga tidak bisa dibagi. Kemudian setiap bagian yang telah dibagi dibandingkan satu sama lain hingga menjadi teurut [[4](#Arf19)].

1. **Implementasi**

Berikut merupakan bentuk *pseudocode* dari program yang dibuat.

1. ***Pseudocode Selection Sort***

Pseudocode berikut berguna agar program dapat menentukan index elemen array dengan nilai terkecil dari kumpulan array yang belum terurut.

|  |
| --- |
| **Procedure** index\_terkecil(***input*** data: Array, ***input/output*** index: integer, ***input*** n: integer)  {Mencari index elemen array dengan nilai terkecil diantara kelompok array yang belum diurutkan, kemudian men-return nilai index sebgai index elemen yang akan dibandingkan dengan elemen array terkecil di kelompok array terurut.  Masukan: array data[0...n-1] yang belum terurut  index adalah index elemen yang sedang dibandingkan  n adalah jumlah elemen array data  Luaran: index elemen bernilai minimun dari bagian array data yang belum terurut.  }  **Deklarasi:**  **//** key sebagai index dari elemen array terkecil di kumpulan array tak teurut  key : integer  **Algoritma:**  // jika nilai index sama dengan n, maka fungsi mengembalikan nilai index  // hal ini berarti pengurutan sudah mencapai membandingkan elemen ke n-1  // dengan elemen ke n  **If** index == n **then**  **Return** index  **Endif**  **//** nilai key diisi dengan return fungsi index\_terkecil(rekursif)  key← index\_terkecil**(**data[], index, n-1**)**  **//** jika nilai data[index] (elemen ke n+1) lebih kecil dari  **//** data[key] (elemen terkecil dari array tak terurut)  **If** data[index] < data[key] **then**  **//** jika true, maka return index ke n+1  **Return** index  **Else**  **//** jika false, maka return index elemen terkecil dari array tak teurut  **Return** key  **Endif** |

Pseudocode di atas berguna untuk mengurutkan elemen-elemen yang ada di array dengan algoritma *selection sort*.

|  |
| --- |
| **Procedure** selectionSort(***input/output*** data : Array, ***input*** n: integer, ***input*** index: integer)  { Mengurutkan array data[0...n-1] menggunakan algoritma selection sort, dengan n adalah panjang array data dan index sebagai *counter* index array.  Masukan: array data[0...n-1] yang elemen-elemennya belum terurut  n adalah jumlah elemen array data  index adalah *counter* index elemen yang dibandingkan  Luaran: array data[0...n-1] yang sudah terurut  }  **Deklarasi:**  // key sebagai nilai index yang akan dibandingkan dengan index ke n  key : integer  **Algoritma:**  **//** jika nilai index sama dengan n, selection sort selesai  **If** index == n  **//** nilai -1 dapat diartikan sebagai proses berhenti  **Return** -1  **Endif**  **//** nilai key diisi nilai dari index dengan elemen terkecil dari array tak teurut  key ← index\_terkecil(data, index, n-1)  **//** jika nilai key dan index sama, berarti elemen ke-n sudah yang paling kecil  // jika nilai key dan index tidak sama  **If** key != index **then**  **//** maka nilai data[key] (elemen dari array tak terurut)  **//** dan data[index] (elemen yang dibandingkan saat ini)  Swap(data[key], data[index])  **Endif**  **//** memanggil kembali fungsi selection sort untuk mengecek elemen di index  **//** selanjutnya  selectionSort(data, n, index+1) |

1. ***Pseudocode Merge Sort***

Berikut ini merupakan *pseudocode* untuk *merge sort* yang digunakan untuk mengurutkan data pada projek ini.

|  |
| --- |
| ***Procedure*** *mergeSort*(***input/output*** data*:* Array)  **{** Algoritma untuk mengurutkan data dalam array utama dengan membagi array utama menjadi 2 bagian secara terus menerus hingga tidak dapat dibagi lagi. Kemudian array-array yang telah dibagi, elemen-elemennya saling dibandingkan lalu digabungkan kembali ke array utama.  Masukan: array data[] berupa array yang elemen-elemennya belum terurut  Luaran: array data[] yang elemen-elemennya telah diurutkan  **}**  **Deklarasi:**  **//** array untuk menampung elemen-elemen yang terbagi  L\_side, R\_side : Array  // variable untuk counter index array  L\_count, R\_count, key : integer  // variable untuk menampung nilai tengah  indexTengah : integer  **Algoritma:**  // jika jumlah elemen array > 1, maka  **If** len(data) > 1 **then**  // maka bagi jumlah elemen menjadi 2 dibulatkan ke nilai terdekat  indexTengah ← len(data) **div**2  // deklarasi isi array L\_side dan R\_side  // L\_side berisi elemen dari 0 hingga indexTengah array data  L\_side ← data[0...indexTengah]  // R\_side berisi elemen dari indexTengah+1 hingga akhir array data  R\_side ← data[indexTengah+1 … len(data]  // proses membagi sisi kiri dan kanan array hingga tidak bisa dibagi  mergeSort(L\_side)  mergeSort(R\_side)  // deklarasi nilai L\_count dan R\_count  // untuk indexing array L\_side dan R\_side  L\_count ← 0  R\_count ← 0  // deklarasi nilai key sebagai index array utama  Key ← 0  **//** dilakukan perulangan untuk menggabungkan elemen yang ada di  **//** array sisi kiri dan kanan ke dalam array utama  **While** L\_count < len(L\_side) and R\_count < len(R\_side) **do**  **//** jika di array isi kiri > array di sisi kanan  **If** L\_Side[L\_count] < R\_side[R\_count] **then**  // maka elemen di sisi kiri dipindahkan ke array utama  data[key] ← L\_side[L\_count]  // L\_count ditambah 1 untuk geser ke elemen selanjutnya  L\_count ← L\_count + 1  **Else**  // sebalikanya, elemen di sisi kanan yang dipindahkan  data[key] ← R\_side[R\_count]  // L\_count ditambah 1 untuk geser ke elemen selanjutnya  R\_count ← R\_count + 1  **Endif**  // nilai key ditambah 1 untuk bergeser ke index selanjutnya  key ← key + 1  **EndWhile**  // terkadang jumlah elemen di sisi kiri dan kanan tidak sama,  // perulangan di bawah ini untuk memindahkan sisa elemen  // apabila masih ada elemen di array kiri  **While** L\_count < len(L\_side) **do**  // elemen tersebut dipindahkan ke array utama  data[key] ← L\_side[L\_count]  // index array sisi kiri digeser ke index selanjutnya  L\_count ← L\_count + 1  // index array utama digeser ke index selanjutnya  key ← key + 1  **EndWhile**  // apabila masih ada elemen di array kanan  **While** R\_count < len(R\_side) **do**  // elemen tersebut dipindahkan ke array utama  data[key] ← R\_side[R\_count]  // index array sisi kanan digeser ke index selanjutnya  R\_count ← R\_count + 1  // index array utama digeser ke index selanjutnya  key ← key + 1  **EndWhile**  **Endif** |

1. ***Script Program***

|  |
| --- |
| *Selection Sort* |
| # 19102241 - Ahmad Riau Ardi - S1IF07MM2  import json # library untuk membaca file json  import time # library untuk menampilkan format waktu  # deklarasi variable untuk menhitung waktu program  execute\_time = time.time()  def index\_terkecil(data, index, n): # fungsi Return index terkecil  # data berupa array  # index untuk nilai index awal  # n berupa int jumlah elemen array - 1,  # jika nilai index sama dengan n (elemen terakhir di array)  if index == n:  # maka return nilai index  return index  # rekursif mencari elemen terkecil dari sisa array yang belum disort  key = index\_terkecil(data, index + 1, n)  # Return nilai index elemen terkecil jika nilai data[index] < data[key]  # jika tidak lebih kecil, maka return nilai key  return (index if data[index] < data[key] else key)  def selectionSort(data, n, index=0): # fungsi selection sort  # data berupa array  # n berupa int jumlah elemen array,  # index untuk nilai index awal  # ketika index dan ukuran array sama  if index == n:  # return nilai -1  return -1  # Memanggil fungsi index\_terkecil untuk mencari index elemen  # yang lebih kecil dari index elemen yang terakhir disort  key = index\_terkecil(data, index, n-1)  # jika nilai key tidak sama dengan index  if key != index:  # menukar elemen data[index] dengan dengan data[key]  data[key], data[index] = data[index], data[key]  # memanggil selection sort lagi hingga nilai index == n  # dengan nilai index + 1 atau index selanjutnya  selectionSort(data, n, index + 1)  # fungsi main program  if \_\_name\_\_ == '\_\_main\_\_':  # memanggil berkas berisi data  berkas = open("./data/sauce100.json")  # isi dari berkas dimuat ke json\_data  json\_data = json.load(berkas)  # variable untuk menampung isi json\_data  data = []  # perulangan untuk memasukan isi json ke dalam array 'data'  for i in json\_data['nama']:  # memasukan nilai 'i' ke dalam array data  data.append(i)  print("\n========================================")  # mengetahui jumlah data pada list  n = len(data)  print("Jumlah data : ", n)  print("\n========================================")  # uji coba sorting sebanyak 10 kali untuk melihat seberapa cepat algoritma  for i in range(10):  # penampung sementara data  data\_temp = data  # sorting array  selectionSort(data\_temp, n)  # deklarasi variable berisi lama waktu eksekusi program  hasil\_execute = time.time() - execute\_time  # menampilkan waktu eksekusi program  print("Waktu eksekusi ke-", i, ": %s detik" % (round(hasil\_execute, 5)))  print(“========================================”)  # mencetak output proses selection sort  print(“Data setelah diurutkan : \n”)  # perulangan untuk menampilkan setiap item(nilai) pada array data  for item in data\_temp:  print(item, end=”, “)  print(“\n========================================”)  # untuk menjeda program  input(“\nTekan enter”) |
| *Merge Sort* |
| # 19102241 - Ahmad Riau Ardi - S1IF07MM2  import json # library untuk membaca file json  import time # library untuk menampilkan format waktu  # deklarasi variable untuk menhitung waktu program  execute\_time = time.time()  def mergeSort(data): # fungsi untuk sorting, parameter data berupa array  # sorting hanya akan dijalankan jika panjang array > 1  if len(data) > 1:  # mengambil index tengah  indexTengah = len(data)//2  # L\_side berisi array sebanyak 'indexTengah' diambil dari setengah pertama array data  L\_side = data[:indexTengah]  # R\_side berisi array sebanyak 'indexTengah' diambil dari setengah terakhir array data  R\_side = data[indexTengah:]  # recursive untuk membagi array menjadi 2 hingga tidak bisa dibagi lagi  mergeSort(L\_side)  mergeSort(R\_side)  # variabel untuk indexing sisi kiri dan kanan array  L\_count = 0  R\_count = 0  # untuk index array  key = 0  # proses penggabungan data  while L\_count < len(L\_side) and R\_count < len(R\_side):  # jika jumlah array kiri lebih sedikit dari jumlah array kanan  if L\_side[L\_count] < R\_side[R\_count]:  # elemen di array L\_side dimasukkan ke data index 'key'  data[key] = L\_side[L\_count]  # naikan nilai 'L\_count'  L\_count += 1  # jika jumlah array kanan lebih sedikit dari jumlah array kiri  else:  # elemen di array R-side dimasukkan ke data index 'key'  data[key] = R\_side[R\_count]  # naikan nilai 'R\_count'  R\_count += 1  # tambah nilai 'key' dengan 1  key += 1  # mengecek jumlah elemen yang tersisa di array kanan dan kiri  while L\_count < len(L\_side):  # data index 'key' diisi elemen L\_side index ke 'L\_count'  data[key] = L\_side[L\_count]  # tambah nilai L\_count dan key sebanyak 1  L\_count += 1  key += 1  while R\_count < len(R\_side):  # data index 'key' diisi elemen R\_side index ke 'R\_count'  data[key] = R\_side[R\_count]  # tambah nilai L\_count dan key sebanyak 1  R\_count += 1  key += 1  # untuk menampilkan elemen elemen array data  def printList(data):  # perulangan sebanyak panjang array data untuk menampilkan elemen array  for i in range(len(data)):  print(data[i], end=", ")  # function main  if \_\_name\_\_ == '\_\_main\_\_':  # memanggil berkas berisi elemen array  berkas = open("./data/sauce100.json")  # isi dari berkas dimuat ke json\_data  json\_data = json.load(berkas)  # variable untuk menampung isi json\_data  data = []  # perulangan untuk memasukan isi json ke dalam array 'data'  for i in json\_data['nama']:  # memasukan nilai 'i' ke dalam array data  data.append(i)  print("========================================")  # menampilkan jumlah data  print("Jumlah data: ", len(data))  print("========================================\n")  # uji coba sorting sebanyak 10 kali untuk melihat seberapa cepat algoritma  for i in range(10):  # penampung sementara data  data\_temp = data  # sorting array  mergeSort(data\_temp)  # deklarasi variable berisi lama waktu eksekusi program  hasil\_execute = time.time() - execute\_time  # menampilkan waktu eksekusi program  print("Waktu eksekusi ke-",i," : %s detik" % (round(hasil\_execute, 5)))  print("========================================\n")  # menampilkan elemen array data sesudah disort  print("Menampilkan array dengan sorting ", end="\n")  # memanggil fungsi printList untuk menampilkan isi array data  print("========================================")  printList(data\_temp)  print("\n========================================")  # untuk menjeda program  input("\nTekan enter") |

1. **Hasil *Running***

Dalam poin ini, digunakan sebuah array berisi 100 elemen string yang mana proses pengurutan dijalankan sebanyak sepuluh kali untuk masing-masing algoritma.

1. Hasil *running selection sort*

Text

Description automatically generated

1. Hasil *running merge sort*

Text

Description automatically generated

1. **Pengujian**

Dalam pengujian algoritma *selection sort*  dan *merge sort,* digunakan spesifikasi *hardware* dan *software* sebagai berikut.

1. *Hardware*

Prosessor : Intel Core i7-8750H 2.2GHz

Jumlah memori : 8 Giga Byte

1. *Software*

Sistem operasi : Windows 11 Home 64 bit

IDE : Visual Studio Code versi 1.66.2

Compiler : Python 3.6

Bahasa pemrograman : Python

Dalam pengujian kedua algoritma, digunakan sebuah *array* berisi string dengan jumlah elemen mulai dari 25, 50, 75, 100, 500, 750 dan 1000 elemen. Elemen-elemen *array* berisi nama-nama yang biasa digunakan penduduk di Indonesia [[5](#Inf19)]. Berikut merupakan tabel berisi data rata-rata waktu eksekusi program yang dijalankan sebanyak sepuluh kali untuk sejumlah n data.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jumlah data (n) | Rata-rata waktu eksekusi (detik) | | |
| Selection sort | Merge sort |
| 25 | 0.00298 | 0.00292 |
| 50 | 0.00396 | 0.00407 |
| 75 | 0.00531 | 0.00379 |
| 100 | 0.00869 | 0.00424 |
| 200 | 0.02763 | 0.00510 |
| 350 | 0.06557 | 0.00813 |
| 500 | 0.14054 | 0.01059 |
| 600 | 0.19641 | 0.01172 |
| 750 | 0.29902 | 0.01440 |
| 900 | 0.46199 | 0.01719 |

Data waktu eksekusi dari *running* kedua algoritma diilustrasikan dalam grafik di halaman berikutnya.

Nilai vertikal merupakan lama waktu eksekusi, sedangkan nilai horizontal merupakan jumlah data yang diurutkan.

Berdasarkan grafik di atas, diketahui bahwa algoritma *selection sort* memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama dibanding *merge sort*. Pada grafik diilustrasikan bahwa apabila kedua algoritma mengurutkan data dengan jumlah terbilang kecil(25 hingga 100 data) tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Namun, ketika jumlah data mencapai lebih dari ratusan data, barulah terlihat perbedaan kedua algoritma. Peningkatan waktu eksekusi yang signifikan terjadi pada algoritma *selection sort.* Sedangkan pada *merge sort,* peningkatan waktu eksekusi terbilang lambat.

1. **Analisis Hasil Pengujian**
2. **Komplesitas waktu algortima secara teori**
3. ***Selection sort***

**Kompleksitas waktu**

* Pemanggilan rekursif untuk mencari index elemen terkecil dengan nilai n dikurangi 1 untuk menandai elemen yang telah di cek → T(n-1).
* Pada pemanggilan rekursif fungsi *selection sort* nilai index ditambah 1. Hal ini dapat diartikan sebagai perulangan karena fungsi *selection sort* akan berhenti berulang jika nilai index sama dengan n(jumlah elemen) → n
* Diketahui **T(n) = T(n-1) + n**

Jika masukan nilai n adalah 1 maka akan memberikan output kompleksitas a atau 1. Dan jika n lebih dari 1, maka perhitungan kompleksitas adalah T(n-1) +n.

**Notasi Big-O**

* Dalam *selection sort*, notasi Big-O dapat dicari dengan metode iteratif sebagai berikut.

T(n) = n + T(n – 1 )

= n + {( n – 1) + T(n – 2)}

= n + (n – 1) + { (n – 2) + T(n – 3)}

…

= n + ( n – 1) + (n – 2) + (n – 3) + … + 2 + T(1)

={(n – 1)(n + 2)/2} + a

={(n – 1)(n + 2)/2} + 1

* Didapat notasi Big-O adalah → **O(n2)**

1. ***Merge sort***

**Kompleksitas waktu**

* 2 buah pemanggilan rekursif saat membagi array menjadi 2 bagian → T(n/2) + T(n/2) = 2T(n/2)
* 3 perulangan, 1 untuk melakukan perbandingan elemen dan 2 untuk memasukan elemen yang tersisa di sisi kiri atau kanan → 3n
* Diketahui **T(n) = 2T(n/2) + 3n**

Jika nilai n adalah 1, maka akan menghasilkan kompleksitas a atau 2 berdasarkan teorema master. Namun jika n > 1 maka kompleksitasnya adalah 2T(n/2) + 3n.

**Notasi Big-O**

* Diketahui T(n) sama dengan 2T(n/2) + 3n, maka berdasarkan teorema master diketahui nilai a = 2, b = 2, dan c = 1. Karena nilai a dan b sama didapat nilai notasi Big-O = **O(n log n)** .

1. **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian program pengurutan data menggunakan algortima *selection sort* dan *merge sort,* diketahui hasil pengeksekusian program dengan algoritma *merge sort* memiliki hasil yang lebih cepat dibandingkan algoritma *selection sort.* Pada grafik di poin pengujian, grafik menunjukan saat kedua algoritma mengurutkan data dengan jumlah terbilang kecil(25 hingga 100 data) tidak terlalu terlihat perbedaan yang signifikan. Namun, ketika jumlah data mencapai lebih dari ratusan data, barulah terlihat perbedaan kedua algoritma. Peningkatan waktu eksekusi yang signifikan terjadi pada algoritma *selection sort.* Sedangkan pada *merge sort,* peningkatan waktu eksekusi terbilang lambat atau sedikit.

Pada analisis kompleksitas waktu kedua algortitma, juga didapati bahwa algoritma *merge sort* merupakan algoritma yang lebih baik dengan notasi Big-O yaitu notasi O(n log n), sedangkan algoritma *selection sort* menghasilkan notasi Big-O berupa O(n2).

1. **Referensi**

x

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Aryo Pinandito, “Design and Analysis of AlgorithmDivide and Conquer Algorithm”, *DAA V – Divide and Conquer*, April 2019. [Online]. Available: [[PDF] DAA V – Divide and Conquer - Free Download PDF (documen.site)](https://documen.site/download/daa-v-divide-and-conquer_pdf). [Accessed: 24 April 2022]. |
| [2] | Finn Christoffer K., “Algoritma selection sort di python”, *BINUS UNIVERSITY BANDUNG - Kampus Teknologi Kreatif*, Desember 2019. [Online]. Available: <https://binus.ac.id/bandung/2019/12/algoritma-selection-sort-di-python/>. [Accessed: 24 April 2022]. |
| [3] | Taufik Fuadi Abidin and Irvanizam Zamanhuri, “Metode Pengurutan merge sort - unsyiah,” *Website Jurusan informatika Universitas Syiah*, Desember 2012. [Online]. Available: <https://www.informatika.unsyiah.ac.id/tfa/ds/mergesort.pdf>. [Accessed: 24 April 2022]. |
| [4] | Arfian Hidayat, “Algoritma merge sort,” Algoritma Merge Sort - Arfian Hidayat, Mei 2019. [Online]. Available: <https://arfianhidayat.com/algoritma-merge-sort>. [Accessed: 24 April 2022]. |
| [5] | Info Akurat, “100+ nama-nama Pasaran di Indonesia yang paling Banyak Digunakan,” InfoAkurat.com, 10 September 2019. [Online]. Available: <https://www.infoakurat.com/2019/09/nama-nama-pasaran-di-indonesia.html>. [Accessed: 24 April 2022]. |

x