Insertion Sort.

Dalam teknik Insertion Sort, kami mulai dari elemen kedua dan membandingkannya dengan elemen pertama dan meletakkannya di tempat yang tepat. Kemudian kami melakukan proses ini untuk elemen selanjutnya.

A. Psudeocode.

```
procedure insertionSort(array A,n)
            A - array to be sorted
            n - number of elements
for i = 0 to n
    key = A[i]
    j = i - 1
    while j >= 0 and A[j] > key do
        A[j + 1] = A[j]
        j = j - 1
    end while
    A[j + 1] = key
end for
```

B. C(n), T(n), Kelas Efisiensi.

Kami mengasumsikan Biaya setiap operasi i sebagai C_i dimana i ∈ {1,2,3,4,5,6,8}. Lalu menghitung berapa kali ini dijalankan. Oleh karena itu, Biaya Total untuk satu operasi semacam itu akan menjadi produk dari Biaya satu operasi dan berapa kali itu dijalankan. Kami dapat mencantumkannya seperti di bawah ini:

C_i where i ∈ {1,2,3,4,5,6,8}.

C1 n

C2 n - 1

C3 n - 1

C4 $\Sigma^{n-1}_{j=1}(t_j)$

C5 $\Sigma^{n-1}_{j=1}(t_j - 1)$

C6 $\Sigma^{n-1}_{j=1}(t_j - 1)$

C8 n - 1

Total Running Time:

T(n) = $C1 * n + (C2+C3) * (n-1) + C4 * \Sigma^{n-1}_{j=1}(t_j) + (C5+C6) * \Sigma^{n-1}_{j=1}(t_j) + C8 * (n-1)$

Kelas Efisiensi

Best Case Analysis

Array telah disortir, $t_j = 1$.

$T(n) = C1 * n + (C2+C3) * (n-1) + C4 * (n-1 + (C5+ C) * (n-2) + C8 * (n-1)$

Yang bila disederhanakan lebih lanjut memiliki faktor dominan **n** dan:

T(n) = C * (n) or **O(n)**

Worst Case Analysis

Array tersusun descending $t_j = j$.

$T(n) = C1 * n + (C2+C3) * (n-1) + C4 * (n-1) (n)/2 + (C5+C6) * ((n-1)(n)/2-1) + C8 * (n-1)$

Yang bila disederhanakan lebih lanjut memiliki faktor dominan $\mathbf{n^2}$ dan:

T(n) = C * (n^2) or $\mathbf{O(n^2)}$

Average Case Analysis

Asumsikan $t_j = (j-1)/2$ untuk menghitung Average Case.

$T(n) = C1 * n + (C2+C3) * (n-1) + C4/2 * (n-1) (n)/2 + (C5+C6)/2 * ((n-1) (n)/2-1) + C8 * (n-1)$

Yang bila disederhanakan lebih lanjut memiliki faktor dominan $\mathbf{n^2}$ dan:

T(n) = C * (n^2) or $\mathbf{O(n^2)}$

C. Ilustrasi pengurutan bilangan acak 10 bilangan.

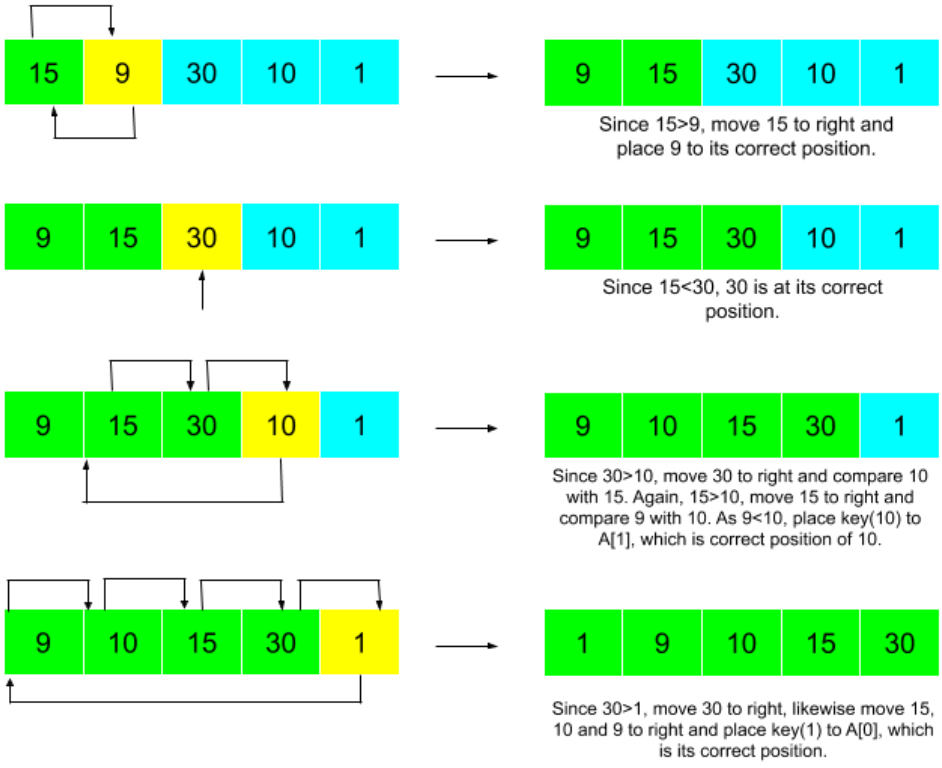
Pass	Unsorted List	Comparison	Sorted List
1	{12,3,5,10,81,15,6,4,2}	{12,3}	{3,12,5,10,8,1,15,6,4,2}
2	{3,12,5,10,8,1,15,6,4,2}	{3,12,5}	{3,5,12,10,8,1,15,6,4,2}
3	{3,5,12,10,8,1,15,6,4,2}	{3,5,12,10}	{3,5,10,12,8,1,15,6,4,2}
4	{3,5,10,12,8,1,15,6,4,2}	{3,5,10,12,8}	{3,5,8,10,12,1,15,6,4,2}
5	{3,5,8,10,12,1,15,6,4,2}	{3,5,8,10,12,1}	{1,3,5,8,10,12,15,6,4,2}
6	{1,3,5,8,10,12,15,6,4,2}	{1,3,5,8,10,12,15,6}	{1,3,5,6,8,10,12,15,4,2}
7	{1,3,5,6,8,10,12,15,4,2}	{1,3,5,6,8,10,12,15,4}	{1,3,4,5,6,8,10,12,15,2}
8	{1,3,4,5,6,8,10,12,15,2}	{1,3,4,5,6,8,10,12,15,2}	{1,2,3,4,5,6,8,10,12,15}

Seperti yang ditunjukkan pada ilustrasi di atas, kita mulai dengan elemen ke-2 karena kami mengasumsikan bahwa elemen pertama selalu diurutkan. Jadi kita mulai dengan membandingkan elemen kedua dengan yang pertama dan menukar posisi jika elemen kedua lebih kecil dari yang pertama.

Proses perbandingan dan pertukaran ini memposisikan dua elemen di tempat yang tepat. Selanjutnya, kami membandingkan elemen ketiga dengan elemen sebelumnya (pertama dan kedua) dan melakukan prosedur yang sama untuk menempatkan elemen ketiga di tempat yang tepat.

Dengan cara ini, untuk setiap operan, kami menempatkan satu elemen di tempatnya. Untuk lintasan pertama, kami menempatkan elemen kedua di tempatnya. Jadi secara umum, untuk menempatkan elemen N di tempat yang tepat, kita membutuhkan N-1 pass.

Visualisasi:
Video:
insertionsort.mp4.
Gif:
InsertionSort.gif; InsertionSort2.gif; InsertionSort3.gif.
Photo:


15 9 30 10 1
9 15 30 10 1
Since 15>9, move 15 to right and place 9 to its correct position.
9 15 30 10 1
9 15 30 10 1
Since 15<30, 30 is at its correct position.
9 15 30 10 1
9 10 15 30 1
Since 30>10, move 30 to right and compare 10 with 15. Again, 15>10, move 15 to right and compare 9 with 10. As 9<10, place key(10) to A[1], which is correct position of 10.
9 10 15 30 1
1 9 10 15 30
Since 30>1, move 30 to right, likewise move 15, 10 and 9 to right and place key(1) to A[0], which is its correct position.

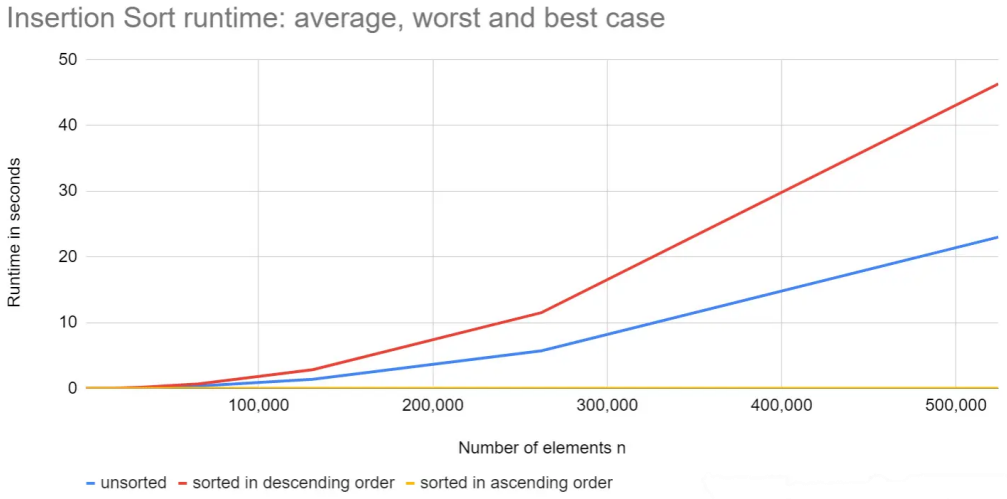
D. Aplikasi yang mengimplementasikan algoritma.

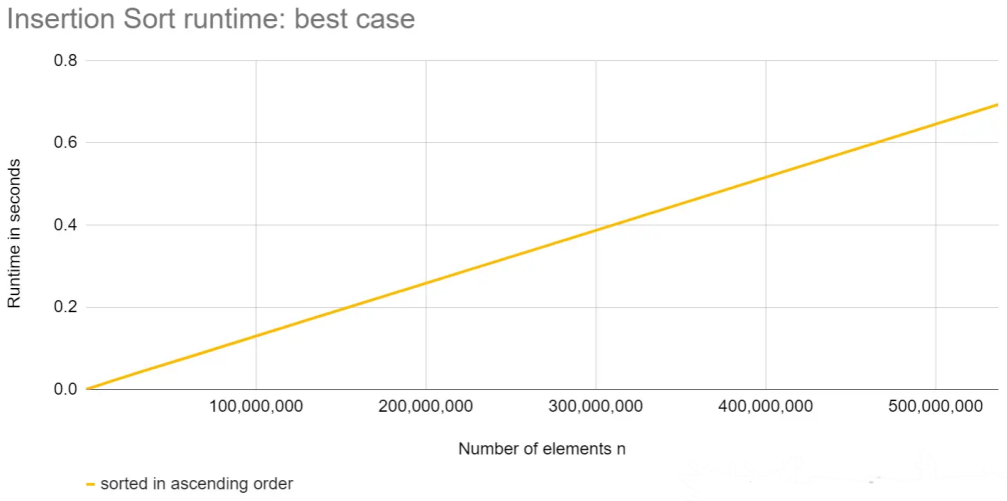
```
// C++ program for insertion sort
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
/* Function to sort an array using insertion sort*/
void insertionSort(int arr[], int n)
{
    int i, k, j;
    for (i = 1; i < n; i++)
    {
        k = arr[i];
        j = i - 1;
        /*shifting elements of arr[0..i-1] towards right
             if are greater than k */
        while (j >= 0 && arr[j] > k)
        {
            arr[j + 1] = arr[j];
            j = j - 1;
        }
        arr[j + 1] = k;
    }
}
int main()
{
    int n,i;
    // size of array
    cin>>n;
    int arr[n];
    for (i = 0; i < n; i++)
        cin >> arr[i];
    // input the array
    insertionSort(arr, n);
     // sort the array
    for (i = 0; i < n; i++)
        cout << arr[i] << " ";
    cout << endl;
    // print the array
    return 0;
}
```

E. Tabel dan grafik perubahan running time untuk nilai inputan n berbeda-beda.

Berikut adalah hasil untuk Insertion Sort setelah 50 iterasi:

n	Unsorted	Descending	Ascending
...	...	...	...
32,768	87.86 ms	175.80 ms	0.042 ms
65,536	350.43 ms	697.59 ms	0.084 ms
131,072	1,398.92 ms	2,840.00 ms	0.168 ms
262,144	5,706.82 ms	11,517.36 ms	0.351 ms
524,288	23,009.68 ms	46,309.37 ms	0.710 ms
1,048,576	-	-	1.419 ms
...	...	...	...
536,870,912	-	-	693.310 ms





Ref:
https://iq.opengenus.org/insertion-sort-analysis/;
https://www.softwaretestinghelp.com/insertion-sort/;
https://www.hackerearth.com/practice/algorithms/sorting/insertion-sort/visualize/;
https://www.happycoders.eu/algorithms/insertion-sort/;
https://stackoverflow.com/questions/23331997/how-to-calculate-the-theoretical-running-time-of-insertion-sort-for-any-input-n.