

Penerapan Pohon Merentang Minimum Pada Sistem Irigasi Pancaran

Jonathan Richard Sugandhi - 13519128

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13519128@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Irigasi merupakan hal yang krusial dalam bidang pertanian. Tanpa adanya irigasi, maka lahan akan menjadi kering dan tidak banyak tanaman yang akan bertahan. Pada jaman modern ini, terdapat begitu banyak macam irigasi. Mulai dari irigasi tradisional seperti irigasi permukaan dan irigasi bawah permukaan, hingga irigasi modern seperti irigasi pancaran. Pada makalah ini, penulis akan menerapkan algoritma pembentuk pohon merentang minimum untuk membuat sistem irigasi pancaran yang efisien, yakni memiliki panjang pipa minimum namun irigasi tetap berjalan dengan semestinya.

Keywords— Algoritma Prim, Irigasi Pancaran, Pertanian, Pohon merentang,.

I. PENDAHULUAN

Pertanian adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan pangan. Pertanian sendiri diperkirakan sudah dilakukan oleh manusia sejak jaman pra-aksara. Kegiatan pertanian ini merupakan suatu terobosan besar bagi umat manusia, yang pada masa itu hanya mengenal perburuan. Perolehan pangan dari perburuan selalu tidak konstan dan cenderung berbahaya, sehingga pertanian menjadi jalan keluar pada masa itu.



Gambar 1 Pertanian masa kini

(sumber: <https://pelayananpublik.id/2020/02/20/apa-itu-pertanian-manfaat-tujuan-hingga-jenisnya/> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 3.33 WIB)

Dalam pertanian, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Mulai dari benih apa yang ditanam, tingkat kesuburan lahan, jenis tanah pada lahan, penggunaan pupuk, pengendalian hama

dengan pestisida, pengairan, dan masih banyak lagi. Setiap macam benih akan membutuhkan jumlah pupuk, air, jenis tanah dan perlakuan yang berbeda, hal inilah yang mengakibatkan kegiatan pertanian begitu kompleks.

Untuk menjaga benih tumbuh dengan baik, salah satu hal yang paling harus diperhatikan adalah air. Dalam pertanian, pengairan sawah seringkali disebut irigasi. Irigasi pertanian ialah upaya petani untuk mengairi lahan. Irigasi biasanya dilakukan dengan mengalirkan air dari sumber (biasanya sungai) menuju ke lahan.

Namun pertanyaannya adalah bagaimana cara kita dapat membuat sistem irigasi yang efisien sehingga pengairan akan rata dengan biaya seminimal mungkin?

Salah satu caranya adalah dengan menerapkan teori graf yaitu pohon merentang minimum (*Minimum Spanning Tree*). Pohon merentang minimum selalu mencari total nilai terkecil yang mungkin untuk menghubungkan semua simpul sehingga diyakini penggunaan pohon merentang minimum ini akan dapat menghasilkan sistem irigasi yang efisien dan murah.

II. LANDASAN TEORI

A. Graf

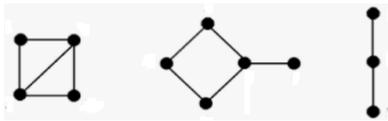
Dalam teori matematika dan juga komputer, graf merupakan suatu ilmu yang mempelajari dan mendeskripsikan relasi antar objek dari sebuah korelasi objek. Dan dapat didefinisikan lebih dalam, graf merupakan suatu himpunan-benda yang disebut vorteks (*node*) yang terhubung oleh sisi (*edge* atau *arc*).

Graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini:

V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices*) $= \{ v_1, v_2, \dots, v_n \}$, Sedangkan E adalah suatu himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul $= \{ e_1, e_2, \dots, e_n \}$.

Graf terdiri dari beberapa jenis yaitu:

1. Berdasarkan ada atau tidak adanya sisi ganda pada suatu graf, digolongkan menjadi 2 jenis yaitu:
 - Graf Sederhana (*Simple Graph*)
Graf yang tidak memiliki unsur sisi ganda.



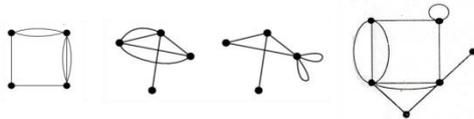
Gambar 2 Graf Sederhana

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.06 WIB)

- **Graf Tidak-Sederhana (*Unsimple-Graph*)**

Suatu graf yang memiliki unsur sisi ganda.

seederhana (*unsimple graph*).



Gambar 3 Graf Tidak-Sederhana

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.11 WIB)

2. Berdasarkan suatu orientasi arah pada sisi, graf digolongkan atas 2 jenis yaitu:

- **Graf tak-berarah (*undirected graph*)**

Suatu graf yang sisi-sisinya tidak memiliki orientasi arah.

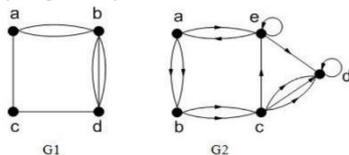


Gambar 4 Graf Tak-Berarah

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.11 WIB)

- **Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)**

Suatu graf yang sisinya diberikan orientasi arah.



G1 : graf tak-berarah; G2 : Graf berarah

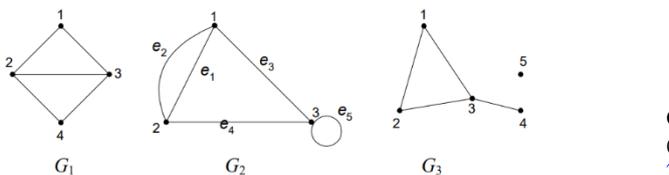
Gambar 5 Pemanding Graf Tak-Berarah dan Berarah

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.21 WIB)

B. Terminologi Graf

1. **Ketetanggan (*Adjacent*)**

Dua simpul dikatakan bertetangga jika terdapat sisi yang menghubungkan dua simpul tersebut.



Gambar 6 Konsep Ketetanggan

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.33 WIB)

WIB)

2. **Bersisian (*Incidency*)**

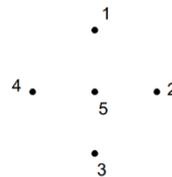
Suatu sisi dikatakan bersisian dengan simpul a dan b.

3. **Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)**

Simpul terpencil merupakan simpul yang sama sekali tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya. Pada Gambar 5, dapat dilihat simpul 5 pada G3 ialah simpul terpencil.

4. **Graf Kosong**

Suatu graf yang himpunan sisinya adalah suatu himpunan kosong.



Gambar 7 Konsep Graf Kosong

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.50 WIB)

5. **Derajat (*Degree*)**

Derajat suatu simpul merupakan jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

6. **Lintasan (*Path*)**

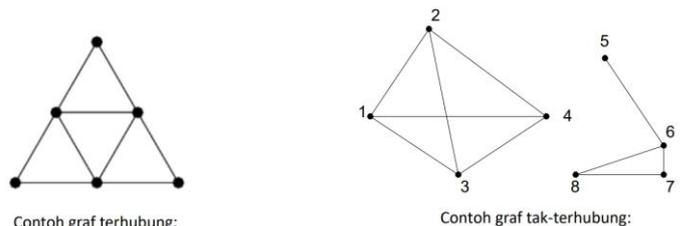
Jalur dari suatu simpul menuju simpul pada suatu graf dikatakan lintasan. Lintasan pada graf dituliskan sebagai barisan simpul dan sisi secara bergantian dari simpul awal menuju simpul tujuan.

7. **Siklus atau sirkuit**

Siklus adalah suatu lintasan yang memiliki simpul awal dan simpul akhir yang sama.

8. **Keterhubungan**

Dua simpul dikatakan terhubung apabila terdapat lintasan yang menghubungkan kedua simpul tersebut. Suatu graf terhubung ialah graf yang tiap pasangan simpulnya terhubung. Jika terdapat pasangan simpul yang tidak terhubung, maka graf tersebut adalah graf tak terhubung

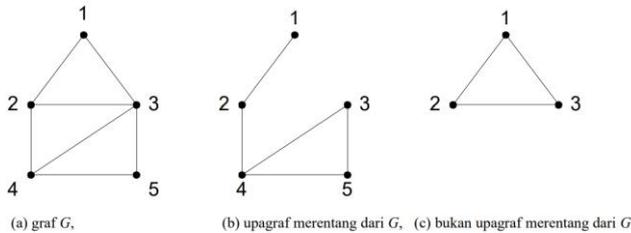


Gambar 8 Konsep keterhubungan

(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 14.59 WIB)

9. Upagraf Merentang

Upagraf dari suatu graf $G = (V, E)$ adalah suatu graf $G_1 = (V_1, E_1)$ dimana $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Upagraf merentang adalah upagraf yang mengandung semua simpul dari G .

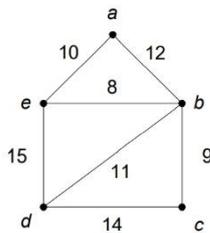


Gambar 9 Upagraf

(sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 15.10 WIB)

10. Graf Berbobot (Weighted Graph)

Graf berbobot ialah graf yang tiap sisinya memiliki nilai. Graf berbobot sangat cocok digunakan untuk pencarian rute minimum.



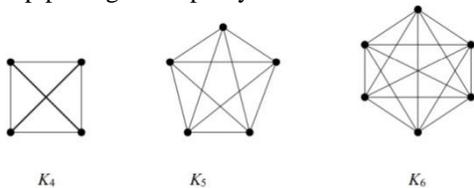
Gambar 10 Graf Berbobot

(sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 2.00 WIB)

C. Graf Khusus

1. Graf Lengkap

Graf lengkap merupakan graf sederhana yang memiliki sisi di tiap pasangan simpulnya.

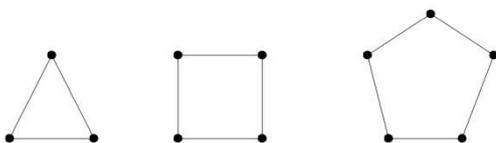


Gambar 11 Graf Lengkap

(sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 2.09 WIB)

2. Graf Lingkaran

Graf lingkaran merupakan graf yang tiap simpulnya hanya berderajat 2.



Gambar 12 Graf Lingkaran

(sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 2.12

WIB)

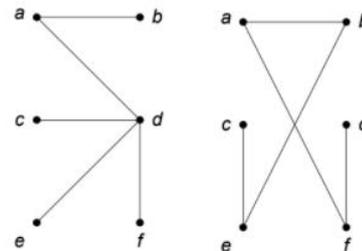
3. Graf Teratur

Graf teratur adalah graf yang tiap simpulnya memiliki derajat yang sama.

D. Pohon

1. Definisi

Pohon adalah graf tak berarah terhubung yang tidak memiliki sirkuit.



Gambar 13 Pohon

(sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 3.31 WIB)

Jika G adalah pohon dengan banyak simpul n , maka berlaku:

- Setiap simpul dalam G terhubung dengan lintasan tunggal
- G terhubung dan memiliki $n-1$ buah sisi
- G tidak mengandung sirkuit dan penambahan 1 sisi akan membuat 1 sirkuit

2. Pohon Merentang (Spanning Tree)

Pohon merentang merupakan pohon yang dibentuk dari suatu graf dengan memotong semua sirkuit yang ada. Setiap graf yang terhubung selalu dapat dibuat menjadi pohon merentang. Pohon merentang minimum adalah pohon merentang yang didapat dari pemutusan semua sirkuit sehingga total dari seluruh nilainya menjadi minimum.

3. Algoritma Prim

Untuk mendapatkan pohon merentang minimum dari suatu graf berbobot, dapat digunakan algoritma prim. Berikut adalah tahapan untuk melakukan algoritma prim :

- Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukkan ke dalam pohon T
- pilih sisi (u, v) yang berbobot minimum dan bersisian dengan simpul di T , tetapi (u, v) tidak membentuk sirkuit di T . Masukkan (u, v) ke dalam T
- Ulangi langkah b hingga seluruh simpul terhubung

```

procedure Prim(input G : graf, output T : pohon)
{ Membentuk pohon merentang minimum T dari graf terhubung-berbobot G.
Masukan: graf-berbobot terhubung G = (V, E), dengan |V|= n
Keluaran: pohon rentang minimum T = (V, E')
}
Deklarasi
i, p, q, u, v : integer
Algoritma
Cari sisi (p,q) dari E yang berbobot terkecil
T ← {(p,q)}
for i←1 to n-2 do
  Pilih sisi (u,v) dari E yang bobotnya terkecil namun
  bersisian dengan simpul di T
  T ← T ∪ {(u,v)}
endfor

```

Gambar 14 Algoritma Prim dalam notasi algoritmik
(sumber:<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 18.57 WIB)

E. Irigasi Pancaran

Irigasi pancaran merupakan salah satu bentuk irigasi modern yang mengimitasi terjadinya hujan. Irigasi pancaran ini memanfaatkan prinsip hukum pascal pada fisika, yaitu dengan menggunakan air bertekanan yang dialirkan ke dalam pipa. Pipa ini akan berujung pada pemancar, yang memiliki beberapa lubang untuk air keluar. Dengan adanya tekanan dari awal, maka air yang keluar akan dapat melambung tinggi yang kemudian turun layaknya hujan.



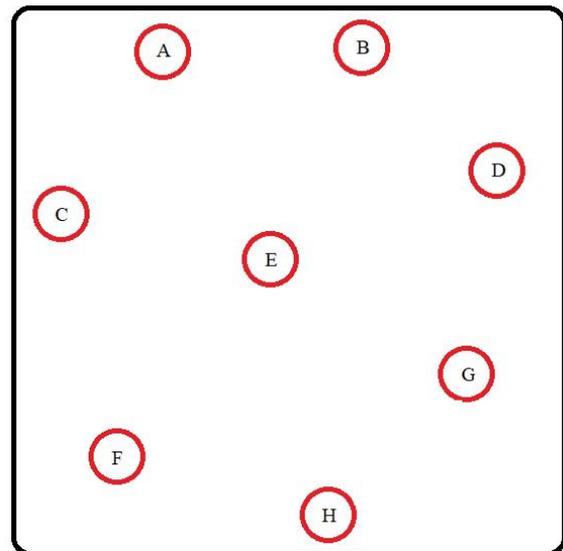
Gambar 15 irigasi pancaran
(sumber:<https://pujirahayu2017.wordpress.com/2017/01/10/teknologi-irigasi/> diakses pada 11 Desember 2020 pukul 20.17 WIB)

III. PENERAPAN POHON MERENTANG MINIMUM UNTUK MENENTUKAN SISTEM IRIGASI PANCARAN YANG EFISIEN

Diasumsikan terdapat sebuah lahan yang berukuran 10 m x 10 m. Diasumsikan juga terdapat 8 pemancar yang akan digunakan untuk mengairi lahan 100 m² ini dengan setiap pemancar memiliki kekuatan dan luas cakupan pengairan yang berbeda.

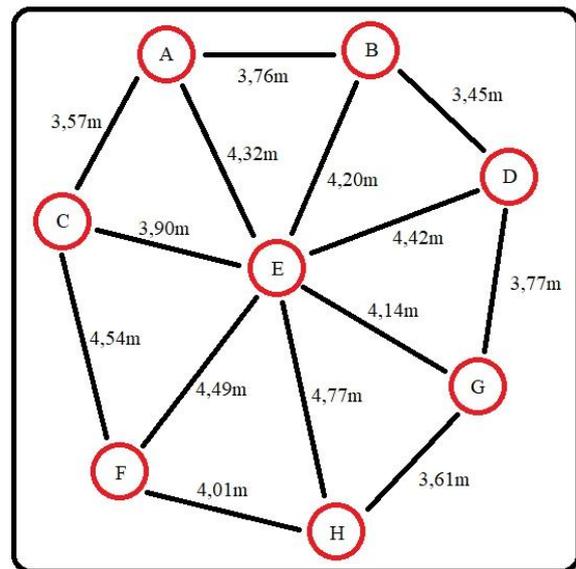
Setiap pemancar akan dilambangkan sebagai simpul. Penghubungan antar pemancar akan dilakukan dengan pipa yang akan dilambangkan sebagai sisi pada graf. Perhatikan karena pada akhirnya seluruh pemancar akan terhubung, maka

di pemancar manapun air akan dialirkan pertama kali, tidak akan terdapat masalah.



Gambar 16 Denah sawah dan peletakan pemancar
(sumber:Dibuat pribadi dengan menggunakan aplikasi paint)

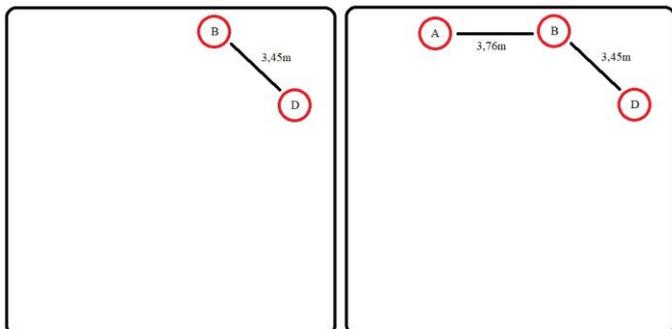
Misalkan 8 pemancar tersebut dilambangkan sebagai simpul A, B, C, D, E, F, G, dan H seperti pada Gambar 13. Untuk menentukan jalur air yang efisien maka pertama-tama mari kita hubungkan masing simpul menuju seluruh simpul lainnya sehingga terbentuk graf lengkap. Setelah graf lengkap dibuat, masukan nilai pada sisinya, yakni jarak antara pemancar ke pemancar lain.



Gambar 17 Denah sawah berbobot
(sumber:Dibuat pribadi dengan menggunakan aplikasi paint)

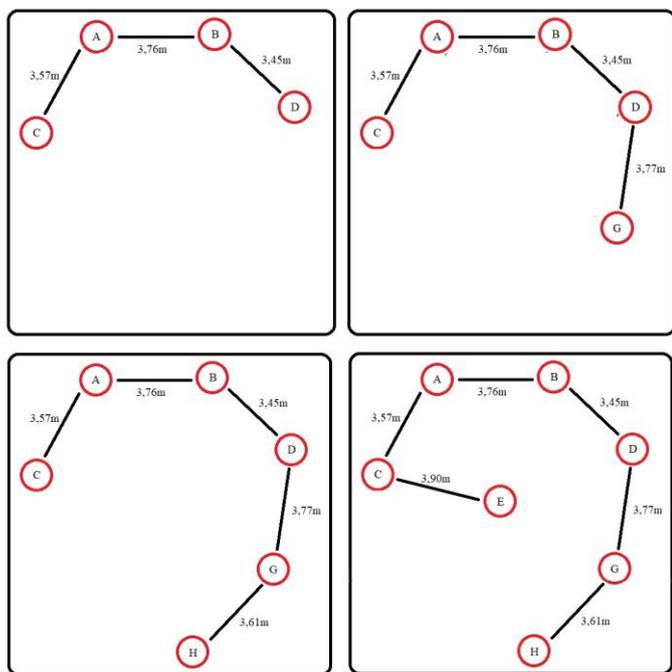
Setelah graf lengkap didapat, hapus setiap sisi yang melebihi 5m, namun tetap menjaga graf tetap terhubung. Penghapusan ini dilakukan hanya untuk memberikan gambar yang lebih jelas, dan tidak terlalu berantakan. Setelah penghapusan akan didapat graf seperti pada Gambar 14.

Setelah graf sudah terbentuk, maka sesuai algoritma prim, akan dipilih sisi yang merupakan sisi terpendek. Dalam hal ini akan dipilih sisi BD, lalu akan dipilih sisi terpendek yang bersisian dengan B atau D, dengan begitu akan didapat AB.

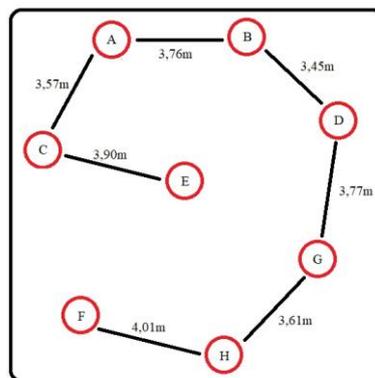


Gambar 18 Penerapan Algoritma Prim tahap 1 dan 2
(sumber:Dibuat pribadi dengan menggunakan aplikasi paint)

Setelah didapat simpul A, B, dan D yang sudah terhubung, algoritma prim akan dilanjutkan dengan memilih sisi yang berisian dengan A atau B atau D, sehingga didapat sisi AC. Dengan mengulangi langkah ini terus menerus, maka akan didapat hasil seperti pada Gambar 17.



Gambar 19 Penerapan Algoritma Prim tahap 3,4,5,6
(sumber:Dibuat pribadi dengan menggunakan aplikasi paint)



Gambar 20 Hasil Algoritma Prim
(sumber:Dibuat pribadi dengan menggunakan aplikasi paint)

Dengan demikian, didapat sebuah pohon merentang minimum dari denah prototipe sawah yang dibuat. Adapun total panjang sisi dari pohon minimum yang didapat adalah

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 3,90 + 3,57 + 3,76 + 3,45 + 3,77 + 3,61 + 4,01 \\ &= 26,07 \text{ meter} \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

Penerapan Pohon merentang minimum dapat meminimalisir harga dari sistem irigasi pancaran. Mengingat irigasi pancaran mengandalkan tekanan, maka panjang dari pipa yang seminimal mungkin sangat dibutuhkan agar tekanan tidak perlu terlalu besar. Panjang pipa yang minimum juga tentunya dapat mengurangi biaya pipa meskipun tidak signifikan.

Meski hasil dari penerapan teori pohon merentang minimum ini menghasilkan panjang pipa yang minimum, namun sebenarnya masih ada beberapa hal yang belum dipertimbangkan, salah satunya yang paling signifikan adalah konfigurasi pipa yang tidak lurus. Bila sudut dari pipa semakin lancip, maka hal ini akan menjadi masalah dikarenakan adanya tekanan air yang terbuang sia-sia. Semakin kecil sudut dari pipa yang terbentuk maka tekanan air akan semakin lemah sehingga menyebabkan pemanfaatan ini kurang efisien.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Semesta Alam yang atas rahmatnya telah mengijinkan penulis menyelesaikan makalah ini dengan baik dan tepat waktu.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, ST, M.Sc. Selaku dosen pengajar kelas 4 mata kuliah Matematika Diskrit yang sudah membimbing penulis hingga memahami materi perkuliahan khususnya pada teori graf.

Terimakasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. Selaku pemilik situs yang menyediakan berbagai macam ilmu bagi penulis. Terimakasih sekali lagi penulis sampaikan kepada orangtua dan keluarga yang sudah menyediakan berbagai macam kebutuhan dan inspirasi sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah.

REFERENCES

- [1] <https://pelayananpublik.id/2020/02/20/apa-itu-pertanian-manfaat-tujuan-hingga-jenisnya/> (diakses pada 11 Desember 2020 pukul 3.33 WIB)
- [2] <https://ulyadays.com/irigasi/#:~:text=Irigasi%20merupakan%20upaya%20yang%20dilakukan%20manusia%20untuk%20mengairi%20lahan%20pertanian.&text=Dengan%20demikian%20tujuan%20irigasi%20adalah.tanaman%20bisa%20tumbuh%20secara%20normal.> (diakses pada 11 Desember 2020 pukul 17.00 WIB)
- [3] <https://pujirahayu2017.wordpress.com/2017/01/10/teknologi-irigasi/> (diakses pada 11 Desember 2020 pukul 20.08 WIB)
- [4] <https://kumparan.com/techno-geek/7-jenis-irigasi-pertanian-1551409229979082332/full> (diakses pada 11 Desember 2020 pukul 20.08)
- [5] informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/matdis20-21.htm (diakses pada 9-11 Desember 2020)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Cirebon, 11 Desember 2020



Jonathan Richard Sugandhi 13519128