

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis mau memaksimalkan jaringan aliran listrik di Lubuk Pakam. Berdasarkan pada peta jaringan distribusi listrik di Lubuk Pakam dan daftar kapasitas masing-masing kabel dari PT. PLN (Persero) ULP Lubuk Pakam, maka diperoleh gambar graf atau jaringan dengan simpul sumbernya (gardu induk) ialah di Jl. Sultan Hasanuddin dan simpul sinknya ialah tiang listrik yang ke 17 di Jl. RA Kartini. Dari data yang diperoleh maka dapat di cari jaringan aliran listrik maksimum di Lubuk Pakam dengan menggunakan algoritma *ford-fulkerson*.

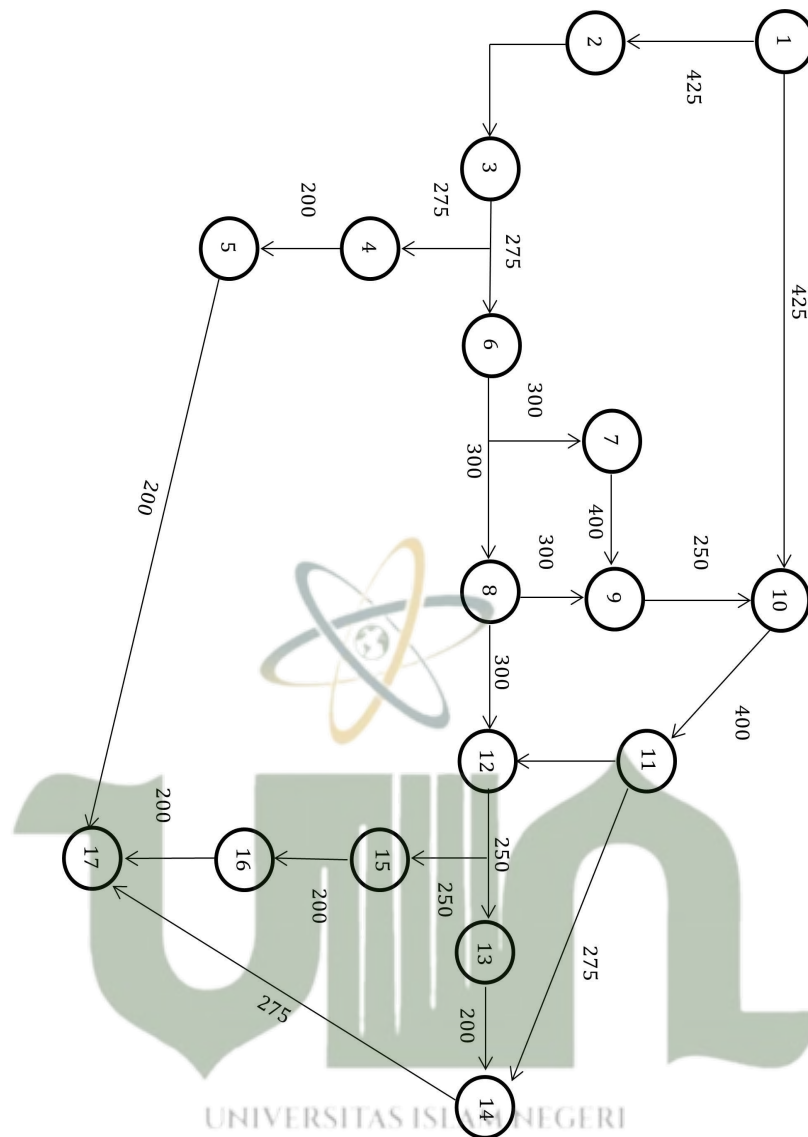
4.1.1 Gambar Jaringan Listrik Lubuk Pakam

Data yang diperoleh berupa peta jaringan yang diambil dari PT. PLN (Persero) ULP Lubuk Pakam. Dari data yang diambil dapat dibuat gambar dengan memiliki 17 simpul dan 21 sisi, dimana simpul melambangkan tiang listrik dan sisi melambangkan kabel yang menghubungkan antar kabel pada tiang listrik. Adapun gambar jaringan listrik beserta kapasitas pada masing-masing sisi ialah :

Keterangan Gambar :

v = Tiang listrik (Simpul)

e = Kapasitas kabel (Sisi)



Gambar 4.1 Jaringan Listrik Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam
(Sumber Data dari PT. PLN (Persero) ULP Lubuk Pakam)

4.1.2 Penentuan *Augmenting Path* dengan Menggunakan Algoritma *Ford-Fulkerson*

Augmenting path merupakan suatu lintasan yang terdapat pada jaringan. Dalam penentuan *augmenting path* pada algoritma *ford fulkerson* maka ditemukan aliran maksimum yang dimulai dari simpul awal yang merupakan simpul 1 menuju ke simpul akhir yang merupakan simpul 17.

Algoritma *ford-fulkerson* terdiri dari dua bagian yaitu, bagian pertama dimulai dengan proses inisialisasi dimana untuk setiap sisi diberikan aliran nol. Pada bagian kedua, pencarian *augmenting path* sampai tidak ada lagi *augmenting path*

yang ditemukan. Berikut akan dicari aliran maksimum pada permasalahan jaringan listrik di Lubuk Pakam dengan mengimplementasikan algoritma *ford-fulkerson*. Untuk memudahkan penyelesaian diberikan aliran nol pada setiap sisi. Distribusi awal aliran dianggap belum ada dan nilai aliran tidak boleh melebihi kapasitas aliran. Proses ini diulangi sampai tidak ada lagi rantai perubahan aliran, sehingga diperoleh aliran maksimum. Adapun iterasi nya yaitu :

1. 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 17
2. 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 9 - 10 - 11 - 14 - 17
3. 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 17
4. 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 9 - 10 - 11 - 12 - 15 - 16 - 17
5. 1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 9 - 10 - 11 - 14 - 17
6. 1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 17
7. 1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 15 - 16 - 17
8. 1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 12 - 13 - 14 - 17
9. 1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 12 - 15 - 16 - 17
10. 1 - 10 - 11 - 14 - 17
11. 1 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 17
12. 1 - 10 - 11 - 12 - 15 - 16 - 17

Langkah-langkah setiap iterasi pada jaringan listrik Lubuk Pakam ialah sebagai berikut :

1. Iterasi 1

Pada iterasi 1 *augmenting path* atau lintasan yang di lewati ialah 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 17

a. Inisialisasi arus

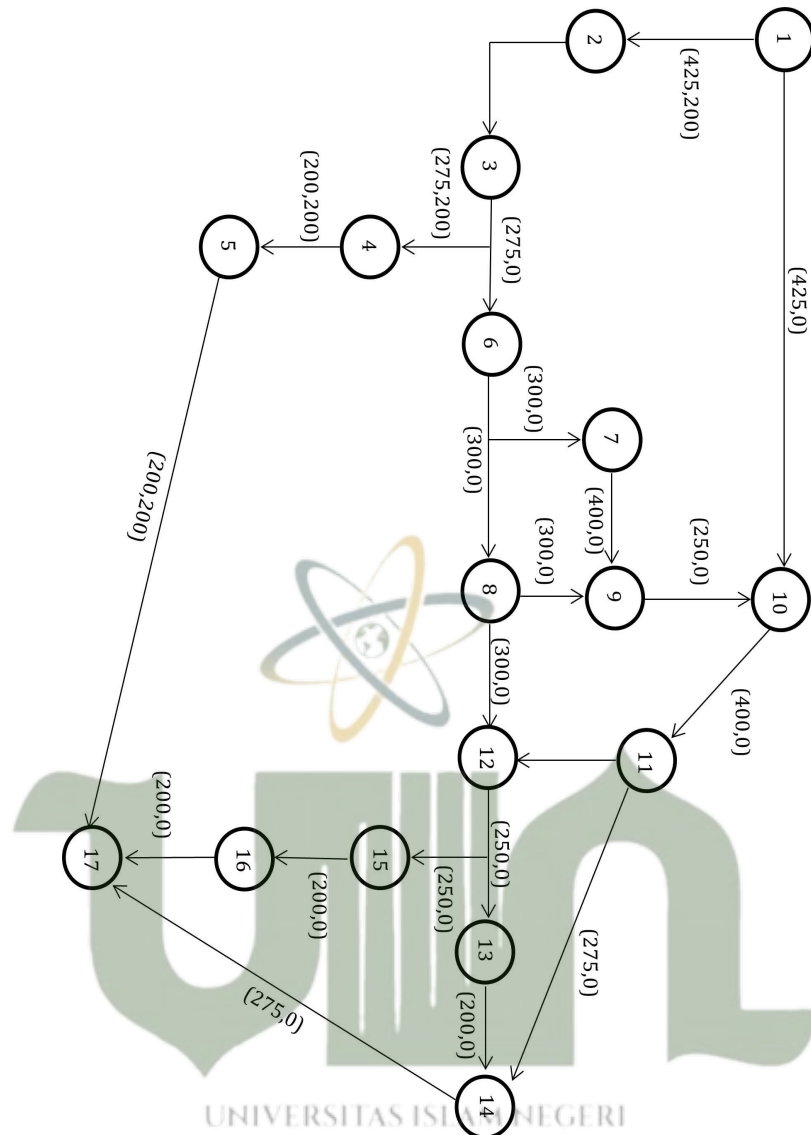
Untuk setiap sisi diberikan aliran nol

b. Simpul 1 diberi label $[-, \infty]$

- c. Sisi (i, j) atau $(1,2)$ termasuk *properly orriented*
- d. Simpul j diberi label $[i, \min(F_i, C_{ij} - F_{ij})] = [i, F_i]$,
Dimana, i adalah simpul 1, j adalah simpul 2, C_{ij} adalah kapasitas pada simpul 1
- e. Simpul 2 diberi label $[1, \min(\infty, 425 - 0)] = [1, 425]$
- f. Sisi $(2,3)$ termasuk *properly orriented*
- g. Simpul 3 diberi label $[2, \min(425, 425 - 0)] = [2, 425]$
- h. Sisi $(3,4)$ termasuk *properly orriented*
- i. Simpul 4 diberi label $[3, \min(425, 275 - 0)] = [3, 275]$
- j. Sisi $(4,5)$ termasuk *properly orriented*
- k. Simpul 5 diberi label $[4, \min(275, 200 - 0)] = [4, 200]$
- l. Sisi $(5,17)$ termasuk *properly orriented*
- m. Simpul 17 diberi label $[5, \min(200, 200 - 0)] = [5, 200]$

Simpul 17 telah berlabel, naikan arus sebesar 200 pada iterasi 1, dengan menggunakan langkah ke-5 pada algoritma *ford-fulkerson* yang terdapat di halaman 10 maka diperoleh $F_{(1,2)} = 0 + 200 = 200$, $F_{(2,3)} = 0 + 200 = 200$, $F_{(3,4)} = 0 + 200 = 200$, $F_{(4,5)} = 0 + 200 = 200$, $F_{(5,17)} = 0 + 200 = 200$.

Pada iterasi 1 terdapat sisi $(4,5)$ dan $(5,17)$ yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arus, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai arusnya. Oleh karena itu, setiap lintasan yang melalui sisi $(4,5)$ dan $(5,17)$ tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya. selanjutnya lanjut iterasi 2.



Gambar 4.2 Iterasi 1 Jaringan Listrik Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam

2. Iterasi 2

Pada iterasi 2 *augmenting path* atau lintasan yang di lewati ialah 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 9 - 10 - 11 - 14 - 17

a. Inisialisasi arus

Untuk setiap sisi diberikan aliran nol

b. Simpul 1 diberi label $[-, \infty]$

c. Sisi (1, 2) termasuk *properly orriented*

d. Simpul 2 diberi label $[1, \min(\infty, 425 - 200)] = [1, 225]$,

f. Sisi (2,3) termasuk *properly orriented*

g. Simpul 3 diberi label $[2, \min(225, 425 - 200)] = [2, 225]$

h. Sisi (3,6) termasuk *properly orriented*

i. Simpul 6 diberi label $[3, \min(225, 275 - 0)] = [3, 225]$

j. Sisi (6,7) termasuk *properly orriented*

k. Simpul 7 diberi label $[6, \min(225, 300 - 0)] = [6, 225]$

l. Sisi (7,9) termasuk *properly orriented*

m. Simpul 9 diberi label $[7, \min(225, 400 - 0)] = [7, 225]$

(a) Sisi (9,10) termasuk *properly orriented*

(b) Simpul 10 diberi label $[9, \min(225, 250 - 0)] = [9, 225]$

(c) Sisi (10,11) termasuk *properly orriented*

(d) Simpul 11 diberi label $[10, \min(225, 400 - 0)] = [10, 225]$

(e) Sisi (11,14) termasuk *properly orriented*

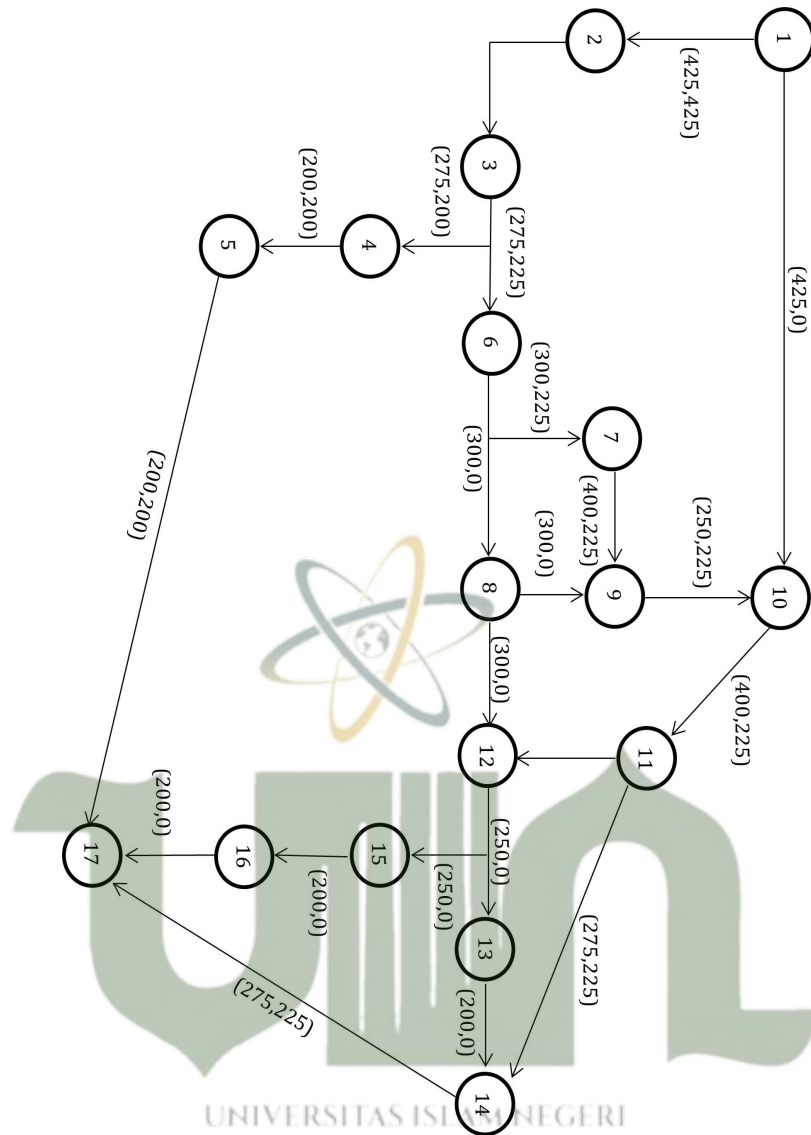
(f) Simpul 14 diberi label $[11, \min(225, 275 - 0)] = [11, 225]$

(g) Sisi (14,17) termasuk *properly orriented*

(h) Simpul 17 diberi label $[14, \min(225, 275 - 0)] = [14, 225]$

Simpul 17 telah berlabel, naikan arus sebesar 225 pada iterasi 2, sehingga diperoleh $F_{(1,2)} = 0 + 200 + 225 = 425$, $F_{(2,3)} = 0 + 200 + 225 = 425$, $F_{(3,6)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(6,7)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(7,9)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(9,10)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(10,11)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(11,14)} = 0 + 225 = 225$, $F_{(14,17)} = 0 + 225 = 225$.

Pada iterasi 2 terdapat sisi (1,2) dan (2,3) yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arus, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai arusnya. Oleh karena itu, setiap lintasan yang melalui sisi (1,2) dan (2,3) tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya. Jadi iterasi 3-9 tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya.



Gambar 4.3 Iterasi 2 Jaringan Listrik Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam

3. Iterasi 10

Pada iterasi 10 *augmenting path* atau lintasan yang di lewati ialah 1 - 10 - 11 - 14 - 17

a. Inisialisasi arus

Untuk setiap sisi diberikan aliran nol

b. Simpul 1 diberi label $[-, \infty]$

c. Sisi (1,10) termasuk *properly orriented*

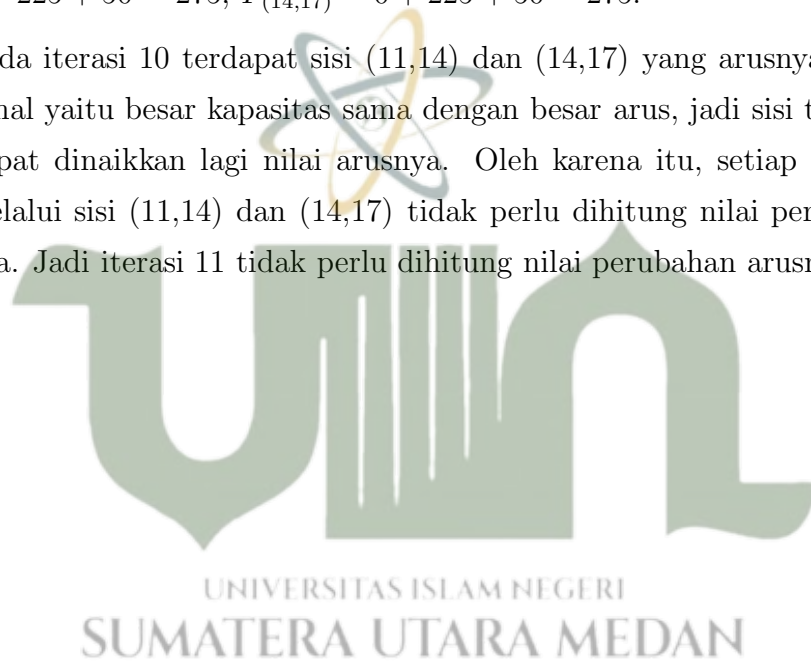
d. Simpul 10 diberi label $[1, \min(\infty, 425 - 0)] = [1, 425]$,

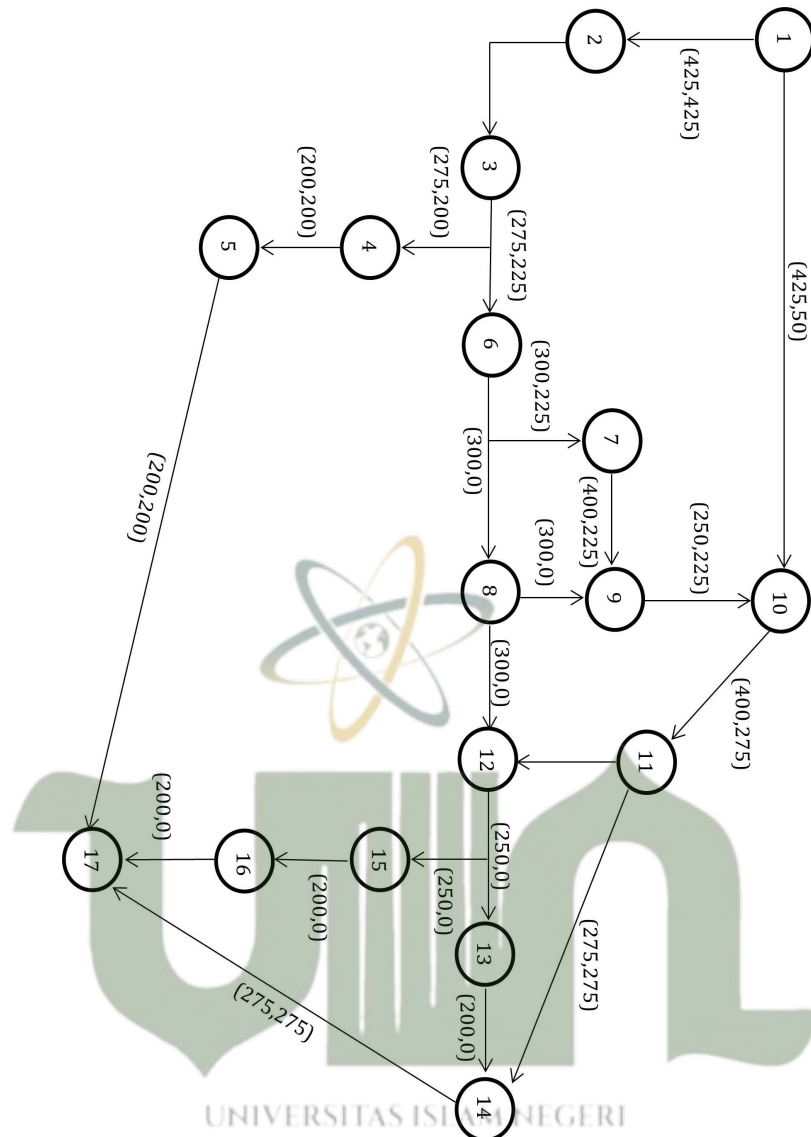
f. Sisi (10,11) termasuk *properly orriented*

- g. Simpul 11 diberi label $[10, \min(425, 400 - 225)] = [10, 175]$
- h. Sisi (11,14) termasuk *properly orriented*
- i. Simpul 14 diberi label $[11, \min(175, 275 - 225)] = [11, 50]$
- j. Sisi (14,17) termasuk *properly orriented*
- k. Simpul 17 diberi label $[14, \min(50, 275 - 225)] = [14, 50]$

Simpul 17 telah berlabel, naikan arus sebesar 50 pada iterasi 10, sehingga diperoleh $F_{(1,10)} = 0 + 50 = 50$, $F_{(10,11)} = 0 + 225 + 50 = 275$, $F_{(11,14)} = 0 + 225 + 50 = 275$, $F_{(14,17)} = 0 + 225 + 50 = 275$.

Pada iterasi 10 terdapat sisi (11,14) dan (14,17) yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arus, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai arusnya. Oleh karena itu, setiap lintasan yang melalui sisi (11,14) dan (14,17) tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya. Jadi iterasi 11 tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya.





Gambar 4.4 Iterasi 10 Jaringan Listrik Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam

4. Iterasi 12

Pada iterasi 12 *augmenting path* atau lintasan yang di lewati ialah 1 - 10 - 11 - 12 - 15 - 16 - 17

a. Inisialisasi arus

Untuk setiap sisi diberikan aliran nol

b. Simpul 1 diberi label $[-, \infty]$

c. Sisi (1,10) termasuk *properly orriented*

d. Simpul 10 diberi label $[1, \min(\infty, 425 - 50)] = [1, 375]$,

f. Sisi (10,11) termasuk *properly orriented*

g. Simpul 11 diberi label $[10, \min(375, 400 - 275)] = [10, 125]$

h. Sisi (11,12) termasuk *properly orriented*

i. Simpul 12 diberi label $[11, \min(125, 275 - 0)] = [11, 125]$

j. Sisi (12,15) termasuk *properly orriented*

k. Simpul 15 diberi label $[12, \min(125, 250 - 0)] = [12, 125]$

(a) Sisi (15,16) termasuk *properly orriented*

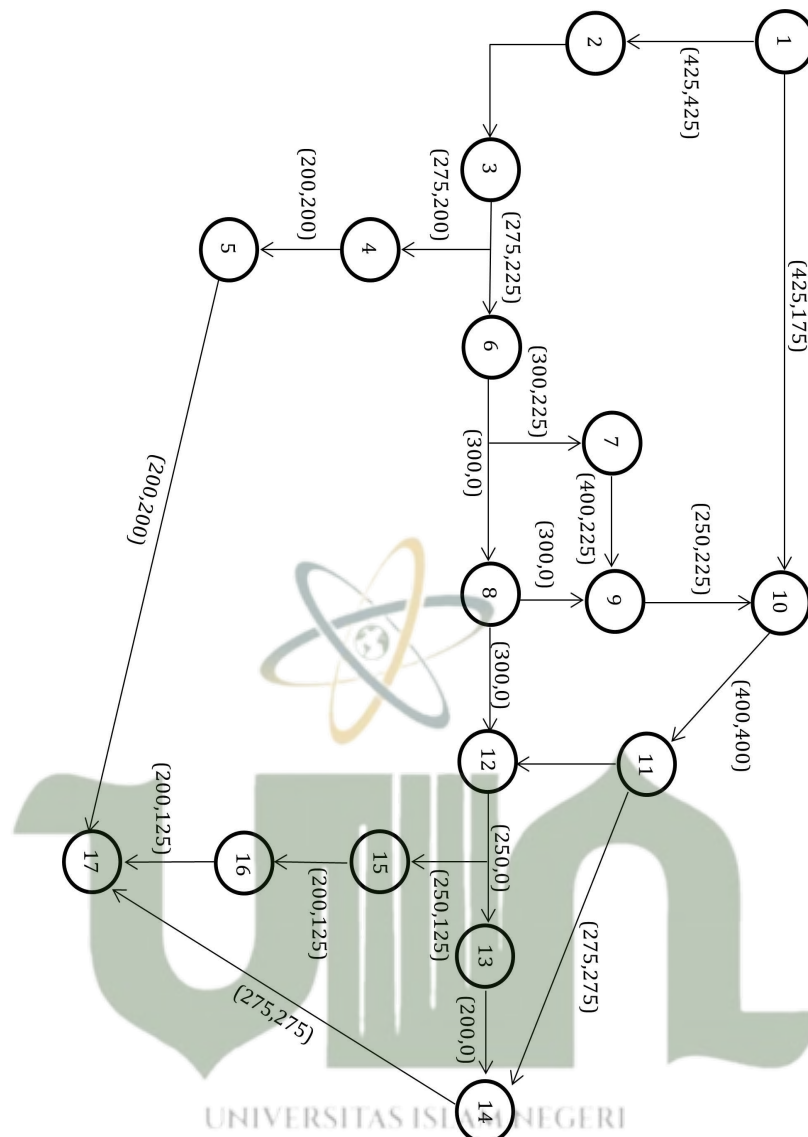
(b) Simpul 16 diberi label $[15, \min(125, 200 - 0)] = [15, 125]$

(c) Sisi (16,17) termasuk *properly orriented*

(d) Simpul 17 diberi label $[16, \min(125, 200 - 0)] = [16, 125]$

Simpul 17 telah berlabel, naikkan arus sebesar 125 pada iterasi 12, sehingga diperoleh $F_{(1,10)} = 0 + 50 + 125 = 175$, $F_{(10,11)} = 0 + 275 + 125 = 400$, $F_{(11,12)} = 0 + 125 = 125$, $F_{(12,15)} = 0 + 125 = 125$, $F_{(15,16)} = 0 + 125 = 125$, $F_{(16,17)} = 0 + 125 = 125$.

Karena sudah tidak ada lagi lintasan atau augmenting path, maka aliran maksimum sudah ditemukan sebesar $F_{(5,17)} + F_{(14,17)} + F_{(16,17)} = 200 + 275 + 125 = 600$.



Gambar 4.5 Iterasi 12 Jaringan Listrik Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam

4.2 Pembahasan

Dari penerapan algoritma *ford-fulkerson* maka diperoleh aliran maksimum di Jl. Hasanuddin - Jl. Kartini Lubuk Pakam sebesar 600 Ampere. penentuan ini diperoleh melalui gambar jaringan listrik di Lubuk Pakam yang dimulai dari simpul 1 sampai simpul 17. Sehingga didapat *augmenting path* atau lintasannya untuk mendapatkan nilai maksimum dengan menerapkan algoritma *ford-fulkerson*.

Implementasi algoritma *ford-fulkerson* dimulai dengan langkah pertama pencarian *augmenting path* sampai *augmenting path* atau lintasan tidak ditemukan lagi. Selanjutnya, pemberian inisialisasi, dimana proses ini untuk setiap sisinya diberikan aliran nol. Langkah ketiga, pemeriksaan sisi yang termaksud *properly*

oriented, dimana *properly oriented* ini merupakan sisi yang memiliki arus yang searah, apabila sisi j diberi label $[a_j, b_j]$ dimana $a_j = i$, $b_j = \min(F_j, C_{ij} - F_{ij})$. Kemudian, sisi yang arusnya sudah maksimal maka lintasan yang melewati sisi tidak perlu di hitung nilai perubahan arusnya.

1. Hasil iterasi 1 dari penentuan *augmenting path* dengan lintasan yang dilewati ialah 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6. Pada iterasi 1 diperoleh kenaikan arus sebesar 200 Ampere pada setiap sisinya. Sisi (1,2) yang terdapat pada arus ialah 200 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (2,3) yang terdapat pada arus ialah 200 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (3,4) yang terdapat pada arus ialah 200 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Sisi (4,5) yang terdapat pada arus ialah 200 Ampere dengan kapasitas awal 200 Ampere. Sisi (5,17) yang terdapat pada arus ialah 200 Ampere dengan kapasitas awal Ampere. Pada iterasi 1 terdapat sisi (4,5) dan (5,17) yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arus, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai perubahan arusnya dan sisinya tidak bisa dilewati lagi.
2. Hasil iterasi 2 dari penentuan *augmenting path* dengan lintasan yang dilewati ialah 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 9 - 10 - 11 - 14 - 17. Pada iterasi 2 diperoleh kenaikan arus sebesar 225 Ampere pada setiap sisinya. Sisi (1,2) yang terdapat pada arus ialah 425 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (2,3) yang terdapat pada arus ialah 425 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (3,6) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Sisi (6,7) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 300 Ampere. Sisi (7,9) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 400 Ampere. Sisi (9,10) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 250 Ampere. Sisi (10,11) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 400 Ampere. Sisi (11,14) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Sisi (14,17) yang terdapat pada arus ialah 225 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Pada iterasi 2 terdapat sisi (1,2) dan (2,3) yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arus, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai arusnya. Oleh karena itu, setiap lintasan yang melalui sisi (1,2) dan (2,3) tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya. Jadi iterasi 3-9 tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya.

3. Hasil iterasi 10 dari penentuan *augmenting path* dengan lintasan yang dilewati ialah 1 - 10 - 11 - 14 - 17. Pada iterasi 10 diperoleh kenaikan arus sebesar 50 Ampere. Sisi (1,10) yang terdapat pada arus ialah 50 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (10,11) yang terdapat pada arus ialah 275 Ampere dengan kapasitas awal 400 Ampere. Sisi (11,14) yang terdapat pada arus ialah 275 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Sisi (14,17) yang terdapat pada arus ialah 275 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Pada iterasi 10 terdapat sisi (11,14) dan (14,17) yang arusnya sudah maksimal yaitu besar kapasitas sama dengan besar arys, jadi sisi tersebut tidak dapat dinaikkan lagi nilai arusnya. Oleh karena itu, setiap lintasan yang melalui sisi (11,14) dan (14,17) tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya. Jadi iterasi 11 tidak perlu dihitung nilai perubahan arusnya.
4. Hasil iterasi 12 dari penentuan *augmenting path* dengan lintasan yang dilewati ialah 1 - 10 - 11 - 12 - 15 - 16 - 17. Pada iterasi 12 diperoleh kenaikan arus sebesar 125 Ampere. Sisi (1,10) yang terdapat pada arus ialah 175 Ampere dengan kapasitas awal 425 Ampere. Sisi (10,11) yang terdapat pada arus ialah 400 Ampere dengan kapasitas awal 400 Ampere. Sisi (11,12) yang terdapat pada arus ialah 125 Ampere dengan kapasitas awal 275 Ampere. Sisi (12,15) yang terdapat pada arus ialah 125 Ampere dengan kapasitas awal 250 Ampere. Sisi (15,16) yang terdapat pada arus ialah 125 Ampere dengan kapasitas awal 200 Ampere. Sisi (16,17) yang terdapat pada arus ialah 125 Ampere dengan kapasitas awal 200 Ampere.

Sehingga sudah tidak ditemukan lagi *augmenting path*, maka diperoleh aliran maksimum sebesar $F_{(5,17)} + F_{(14,17)} + F_{(16,17)} = 200 + 275 + 125 = 600A$.