

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengoperasian Aliran Daya Sebelum Interkoneksi

Pembuatan diagram satu garis berdasarkan data yang telah diperoleh dari perusahaan. Selanjutnya data yang telah diperoleh perusahaan dibuatkan dalam bentuk *single line diagram* di aplikasi ETAP 12.6. Sistem operasi pada PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap memiliki dua sistem lokasi pengoperasian berbeda, area *existing* dan RFCC. Masing-masing lokasi menggunakan pembangkit listrik tenaga uap milik perusahaan yang memiliki kapasitas sebesar 112 MW untuk area *existing* dan 45 MW untuk area RFCC dengan tegangan yang sama yaitu 13,8 kV. Di tahap ini pengoperasian aliran daya sebelum interkoneksi untuk melihat daya generator yang dibangkitkan, *losses*, power faktor dan nantinya variabel tersebut akan dibandingkan setelah interkoneksi dilakukan.

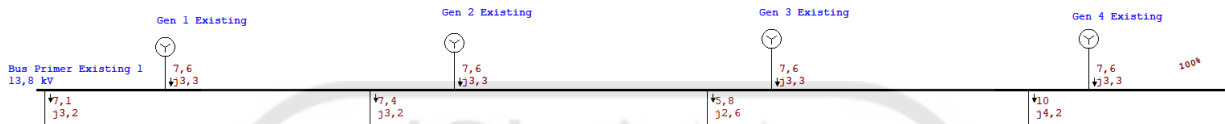
4.2 Daya Generator Yang Dibangkitkan Normal

Setelah pengoperasian simulasi aliran daya sebelum interkoneksi dimasing-masing pembangkit di wilayah *existing* dan RFCC untuk mengetahui karakteristik yang dibangkitkan generator untuk memenuhi permintaan beban. Studi aliran daya ini bisa mengetahui daya nyata (watt), daya semu (VA), dan daya reaktif (VAR). Tegangan generator yang dihasilkan untuk membangkitkan daya berkapasitas 4X8 MW dan 4X20 MW di wilayah *existing* dan 3X15 MW area RFCC sebesar 13,8 kV. Berikut data generator yang dioperasikan di PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap sebelum interkoneksi antara *existing* dan RFCC.

Tabel 4.1 Rating generator sebelum interkoneksi

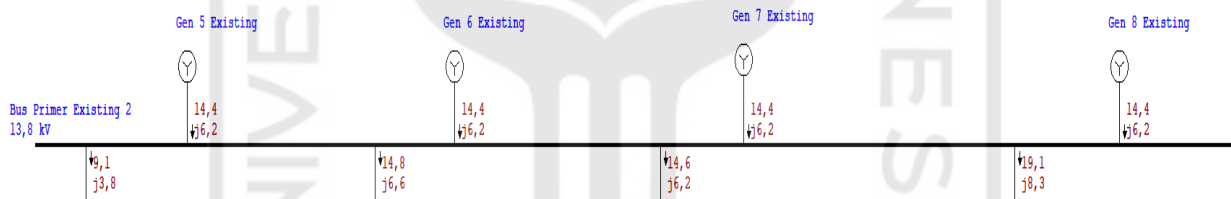
No	Lokasi	Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,593	96,50
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,593	96,50
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,593	96,50

Melalui data yang ditampilkan pada Tabel 4.1 terlihat nilai daya pembangkitan yang dibangkitkan dimasing-masing pembangkit di kedua wilayah untuk memenuhi permintaan beban yang terkoneksi dengan sistem. Untuk area *existing* pada generator *existing 1*, *existing 2*, *existing 3*, dan *existing 4* dengan kapasitas pembangkit 8 MW terhubung di Bus Primer *existing 1* seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 membangkitkan daya *output* sebesar 30,272 MW, 13,156 MVAR, dan 33,2 MVA yang terhubung dengan bus primer *existing 1*.



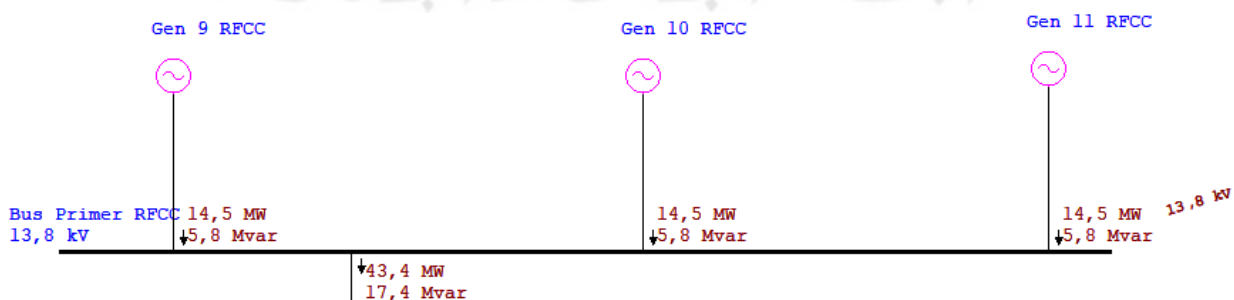
Gambar 4.1 Pembangkit generator di bus primer *existing 1*

Bus Primer *Existing 2* yang terhubung dengan 4 generator berkapasitas 20 MW yang terhubung dengan bus 1, bus 2, bus 3, dan bus 4 menghasilkan *output* seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.1. Terlihat pada lokasi pembangkit *existing 5*, *existing 6*, *existing 7* dan *existing 8* pada Tabel 4.1 Rating generator sebelum interkoneksi menghasilkan *output* total sebesar 57,548 MW, 24,884 MVAR, dan 62,8 MVA yang terhubung dengan bus primer *existing 2* seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pembangkit generator di bus primer *existing 2*

Terlihat pada lokasi pembangkit di area RFCC 9, RFCC 10, dan RFCC 11 daya yang dibangkitkan oleh generator tampak pada Gambar 4.3 memiliki 3 pembangkit berkapasitas masing-masing 15 MW membangkitkan *output* daya aktif sebesar 43,428 MW, daya reaktif 17,385 MVAR, dan daya semu sebesar 46,779 MVA yang di *supply* oleh generator RFCC.



Gambar 4.3 Pembangkit RFCC terhubung dengan bus primer RFCC

4.3 Scheduling Daya Generator Yang Dibangkitkan Sebelum Interkoneksi

4.3.1 Satu Generator RFCC 15 MW Off

Studi kasus ini apabila pembangkit di RFCC mengalami perbaikan dan tidak adanya *backup* daya untuk memenuhi permintaan beban yang ada. Terlihat pada Tabel 4.2 mengalami perbaikan sehingga dua generator RFCC masing-masing mengalami peningkatan kinerja operasional daya aktif *overload* hingga 144,76% yang apabila terjadi dilapangan maka akan otomatis *trip* karena ketidakmampuan generator memenuhi permintaan beban.

Tabel 4.2 Rating satu generator RFCC 15 MW off

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 Existing	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
6	Gen 6 Existing	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
7	Gen 7 Existing	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
8	Gen 8 Existing	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
9	Gen 9 RFCC	15	13,8					
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	21,714	8,693	23,4	144,76
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	21,714	8,693	23,4	144,76

4.3.2 Satu Generator Existing 20 MW Off

Studi kasus yang kedua yaitu apabila generator 8 *existing* 20 MW mengalami *maintenance* dan belum adanya interkoneksi dengan area RFCC dan terlihat pada Tabel 4.3 area *existing* 4X20 MW masih terpenuhinya permintaan beban di masing-masing area dengan peningkatan daya pembangkitan sebesar 24%.

Tabel 4.3 Rating satu generator *existing* 20 MW *off*

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8					
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667

4.3.3 Satu Generator *Existing* 20 MW dan RFCC 15 MW *Off*

Satu generator masing-masing area *existing* 20 MW dan RFCC 15 MW mengalami *maintenance*. Asumsi dua generator dalam keadaan *off* yaitu Gen 8 *Existing* dan Gen 9 RFCC. Terlihat pada Tabel 4.4 untuk area *existing* masih bisa memenuhi permintaan beban akan tetapi di area RFCC mengalami peningkatan di kedua pembangkit yaitu Gen 10 RFCC dan Gen 11 RFCC sebesar 144,76% dimasing-masing pembangkit.

Tabel 4.4 Rating generator *existing* 20 MW dan RFCC 15 MW *off*

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	19,182	8,295	20,9	95,91
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8					
9	Gen 9 RFCC	15	13,8					
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	21,714	8,693	23,4	144,76
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	21,714	8,693	23,4	144,76

4.3.4 Dua Generator *Existing* 8 MW Off

Asumsi bahwa Gen 1 *Existing* dan Gen 2 *Existing* mengalami perbaikan sehingga tidak bisa beroperasi terlebih dahulu dan seperti tampak pada Tabel 4.5 terjadi kenaikan persentase daya aktif sebesar 189,1875% di Gen 3 *Existing* dan Gen 4 *Existing*.

Tabel 4.5 Rating dua generator *existing* 8 MW off

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8					
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8					
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	15,135	6,578	16,5	189,1875
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	15,135	6,578	16,5	189,1875
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667

4.3.5 Dua Generator *Existing* 20 MW Off

Tabel 4.6 Rating dua generator *existing* 20 MW off

No.	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	28,774	12,442	31,3	143,87
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	28,774	12,442	31,3	143,87
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8					
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8					
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667

Asumsi Gen 7 *Existing* dan Gen 8 *Existing* dalam keadaan tidak beroperasi sehingga Bus Primer *Existing* 2 yang terlihat pada Gambar 4.2 hanya disuplai oleh dua generator yaitu Gen 5

Existing dan Gen 6 *Existing* tampak pada Tabel 4.6 beban yang seharusnya didistribusikan oleh keempat generator hanya di suplai oleh dua generator akibatnya terjadi peningkatan persentase daya aktif sebesar 143,87% di kedua pembangkit Gen 5 *Existing* dan Gen 6 *Existing*.

4.3.6 Tiga Generator *Existing* 8 MW Off

Tabel 4.7 Rating tiga generator *existing* 8 MW off

No.	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8					
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8					
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8					
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	30,271	13,157	33	378,3875
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	14,387	6,221	15,7	71,935
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,476	5,795	15,6	96,50666667

Asumsi bahwa ada tiga generator di area *existing* mengalami perbaikan sehingga hanya satu generator yang terhubung dengan Bus Primer *Existing* 1 seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 apabila beban yang terhubung tetap meminta penyaluran daya seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 yaitu Gen 4 *Existing* beroperasi melebihi kemampuan *overload* menjadi 378,4% yang sudah pasti tidak mungkin dilakukan karena *overload*.

4.4 Pengoperasian Aliran Daya Setelah Interkoneksi

Sistem operasi pada PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap memiliki sistem tenaga yang berada pada area *existing* dan area RFCC. Area tersebut memiliki sistem tenaga yang beroperasi secara terpisah untuk memenuhi permintaan beban yang terpasang pada masing-masing area. Untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan di PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap dilakukanlah studi keandalan sistem aliran daya interkoneksi di dua sistem pembangkit tersebut. Pengoperasian sistem tenaga setelah diinterkoneksi di kedua area *existing* dan RFCC sebagai peningkatan keandalan sistem agar saling *support* untuk menjaga kestabilan aliran daya saat adanya perawatan berkala peralatan sistem tenaga. Pembangkit sistem tenaga di sistem RFCC dari

tiga pembangkit salah satunya mengalami perawatan berkala sehingga dua pembangkit yang beroperasi dan agar permintaan suplai beban tetap terpenuhi maka sistem tenaga di area *existing* membantu menyuplai daya yang kurang dari sistem pembangkitan yang ada di RFCC.

4.5 Daya Generator Yang Dibangkitkan Setelah Interkoneksi

4.6 Studi Kasus Daya Generator Yang Dibangkitkan Setelah Interkoneksi

4.6.1 Satu Generator RFCC Off

Setelah pengoperasian simulasi aliran daya interkoneksi dilakukan di kedua sistem pembangkit diketahui karakteristik generator di kedua sistem tersebut dalam memenuhi permintaan beban. Terlihat pada

Tabel 4.8 diperoleh data dari hasil sistem yang telah terinterkoneksi sehingga beban pada

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
6	Gen 6 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
7	Gen 7 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
8	Gen 8 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	0	0	0	0	0
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	13,09	5,269	14,1	87,26666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	13,09	5,269	14,1	87,26666667

area RFCC di *support* oleh pembangkit dari area *existing* 4X20 MW untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga. Terjadi peningkatan total *output* daya aktif, reaktif, semu dan PF pada generator *existing* 5, *existing* 6, *existing* 7, dan *existing* 8 yaitu sebesar 74,776 MW, 31,728 MVAR, 81,2 MVA dan kenaikan persentase daya aktif masing-masing generator tersebut sebesar 93,47% dari sebelum interkoneksi persentasenya yaitu 71,935% terdapat selisih kenaikan persentase sebesar 21,53%. Selanjutnya pada bus primer *existing* 2 terjadi kenaikan *output* daya disebabkan karena kabel interkoneksi 2 yang menghubungkan bus primer *existing* 2 yang menghantarkan aliran daya aktif sebesar 17,5 MW dan daya reaktif sebesar 7 MVAR menuju sistem kelistrikan RFCC.

Tabel 4.8 Rating satu generator RFCC 15 MW *off* interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
6	Gen 6 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
7	Gen 7 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
8	Gen 8 Existing	20	13,8	92,1	18,694	7,932	20,3	93,47
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	0	0	0	0	0
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	13,09	5,269	14,1	87,26666667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	13,09	5,269	14,1	87,26666667

Tidak beroperasinya pembangkit Gen 9 RFCC maka menghasilkan pengurangan total daya pembangkitan pada generator RFCC 10, dan RFCC 11 untuk daya aktif sebesar 26,2 MW, daya reaktif 10,6 MVAR, dan daya semu sebesar 28,2 MVA. Terjadi pengurangan daya aktif pada pembangkitan sistem RFCC dengan selisih daya aktif 17,23 MW, daya reaktif 6,847 MVAR, dan daya semu sebesar 18,579 MVA. Selisih daya tersebut terjadi disebabkan terinterkoneksinya sistem kelistrikan di kedua area dengan kabel interkoneksi 2 yang menyuplai antara bus *swing* primer *existing* 2 dan bus 10 di RFCC, dan disuplai juga dari bus 8 di *existing* dengan kabel interkoneksi 1 menuju bus 10 di RFCC.

4.6.2 Satu Generator Existing 20 MW Off

Tabel 4.9 Rating satu generator *existing* 20 MW *off* interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 Existing	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 Existing	20	13,8	91,8	19,61	8,438	21,3	98,05
6	Gen 6 Existing	20	13,8	91,8	19,61	8,438	21,3	98,05
7	Gen 7 Existing	20	13,8	91,8	19,61	8,438	21,3	98,05
8	Gen 8 Existing	20	13,8					0
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333

Selanjutnya perhatikan pada Tabel 4.9 asumsi satu unit generator di *existing* 20 MW mengalami perbaikan sehingga harus dimatikan. Asumsi bahwa Gen 8 *Existing* tidak beroperasi. Bus interkoneksi 1 yang menghantarkan daya aktif dan daya reaktif sebesar 1,3 MW dan 0,4 MVAR menuju area RFCC mengurangi tingkat kinerja daya aktif pada generator RFCC menjadi 2,85%. Peningkatan daya aktif pada area *existing* 2 setelah dilakukan interkoneksi menjadi sebesar 2,14%. Walaupun pembangkit Gen 8 *Existing* dalam keadaan mati tetapi masih bisa menyuplai daya kebutuhan beban di *existing* sendiri dan juga bisa menyalurkan ke area RFCC.

4.6.3 Satu Generator *Existing* 20 MW Dan RFCC 15 MW *Off*

Tabel 4.10 Rating generator *existing* 20 MW dan RFCC 15 MW *off* interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	7,568	3,289	8,3	94,6
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,9	19,61	8,438	21,3	98,05
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,9	19,61	8,438	21,3	98,05
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,9	19,61	8,438	21,3	98,05
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8					0
9	Gen 9 RFCC	15	13,8					0
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	21,073	8,478	22,7	140,4866667
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	21,073	8,478	22,7	140,4866667

Studi kasus selanjutnya yaitu apabila kedua generator di area *existing* dan RFCC mengalami perbaikan sehingga dua generator mati seperti yang terlihat pada Tabel 4.10. Gen 8 *Existing* dan Gen 9 RFCC mengalami perbaikan sehingga harus dalam keadaan *off*. Dilakukan interkoneksi *existing* dengan RFCC menggunakan kabel interkoneksi 1 tidak terlalu membantu dalam menyuplai daya ke beban karena besarnya daya yang dibutuhkan di area RFCC hingga mengalami

peningkatan sebesar 144,78% untuk Gen 10 RFCC dan Gen 11 RFCC. Untuk bisa tetap mengoperasikan generator di area RFCC maka perlu dikurangi beban yang terhubung dengan pembangkit RFCC.

4.6.4 Dua Generator *Existing* 8 MW Off

Selanjutnya perhatikan **Error! Not a valid bookmark self-reference.** apabila dua generator mati yaitu Gen 1 *Existing* dan Gen 2 *Existing*. Dua generator yang mati ini tidak bisa menyuplai daya ke beban mendapat bantuan cadangan daya yang berasal dari generator *existing* 4X20 MW. Bus 1 dan Bus 4 dihubungkan dengan *swing* Bus Primer *Existing* 2 yang menyalurkan daya semu sebesar 8,4 Mva untuk bus 1 dan 10,9 Mva untuk bus 4. Generator 4X8 MW yang terhubung pada *swing* bus *existing* 1 terbantu dengan adanya suplai dari pembangkit *existing* 2 dengan kapasitas 4X20 MW menurunkan tingkat daya aktif pada generator setelah interkoneksi menjadi sebesar 82,5% per masing-masing pembangkit di *existing* 1. Dengan bantuan suplai daya dari *swing* bus primer *existing* 2 bisa dikatakan bahwa sistem tersebut andal.

Tabel 4.11 Rating dua generator *existing* 8 MW off interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8					
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8					
3	Gen 3 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	6,6	2,879	7,2	82,5
4	Gen 4 <i>Existing</i>	8	13,8	91,7	6,6	2,879	7,2	82,5
5	Gen 5 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	18,975	8,178	20,7	94,875
6	Gen 6 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	18,975	8,178	20,7	94,875
7	Gen 7 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	18,975	8,178	20,7	94,875
8	Gen 8 <i>Existing</i>	20	13,8	91,8	18,975	8,178	20,7	94,875
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333

4.6.5 Dua Generator *Existing* 20 MW Off

Tabel 4.12 Rating dua generator *existing* 20 MW off interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 <i>Existing</i>	8	13,8	91,8	9,833	4,241	10,7	122,9125
2	Gen 2 <i>Existing</i>	8	13,8	91,8	9,833	4,241	10,7	122,9125

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
3	Gen 3 Existing	8	13,8	91,8	9,833	4,241	10,7	122,9125
4	Gen 4 Existing	8	13,8	91,8	9,833	4,241	10,7	122,9125
5	Gen 5 Existing	20	13,8	91,8	24,884	10,753	27,1	124,42
6	Gen 6 Existing	20	13,8	91,8	24,884	10,753	27,1	124,42
7	Gen 7 Existing	20	13,8					
8	Gen 8 Existing	20	13,8					
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333

Perhatikan Tabel 4.12 dua generator di *existing* 20 MW dalam keadaan tidak beroperasi dan bus 5 diinterkoneksi dengan *swing* bus primer *existing* 1. Daya aktif sebesar 9,1 MW dan daya reaktif sebesar 3,8 MVAR yang disuplai oleh Bus Primer *Existing* 1 meningkatkan daya aktif pembangkitan 4X8 MW meningkat menjadi 122,9% yang sebelum diinterkoneksi masih 94,6%. Dalam hal ini interkoneksi dengan pembangkit *existing* 1 masih belum baik, pengurangan beban pada *existing* 2 bisa menjadi solusi apabila dua pembangkit mengalami perbaikan dikarenakan sudah dilakukan interkoneksi masih belum membantu maka dari itu sistem ini belum cukup andal setelah dilakukannya interkoneksi.

4.6.6 Tiga Generator *Existing* 8 MW Off

Tabel 4.13 Rating tiga generator *existing* 8 MW off interkoneksi

No	Lokasi	Rating Daya Generator (MW)	Tegangan (kV)	%PF	MW	MVAR	MVA	% Daya Pembangkitan
1	Gen 1 Existing	8	13,8					
2	Gen 2 Existing	8	13,8					
3	Gen 3 Existing	8	13,8					
4	Gen 4 Existing	8	13,8	92,2	9,996	4,189	10,8	124,95
5	Gen 5 Existing	20	13,8	91,8	19,776	8,57	21,6	98,88
6	Gen 6 Existing	20	13,8	91,8	19,776	8,57	21,6	98,88
7	Gen 7 Existing	20	13,8	91,8	19,776	8,57	21,6	98,88
8	Gen 8 Existing	20	13,8	91,8	19,776	8,57	21,6	98,88
9	Gen 9 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
10	Gen 10 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333
11	Gen 11 RFCC	15	13,8	92,8	14,048	5,652	15,1	93,65333333

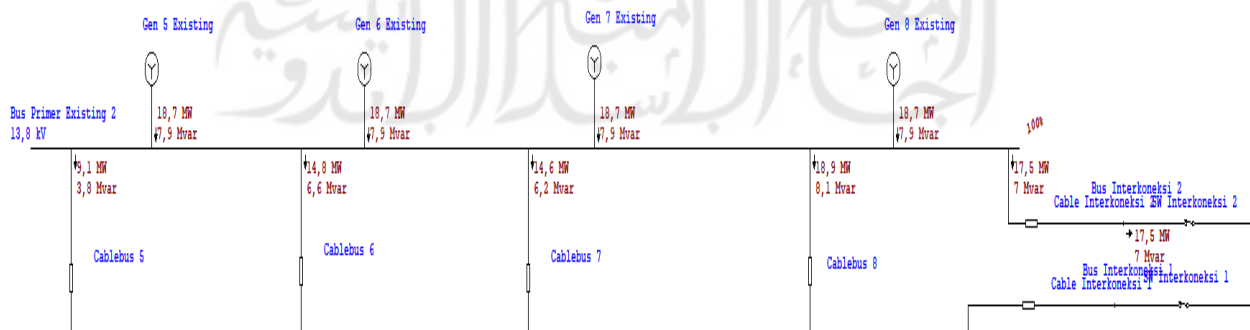
Perhatikan Tabel 4.13 asumsi tiga pembangkit Gen 1 *Existing*, Gen 2 *Existing*, Gen 3 *Existing off*. Pembangkit yang terhubung dengan Bus Primer *Existing* menyuplai beban yang terhubung dengan bus 1, bus 2, bus 3 dengan daya aktif yang disuplai yaitu 7,6 MW, 7,4 MW, 5,8 MW. Setelah diinterkoneksikan Gen 4 mengalami penurunan persentase daya aktif sebesar 124,95% yang sebelum diinterkoneksikan persentase dayanya sebesar 378,4%. Penurunan nilai tersebut baik dari sisi persentase daya aktifnya akan tetapi nilai tersebut masih cukup besar sehingga otomatis sistem akan *trip* karena melebihi 100% daya mampu kerja generator tersebut. Perlu dilakukan pengurangan beban pada sistem *existing* 1 untuk tetap bisa beroperasi dengan tetap terinterkoneksi dengan *existing* 2.

4.7 Losses Sebelum Interkoneksi

Nilai total *losses* ini meliputi semua nilai *losses* studi kasus yang menjadi perhatian penulis yaitu satu generator RFCC 15 *off*, satu generator *existing* 20 MW *off*, satu generator *existing* 20 MW dan di RFCC 15 MW *off*, dua generator *existing* 8 MW *off*, dua generator *existing* 20 MW *off*, tiga generator *existing* 8 MW *off*. Susut daya atau kehilangan pasokan daya yang dikirim dari daya yang dibangkitkan dari generator *existing* dan RFCC tidak bisa dihindari. Kerugian yang dihasilkan pada kabel dan transformator sebelum interkoneksi terlampir pada lampiran. Diketahui total kerugian yang dihasilkan sistem kelistrikan sebelum interkoneksi daya untuk keseluruhan studi kasus aktif sebesar 875,9 kW dan daya reaktif sebesar 5883,5 kVAR.

4.8 Losses Setelah Interkoneksi

4.8.1 Satu Generator RFCC 15 MW Off



Gambar 4.4 Bus primer *existing* 2

Pada sistem kelistrikan di area RFCC mengalami perawatan pada peralatan sistem tenaga salah satunya yaitu generator sehingga hanya dua pembangkit yang beroperasi maka dari itu agar permintaan daya pada area RFCC tetap terpenuhi dilakukan suplai daya di area *existing*. Pada sistem kelistrikan area *existing* dan RFCC yang sudah terinterkoneksi dengan kabel interkoneksi 1 dan kabel interkoneksi 2 maka area RFCC di *support* oleh area *existing* dalam memenuhi permintaan beban. Perhatikan Gambar 4.4 pada kabel interkoneksi 2 menghantarkan daya aktif sebesar 17,465 MW dan daya reaktif sebesar 7,025 MVAR dan menghasilkan *losses* pada kabel sebesar 1,9 kW dan 2,6 kVAR sehingga daya aktif dan reaktif yang di *backup* oleh area *existing* tanpa *losses* pada kabel sebesar 17,463 MW dan 7,023 MVAR dan *losses* total yang dihasilkan sebesar 872,7 kW dan 5878,6 kVAR.

4.8.2 Satu Generator *Existing* 20 MW *Off*

Kerugian total pada studi kasus satu generator *existing* 20 MW *off*. Apabila satu pembangkit mengalami kondisi tidak beroperasi dan pembangkit 20 MW lainnya tetap terinterkoneksi dengan area RFCC untuk mensuplai daya menghasilkan *losses* total sebesar 875,8 kW dan 5883,4 kVAR. Perubahan *losses* terjadi diberbagai lokasi yaitu lokasi T47 Network 16A, Cable Interkoneksi 1, Cablebus 8, Cablebus 10. Perbedaan *losses* menunjukkan bahwa ada perubahan daya aktif dan daya reaktif sebelum dan setelah interkoneksi. Lokasi T47 Network 16A (transformator) mengalami perubahan nilai daya reaktif sebesar 0,0565 kVAR menjadi 307 kVAR lebih tinggi *losses* yang terjadi setelah interkoneksi. Cable Interkoneksi 1 yang menghantarkan daya yang dikirimkan dari *existing* menuju RFCC sebelum interkoneksi tidak memiliki rugi-rugi daya karena belum terhubung dengan area RFCC setelah interkoneksi memiliki rugi-rugi daya yaitu 0,05782801 kW dan 0,08173627 kVAR. Cablebus 8 yang menghantarkan daya dari generator terhubung dengan Bus 8 memiliki rugi-rugi setelah interkoneksi 2,59869 kW dan 3,67309 kVAR mengalami peningkatan 0,304742 kW dan 0,430734 kVAR. Cablebus 10 yang terhubung dengan Bus Primer RFCC memiliki *losses* setelah interkoneksi 7,25796 kW dan 10,25867 kVAR, rugi-rugi tersebut mengalami penurunan 0,437666 kW dan 0,61861 kVAR.

4.8.3 Satu Generator *Existing* 20 MW Dan RFCC 15 MW *Off*

Kerugian total pada saat dua pembangkit *off*, satu di *existing* 20 MW dan satu pembangkit di RFCC 15 MW setelah interkoneksi memiliki rugi-rugi yang sama seperti studi kasus satu generator di *existing* 20 MW *off* karena pada kedua studi kasus tersebut memiliki desain yang sama yaitu menghubungkan area *existing* dan RFCC dengan menginterkoneksikan Cable Interkoneksi

1. Desain yang sama dengan studi kasus yang berbeda memiliki hasil rugi-rugi daya total yang sama yaitu 875,8 kW dan 5883,4 kVAR.

4.8.4 Dua Generator *Existing* 8 MW Off

Interkoneksi yang dilakukan dengan keadaan dua pembangkit 8 MW *existing* tidak beroperasi dan beban yang terhubung dengan bus 1 dan bus 4 mendapat cadangan daya dari *existing* 20 MW. Cadangan daya dari *existing* 20 MW yang terhubung dengan bus 1 dan bus 4 membuat perubahan nilai daya reaktif pada berbagai lokasi meningkat sebesar 0,1 kVar. Total nilai *losses* pada percobaan ini sebesar 874,8 kW dan 5881,9 kVAR berkurang sebesar 1,1 kW dan 1,6 kVAR dengan percobaan sebelum interkoneksi.

4.8.5 Dua Generator *Existing* 20 MW Off

Menginterkoneksi pembangkit *existing* 4X8 MW untuk membantu mensuplai daya untuk beban yang terhubung dengan pembangkit *existing* 4X20 MW tidak menghasilkan hasil yang bagus mengingat dua generator yang tidak beroperasi sebesar 40 MW untuk memenuhi permintaan beban dibantu oleh generator dengan rating yang lebih kecil tidak akan bisa memenuhi permintaan beban di area *existing* 4X20 MW yang terhubung dengan bus 5, bus 6, bus 7, dan bus 8. Interkoneksi yang dilakukan mengalami perubahan *losses* pada berbagai lokasi dengan nilai rugi-rugi total sebesar 875,3 kW dan 5882,6 kVAR.

4.8.6 Tiga Generator *Existing* 8 MW Off

Tiga generator 8 MW tidak beroperasi untuk memenuhi permintaan beban dilakukan backup cadangan daya dengan menghubungkan bus 1, bus 2, dan bus 3 ke *swing* bus primer *existing* 2. Cablebus 1, 2, dan, 3 yang sebelumnya terdapat *losses* setelah diinterkoneksi tidak menghasilkan *losses* karena terputusnya aliran daya yang mengalir di ketiga Cablebus tersebut. Aliran daya dari generator *existing* 20 MW langsung terhubung dengan bus 1, bus 2, bus 3. Interkoneksi yang dilakukan menghasilkan *losses* total sebesar 874,9 kW dan 5882,0 kVAR.

4.9 Profil Tegangan

4.9.1 Satu Generator RFCC 15 MW Off

Jatuh tegangan yaitu hilangnya tegangan dalam suatu penghantar. Pengujian simulasi aliran daya yang dilakukan di ETAP dapat melihat profil tegangan dan selanjutnya dapat dibandingkan

profil tegangan yang dihasilkan sebelum dan setelah interkoneksi. Dengan begitu dapat dilihat pada kedua area yang sistem kelistrikannya saling terinterkoneksi. Perubahan tegangan terjadi di 51 lokasi terdapat 24 lokasi yang mengalami kondisi marginal. Profil tegangan yang beroperasi sebelum dan setelah interkoneksi terjadi peningkatan tegangan *operating* pada bus, terlihat bahwasanya peningkatan terjadi pada area RFCC yang telah terinterkoneksi dengan area *existing*.

4.9.2 Satu Generator *Existing* 20 MW Off

Asumsi satu generator di *existing* 20 MW tidak beroperasi dan dihubungkan dengan area RFCC. Terdapat dua lokasi yang mengalami kondisi marginal yaitu Busnetwork 34.1 dan Busnetwork 35.2 dan terdapat 4 lokasi yang mengalami peningkatan profil tegangan yaitu Bus 10.1, Busnetwork 34.1, Busnetwork 35.2, Busnetwork 37.1. Kedua lokasi yang mengalami kondisi marginal dan peningkatan profil tegangan tersebut berada di area RFCC dengan peningkatan profil tegangan sebesar 0,01%.

4.9.3 Satu Generator *Existing* 20 MW Dan RFCC 15 MW Off

Asumsi satu generator di *existing* 20 MW dan di RFCC 15 MW tidak aktif. Dengan perancangan yang serupa dengan satu generator di *existing* 20 MW *off* menghasilkan profil tegangan yang serupa.

4.9.4 Dua Generator *Existing* 8 MW Off

Selanjutnya melihat profil tegangan pada saat dua generator di *existing* 8 MW *off* dan dilakukan interkoneksi dengan bus *swing existing* 2. Terdapat 6 lokasi yang mengalami kondisi marginal yaitu Busnetwork 8.2, Busnetwork 13.2, Busnetwork 17.1, Busnetwork 17.2, Busnetwork 34.1, dan Busnetwork 35.2. Keenam lokasi tersebut mengalami peningkatan profil tegangan dan 36 lokasi yang lainnya juga mengalami peningkatan persentase profil tegangan setelah interkoneksi sebesar 0,01%.

4.9.5 Dua Generator *Existing* 20 MW Off

Dua generator di *existing* 20 MW tidak aktif terdapat 4 lokasi yang mengalami kondisi marginal diantaranya dua lokasi di *existing* dan dua lokasi di RFCC yaitu Busnetwork 13.2, Busnetwork 17.1 di area *existing* dan Busnetwork 34.1, Busnetwork 35.2 di area RFCC. Keempat lokasi marginal tersebut mengalami peningkatan profil tegangan begitu pula terdapat 20 lokasi

yang mengalami peningkatan profil tegangan, 19 di area *existing* dan 1 di area RFCC dengan peningkatan profil tegangan sebesar 0,01%.

4.9.6 Tiga Generator *Existing* 8 MW Off

Tiga generator di *existing* 8 MW tidak aktif dan bisa dilihat profil tegangan yang mengalami perubahan sebanyak 41 lokasi baik itu di *existing* maupun RFCC dan terdapat 41 lokasi yang mengalami perubahan profil tegangan dengan 3 lokasi yang mengalami kondisi marginal, satu lokasi di *existing* yaitu Busnetwork 8.2 dan dua lokasi di RFCC Busnetwork 34.1, Busnetwork 35.2 ketiga lokasi tersebut mengalami peningkatan profil tegangan. Terdapat 28 lokasi di *existing* dan dua lokasi di RFCC yang juga mengalami peningkatan profil tegangan sebesar 0,01%.

4.10 Faktor Daya

Dilakukan pengujian aliran daya untuk mengetahui apakah ada perubahan dibagian faktor daya disistem kelistrikan. Setelah dilakukan operasi aliran daya sebelum dan setelah interkoneksi dengan keenam studi kasus dihasilkan perbandingan faktor daya pada lokasi yang terhubung dengan sistem seperti terlihat pada Tabel 4.14 Sampel perbandingan faktor daya keenam studi sebelum dan setelah interkoneksi dan untuk melihat data keseluruhan terdapat dilampiran. Pengujian aliran daya yang dilakukan dengan keenam studi dan di kedua sistem kelistrikan daerah *existing* dan RFCC pada lokasi beban tidak mengalami perubahan faktor daya karena *demand* beban pada kedua area tercukupi.

Tabel 4.14 Sampel perbandingan faktor daya keenam studi sebelum dan setelah interkoneksi

No.	lokasi	Rating tegangan (kV)	Faktor Daya (PF) Sebelum Interkoneksi	Faktor Daya (PF) Setelah Interkoneksi
1	mtr1	3,3	92,99	92,99
2	mtr2	0,4	92,08	92,08
3	mtr3	3,3	92,99	92,99
4	mtr4	0,4	92,31	92,31
5	mtr5	3,3	92,99	92,99
6	mtr6	0,4	91,96	91,96
7	mtr7	3,45	92,99	92,99
8	mtr8	0,4	91,8	91,8
9	mtr9	3,3	92,99	92,99
10	mtr10	0,4	92,25	92,25
11	mtr11	3,3	93,16	93,16
12	mtr12	0,4	92,25	92,25
13	mtr13	3,3	92,99	92,99
14	mtr14	0,4	91,51	91,51

No.	lokasi	Rating tegangan (kV)	Faktor Daya (PF) Sebelum Interkoneksi	Faktor Daya (PF) Setelah Interkoneksi
15	mtr15	3,3	92,99	92,99
16	mtr16	0,4	91,8	91,8
17	mtr17	3,3	92,99	92,99
18	mtr18	0,4	92,25	92,25
19	mtr19	3,3	92,99	92,99
20	mtr20	0,4	92,08	92,08
21	mtr21	3,3	92,99	92,99
22	mtr22	0,4	91,8	91,8
23	mtr23	3,3	92,99	92,99
24	mtr24	0,4	92,08	92,08
25	mtr25	3,3	92,99	92,99
26	mtr26	0,4	92,08	92,08
27	mtr27	3,3	92,99	92,99
28	mtr28	0,4	91,8	91,8
29	mtr29	3,3	92,99	92,99
30	mtr30	0,4	91,8	91,8

