

PERENCANAAN *SMARTGRID* JARINGAN LISTRIK SUMBAGUT 150 KV MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB

Francisco Wiartone Simbolon, Yulianta Siregar
Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: fransisco.simbolon@yahoo.co.id

Abstrak

Jaringan listrik konvensional yang digunakan saat ini memiliki beberapa kekurangan – kekurangan, antara lain adalah tidak adanya informasi aliran daya yang pasti serta kurang efisiennya mulai dari pembangkitan sampai dengan penyaluran energi listrik. Kekurangan – kekurangan ini dapat diatasi dengan menggunakan konsep *smartgrid*, dimana *smartgrid* merupakan sebuah penamaan terhadap sistem kelistrikan yang menggunakan perkembangan teknologi, sehingga nantinya didapatkan sistem yang baik, otomatis dan efisien dalam pengoperasiannya. Tulisan ini membahas mengenai perancangan sistem *smartgrid* untuk jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV, menggunakan simulink matlab. Dengan metode penggabungan dari rancangan sistem komunikasi, rancangan sistem kontrol dan selanjutnya menggabungkan sistem ini dengan sistem kelistrikan yang ada, maka akan didapatkan konsep *smartgrid*. Dari hasil percobaan yang dibuat dengan mengubah beberapa parameter daya beban, didapatkan persen rugi – rugi jaringan terkecil adalah pada keadaan 10% beban puncak yaitu sebesar 12,64% dari daya yang dibangkitkan, sedangkan persen rugi – rugi terbesar pada jaringan adalah pada keadaan 95% beban puncak yaitu sebesar 17,65% dari daya yang dibangkitkan. Dari perencanaan dan percobaan yang dilakukan dalam tugas akhir ini maka didapatkan sistem yang terotomatisasi dengan memperhatikan keefisienan dari segi pembangkitan dan keandalan dari segi tegangan.

Kata Kunci: jaringan listrik konvensional, *smartgrid*, daya, tegangan

1. Pendahuluan

Jaringan listrik konvensional adalah jaringan listrik yang digunakan saat ini, dimana masih terdapat beberapa kelemahan dari jaringan ini, sehingga menyebabkan pengoperasian sistem ini tidak berjalan dengan sebaik mungkin dan tidak efisien. Kelemahan lainnya dari jaringan ini adalah tidak memiliki informasi aliran daya yang pasti, serta kurang ekonomisnya pengoperasian sistem tenaga listrik tersebut.

Untuk mengatasi kekurangan dari jaringan konvensional tersebut, maka muncullah sebuah konsep yang dinamakan *smartgrid*. *Smartgrid* merupakan konsep yang menggunakan kemajuan teknologi dalam sistem kelistrikan. Tujuan dan keuntungan menggunakan konsep *smartgrid* adalah kita mengetahui aliran daya sistem secara cepat dan pasti, mengetahui besar beban pelanggan dan dapat melakukan pengontrolan secara otomatis, untuk optimasi daya pembangkitan dan optimasi terhadap jaringan tersebut. Melalui konsep *smartgrid* ini akan didapatkan sistem kelistrikan yang baik dan efisien dalam pengoperasiannya.

Perencanaan yang baik dalam perancangan sistem *smartgrid* harus dilakukan yaitu dengan

menggunakan sebuah *software*. Kita dapat merancang dan membuat gambaran dari sistem kita nantinya di dalam sebuah simulasi. *Software* simulink matlab dapat kita gunakan, karena cocok untuk membangun rancangan sistem tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

Adapun teori – teori pendukung dalam tulisan ini, dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah kumpulan dari beberapa pusat listrik dan beberapa pusat beban (gardu induk) yang dihubungkan satu sama lain oleh saluran transmisi dan melayani beban pada bagian sistem ditribusi.

Dalam sistem tenaga listrik ada beberapa analisis yang umumnya dilakukan untuk mengetahui keadaan sistem sebenarnya, antara lain :

- Analisis aliran daya
- Analisis hubung singkat
- Analisis stabilitas sistem

Dalam analisis aliran daya, kita menganalisis sistem dalam keadaan normal untuk mendapatkan nilai tegangan, arus, aliran

daya aktif dan reaktif pada sistem tenaga listrik dalam kondisi beban tertentu. Analisis ini digunakan untuk perencanaan dan perancangan kondisi optimal sistem dan perancangan ke masa yang akan datang.

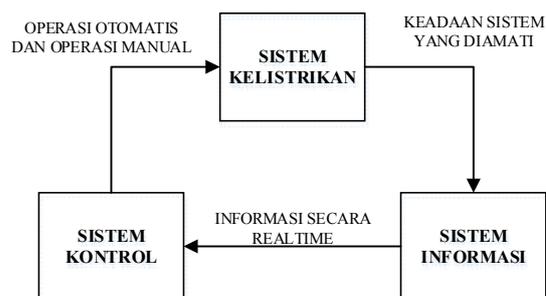
Jaringan listrik Sumatera Bagian Utara 150 kV, merupakan sistem yang akan dirancang konsep *smartgrid*-nya. Jaringan listrik ini terdiri dari 45 bus beban dan bus generator, yang terhubung dengan jaringan transmisi 150 kV. Jenis – jenis pembangkit yang ada pada jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV adalah PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD dan PLTP.

2.2 Smartgrid

Smartgrid adalah suatu konsep dimana pada umumnya bertujuan untuk mengaplikasikan teknologi dan kemajuannya dalam bidang tenaga listrik untuk meningkatkan keandalan, meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasi. Ada beberapa bagian penting pembentukan suatu konsep *smartgrid*, yaitu [1]:

- a. Bagian Sistem Tenaga
Bagian ini adalah bagian kelistrikan yang ingin dijadikan menjadi suatu konsep pintar dan otomatis.
- b. Bagian Sistem Komunikasi
Bagian ini merupakan sistem yang digunakan untuk saling berkomunikasi. Dalam konsep *smartgrid* dibutuhkan sistem komunikasi yang cepat dan akurat atau secara *realtime*, sehingga kontrol otomatis maupun manual yang akan dilakukan nantinya akan berjalan dengan baik dan tepat.
- c. Bagian Sistem Kontrol
Bagian sistem kontrol merupakan suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol operasi dari sistem tenaga listrik, sehingga dibuat suatu rencana operasi yang telah dikonsept dengan peralatan cerdas.

Hubungan dari ketiga sistem ini ditunjukkan pada Gambar 1. Gabungan ketiga sistem ini akan menciptakan konsep *smartgrid* untuk ketenagalistrikan.



Gambar 1. Diagram alur konsep *smartgrid* jaringan tenaga listrik

2.3 Komunikasi Data

Komunikasi data adalah kegiatan untuk memindahkan informasi dari suatu tempat ke tempat yang lain, yang membutuhkan suatu alat komunikasi untuk mendukung terjadinya proses tukar – menukar data tersebut. Terdapat dua jenis komunikasi data berdasarkan cara pengiriman pesannya, yaitu *simplex* yang merupakan sistem satu arah yang hanya dapat mengirimkan pesan, tanpa harus mendapatkan respon dari penerima dan sistem *duplex* yang merupakan sistem dua arah yang memungkinkan pengiriman pesan kepada penerima dan penerima dapat memberikan respon kepada pengirim pesan [2].

Pengiriman pesan dalam komunikasi data biasanya menggunakan peralatan – peralatan seperti *transmitter* untuk mengirimkan data dan *receiver* untuk menerima pesan yang dikirimkan melalui media transmisi seperti, kabel koaxial, serat optik, *twisted pair* dan media nirkabel.

2.4 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan gabungan dari beberapa komputer, yang dapat saling terhubung dan bertukar informasi dengan menggunakan suatu sistem komunikasi. Jaringan komputer biasanya dihubungkan dengan menggunakan media transmisi baik dengan kabel maupun tanpa kabel. Jaringan ini dapat berupa jaringan LAN, jaringan WAN maupun jaringan internet, sesuai dengan luas cakupan sistem komunikasi tersebut.

Jaringan komputer memiliki sebuah aturan dan prosedur komunikasi yang disebut dengan protokol. Pemilihan protokol biasanya berdasarkan dengan kebutuhan yang diinginkan dalam sistem komunikasi.

2.5 Power meter dan RTU

Power meter dan RTU (Remote Terminal Unit) merupakan suatu peralatan listrik yang

memiliki fungsi pengukuran dan menunjukkan besaran – besaran listrik, seperti tegangan, arus dan daya. Perbedaan antara *Power meter* dan RTU adalah RTU dilengkapi dengan kemampuan pengontrolan ataupun memberi sinyal kontrol.

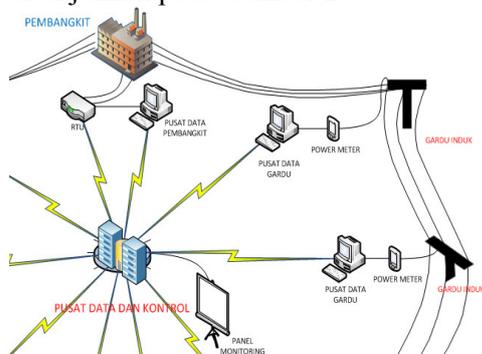
RTU merupakan alat yang sangat dibutuhkan dalam konsep *smartgrid* karena dapat digunakan untuk pengontrolan dari peralatan – peralatan dalam operasi sistem kelistrikan yang ada.

3. Metode Penelitian

Adapun langkah – langkah dalam penelitian ini adalah pembuatan skema sistem, perancangan sistem komunikasi, perancangan sistem kontrol dan menggabungkannya dengan sistem kelistrikan agar didapatkan sistem *smartgrid*.

3.1 Skema Sistem *Smartgrid*

Dalam perancangan *smartgrid* sistem tenaga listrik SUMBAGUT 150 kV, ada gabungan dari tiga sistem utama, yaitu sistem tenaga listrik, sistem komunikasi dan sistem kontrol. Dalam rencana yang akan dibuat, akan terdapat sebuah pusat data dan kontrol yang menjadi pusat seluruh operasi sistem kelistrikan tersebut. Skema *smartgrid* SUMBAGUT 150 kV ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema *smartgrid* jaringan listrik

Pembangkit – pembangkit yang ada akan dilengkapi dengan RTU yang digunakan untuk pengukuran dan pengontrolan operasi yang ada pada pembangkit. Pada gardu – gardu induk akan dilengkapi dengan *power meter* yang bertujuan untuk mengukur besaran listrik pada gardu. RTU dan *power meter* akan terhubung kepada pusat data yang ada pada pembangkit dan gardu, berupa komputer. Kemudian data tersebut akan disampaikan kepada pusat data dan kontrol yang merupakan pusat seluruh

sistem, dimana disini juga akan ditampilkan data seluruh sistem dalam bentuk *panel monitoring*.

3.2 Perancangan Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi dalam *smartgrid* sistem tenaga listrik SUMBAGUT 150 kV, digunakan untuk mendapatkan informasi aliran daya dari setiap pembangkit dan gardu. Seluruh informasi ini akan digunakan untuk memonitoring seluruh operasi sistem kelistrikan dan dapat digunakan untuk rencana pelayanan listrik ke depannya. Selain untuk mendapatkan informasi, sistem komunikasi juga digunakan untuk menyampaikan sinyal kontrol dalam pengontrolan sistem yang akan dilakukan.

Sistem komunikasi yang akan digunakan merupakan jaringan komputer, yaitu jaringan internet. Hal ini diakibatkan faktor luasnya daerah jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV. Dalam hal ini juga dipilih protokol jaringan yaitu protokol TCP/IP dengan *transport layer* UDP (*User Data Protocol*) dengan pertimbangan :

- TCP/IP merupakan protokol yang dirancang untuk melingkupi area antar jaringan yang besar dan luas [2].
- UDP bersifat *connection-less oriented*, yaitu pertukaran informasi tanpa harus melalui proses negosiasi antar komputer, sehingga cocok untuk sistem kelistrikan yang berubah – ubah besarnya [3].
- UDP cocok digunakan untuk pentransferan data yang jumlahnya kecil.

3.3 Perancangan Sistem Kontrol dan Automasi

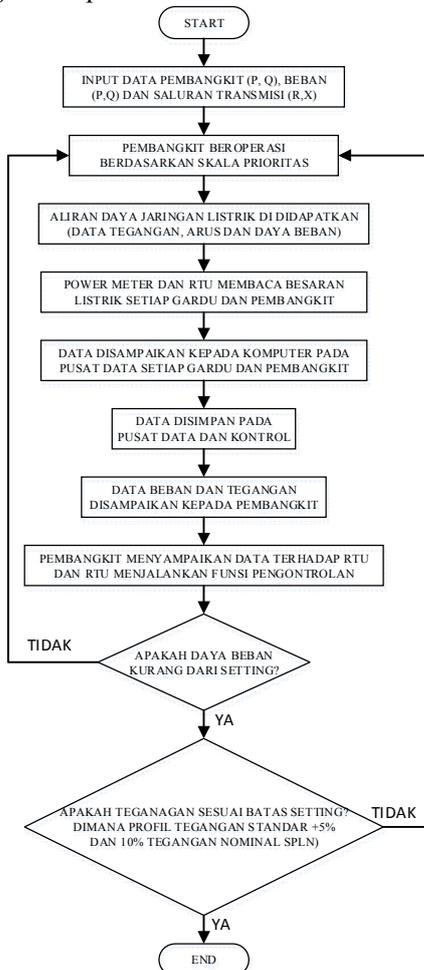
Sistem kontrol yang akan dirancang dalam *smartgrid* jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV adalah sistem kontrol terhadap pembangkit – pembangkit, yang terdapat pada jaringan transmisi SUMBAGUT. Peralatan yang akan digunakan untuk pengontrolan ini adalah menggunakan perangkat komputer dan RTU (*Remote Terminal Unit*).

RTU akan digunakan untuk memberikan sinyal pengontrolan terhadap pembangkit, apabila parameter – parameter yang menjadi acuan RTU sudah sesuai dengan yang diperintahkan. Dalam pengontrolan pengoperasian pembangkit, ada dua macam parameter yang menjadi acuan, yaitu berdasarkan daya beban dan berdasarkan batas tegangan yang dianjurkan.

3.4 Perancangan *Smartgrid* Sistem Tenaga Listrik

Sistem jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV merupakan sistem kelistrikan yang akan kita rancang menjadi suatu sistem *smartgrid*. Sistem ini akan disimulasikan sesuai dengan keadaan sebenarnya, dengan parameter – parameter yang didapatkan dari PLN pada tanggal 28 Oktober 2013. Seluruh sistem ini akan disimulasikan menggunakan *software* simulink matlab.

Seluruh parameter sistem kelistrikan ini, akan digunakan untuk mendapatkan aliran daya pada jaringan listrik. Dengan mendapatkan aliran daya ini, maka data tegangan, arus dan daya pada setiap gardu akan didapatkan. Data setiap gardu dan pembangkit akan dibaca oleh *power meter* ataupun RTU. Seluruh informasi akan dikirimkan melalui jaringan komputer, kemudian seluruh sistem yang sudah dirancang akan disatukan menjadi sebuah sistem untuk mendapatkan sistem *smartgrid* jaringan listrik. Diagram alir dari simulasi sistem *smartgrid* jaringan listrik SUMBAGUT 150 kV, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir *smartgrid* jaringan listrik

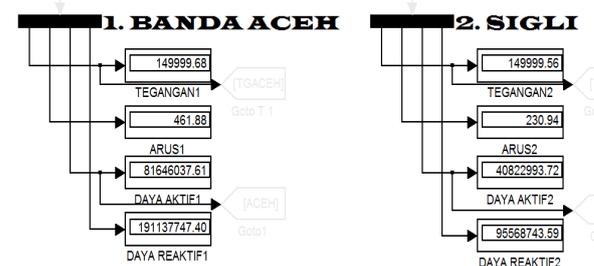
4. Hasil dan Pembahasan

Dari rancangan sistem *smartgrid* dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan dengan baik.

4.1 Tampilan Sistem *Smartgrid* dan Panel Monitoring

Simulasi simulink matlab digunakan untuk menggabungkan beberapa sistem, seperti sistem kelistrikan, sistem komunikasi dan sistem kontrol. Seluruh bagian – bagian dari sistem tersebut diwakilkan dalam bentuk blok yang terdapat dalam simulasi. Pada sistem kelistrikan, komponen yang digunakan adalah generator, bus, beban, saluran transmisi dan alat ukur listrik. Pada sistem komunikasi, komponen yang digunakan adalah *smartmeter*, *analog to digital converter* (ADC) dan alat penghubung ke jaringan internet. Pada sistem kontrol, komponen yang digunakan adalah berupa gerbang logika, relay dan pengirim data yang dirangkai sedemikian rupa. Seluruh komponen ini akan saling terhubung, untuk menciptakan sistem *smartgrid*.

Panel monitoring juga menjadi bagian penting dari sistem, dimana ini digunakan untuk menampilkan data – data dari setiap gardu maupun pembangkit secara *realtime* pada saat beroperasi. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, tampilan yang ditunjukkan oleh panel ini berupa data tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif dari setiap gardu dan pembangkit. Tampilan dari panel monitoring dalam simulasi simulink, ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan data gardu pada panel Monitoring

4.2 Pelaksanaan Sistem Kontrol untuk Optimasi Daya dan Tegangan

Rancangan sistem *smartgrid* yang dibuat akan dijalankan, untuk mengamati apakah sistem berjalan dengan baik. Parameter yang menunjukkan apakah sistem sudah berjalan dengan baik dan sesuai standard yang digunakan adalah berupa parameter daya dan

parameter tegangan. Dalam usaha optimasi daya, kita memperhatikan besarnya daya beban dengan besarnya daya pembangkitan yang akan dilakukan. Ini dimaksudkan agar pembangkitan daya dapat dilakukan dapat seefisien mungkin. Sedangkan pada optimasi tegangan, daya pembangkitan berpengaruh terhadap besar tegangan yang akan diterima oleh bus – bus beban. Namun penggunaan kapasitor, dapat juga membantu mengatasi masalah optimasi tegangan tersebut. Batas minimum tegangan yang dianjurkan berdasarkan standard SPLN, adalah 10% di bawah tegangan nominal sistem.

Sistem *smartgrid* yang sudah dirancang dilakukan percobaan terhadap beberapa parameter beban, yang diubah sedemikian rupa. Pada keadaan beban puncak seluruh pembangkit sudah beroperasi, namun terdapat gardu yang mendapatkan tegangan di bawah nominal standard SPLN. Tepatnya gardu yang mendapatkan tegangan dibawah standard, adalah gardu Rantau Prapat. Untuk mendapatkan tegangan yang sesuai standard, digunakan kapasitor pintar 150 kV yang ditempatkan pada gardu Kisaran. Hal ini dilakukan karena berdasarkan data yang didapatkan, terjadi penurunan tegangan yang sangat derastis dari gardu Kuala Tanjung ke gardu Kisaran. Penggunaan kapasitor ini adalah secara otomatis, jika terdapat tegangan pada gardu yang tidak sesuai dengan standard yang ada.

Penggunaan kapasitor yang digunakan, berdasarkan perhitungan adalah kapasitor dengan kapasitas 112851319,4 VAR. Setelah dilakukan percobaan dengan penggunaan kapasitor pintar ini, tegangan pada gardu Rantau Prapat sudah memenuhi tegangan dari sebelumnya 134,842 kV menjadi 139,041 kV.

4.3 Analisa Daya dan Tegangan Pada Simulasi

Dalam simulasi *smartgrid* SUMBAGUT 150 kV, dilakukan percobaan dengan berbagai parameter daya beban, yang dimaksudkan untuk menunjukkan apakah sistem sudah berjalan dengan baik dan sesuai perencanaan. Berdasarkan data yang diperoleh dari PLN, maka akan dilakukan dilakukan percobaan mulai dari 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95% dan 100% dari beban puncak. Setelah menjalankan simulasi pada sistem *smartgrid*, didapatkan data tegangan yang sudah sesuai standard. Untuk data daya,

baik daya beban, daya terpasang dan rugi – rugi (*losses*), ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data daya pembangkitan dan daya beban

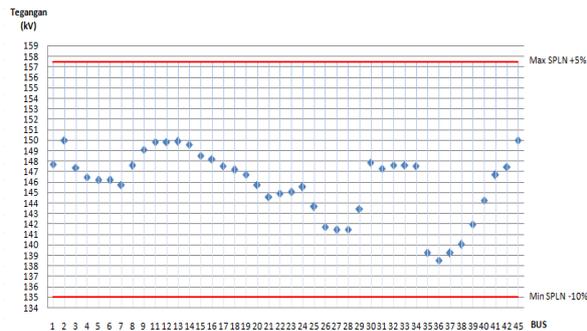
NO	% Beban Max	Daya Beban		Daya Terpasang		% Losses
		Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	
1	10%	243,77	179,15	216,42	480,49	12,63%
2	20%	493,4	363,93	425,29	661,73	16,01%
3	30%	745,54	553,41	643,1	1263,53	15,93%
4	40%	987,6	730,52	846,9	1687,58	16,60%
5	50%	1226,41	904,09	1046,9	2110,68	17,15%
6	60%	1472,9	1086,32	1254,7	2620,9	17,38%
7	70%	1735,1	1287,4	1479,7	2794,05	17,25%
8	80%	1977,7	1464,5	1684,3	3193,7	17,42%
9	90%	2218,4	1639,98	1886,8	3591,96	17,56%
10	95%	2338,1	1727,2	1987,3	3790,4	17,65%
11	100%	2466,4	1823,8	2187,3	3841,8	12,76%

Berdasarkan percobaan yang dilakukan untuk berbagai besar daya beban, profil tegangan yang didapatkan pada gardu – gardu diwakili oleh penomoran gardu yang ada di SUMBAGUT 150 kV. Pada keadaan 10% beban puncak, hanya terdapat dua pembangkit yang beroperasi dan profil tegangan tiap gardu ditunjukkan pada Gambar 5. Tegangan tertinggi yang terdapat pada bus beban adalah 149,999 kV pada bus generator dan tegangan terendah yang terdapat pada bus beban adalah 137,52 kV pada gardu Banda Aceh.



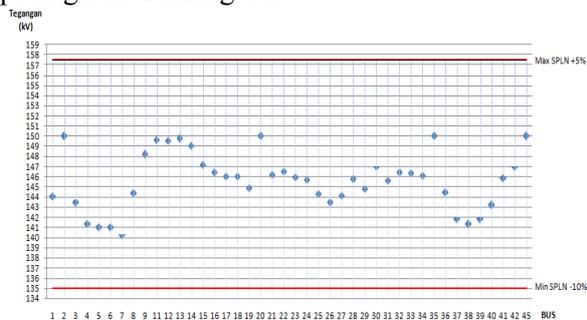
Gambar 5. Profil tegangan bus beban pada 10% beban puncak

Pada keadaan 20% beban puncak, hanya terdapat lima pembangkit yang beroperasi dan profil tegangan tiap gardu ditunjukkan pada Gambar 6. Tegangan tertinggi yang terdapat pada bus beban adalah 149,999 kV pada bus generator dan tegangan terendah yang terdapat pada bus beban adalah 138,943 kV pada gardu Kisaran.



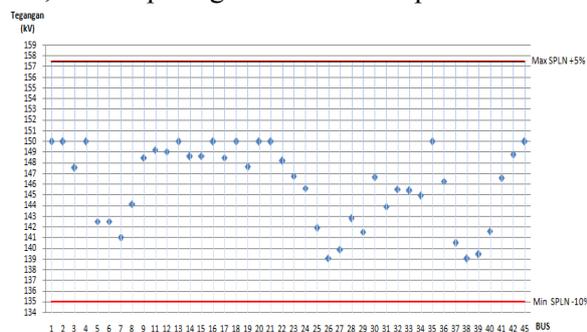
Gambar 6. Profil tegangan bus beban pada 20% beban puncak

Pada keadaan 30% s/d 50% beban puncak, terdapat tujuh pembangkit yang beroperasi. Profil tegangan tiap gardu pada 50% beban puncak ditunjukkan pada Gambar 7. Tegangan tertinggi yang terdapat pada bus beban adalah 149,999 kV dan tegangan terendah yang terdapat pada bus beban adalah 140,252 kV pada gardu Tualang Cut.



Gambar 7. Profil tegangan bus beban pada 50% beban puncak

Pada keadaan 60% beban puncak terdapat sebelas pembangkit yang beroperasi. Sedangkan pada beban 70% s/d 100% beban puncak seluruh pembangkit pada jaringan beroperasi. Profil tegangan pada keadaan 100% beban puncak ditunjukkan pada Gambar 8. Tegangan tertinggi yang terdapat pada bus beban adalah 149,999 kV dan tegangan terendah yang terdapat pada bus beban adalah 139,041 kV pada gardu Rantau Prapat.



Gambar 8. Profil tegangan bus beban pada 100% beban puncak

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan kapasitor pada gardu Kisaran sebesar 112851319,4 VAR dalam keadaan beban puncak, dapat menanggulangi keadaan tegangan yang di bawah standard pada gardu Rantau Prapat, yaitu dari 134,842 kV menjadi 139,041 kV.
2. Tegangan terkecil pada gardu dalam percobaan sistem *smartgrid*, dalam berbagai besar daya beban adalah 135,581 kV pada gardu Rantau Prapat, pada keadaan 95% beban puncak.
3. Melalui rancangan prioritas penggunaan pembangkit *smartgrid* jaringan listrik Sumatera Bagian Utara, didapatkan persen rugi – rugi terbesar pada jaringan adalah pada keadaan 95 % beban puncak yaitu sebesar 17,65% dari daya yang dibangkitkan, sedangkan persen rugi – rugi jaringan terkecil adalah pada keadaan 10 % beban puncak yaitu sebesar 12,64% dari daya yang dibangkitkan.

6. Referensi

- [1] Muqorobin, Anwar, Pingkan Andrea Logahan dan Muhammad Ikhsan. 2011, *Smart Grid untuk Jaringan Listrik Masa Depan*. Pasca Sarjana Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung.
- [2] Sugiono, Djoko. 2013, *Komunikasi Data & Interface*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Malang: vedcmalang.
- [3] Supriyanto. 2013, *Jaringan Dasar 2*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Malang : vedcmalang.