

Analisis Teknis Implementasi *Power Wheeling* di Jaringan Interkoneksi Sistem Barito

Yusuf Susilo Wijoyo¹, Muhamad Rangga Delpiero², Musthafa Abdur Rosyied³

Abstract—Power Wheeling is cooperation of using power system network that owned by a party to transmit power from an entity to other entity. Power Wheeling scheme has been implemented in Indonesia since ministry regulation about it has been published. Implementation of Power Wheeling on a system will influence existing system condition. This paper aims to identify the effect of Power Wheeling implementation on a power system in Indonesia, that is Barito System. The result from load flow analysis shows that implementation of power wheeling affect significantly on each substation voltage. Short circuit current increases after Power Wheeling implementation but still within standard limitation. Stability analysis also shows that system is in normal condition.

Intisari—*Power Wheeling* merupakan bentuk kerjasama pemakaian jaringan tenaga listrik milik suatu pihak untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu entitas ke entitas lain. Skema ini telah dapat diimplementasikan di Indonesia dengan diterbitkannya peraturan menteri terkait *Power Wheeling*. Penerapan *Power Wheeling* pada suatu sistem akan memengaruhi kondisi sistem yang sudah eksis. Makalah ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh implementasi *Power Wheeling* pada salah satu sistem kelistrikan di Indonesia, yaitu Sistem Barito. Hasil analisis *load flow* menunjukkan bahwa implementasi *Power Wheeling* mengakibatkan pengaruh yang cukup signifikan pada tegangan tiap GI. Adapun pengaruh pada kenaikan arus *short circuit* masih dalam batas standar. Hasil analisis stabilitas juga menunjukkan sistem masih dalam kondisi normal.

Kata Kunci—*Power Wheeling, Load Flow, Short Circuit.*

I. PENDAHULUAN

Regulasi ketenagalistrikan di Indonesia saat ini telah memungkinkan skema pembelian tenaga listrik pada *Independent Power Producer* (IPP) secara langsung dengan menggunakan jaringan transmisi milik pihak ketiga. Skema semacam ini akan sangat menguntungkan, baik untuk IPP maupun konsumen tenaga listrik dari golongan industri. Pihak IPP diuntungkan karena akan memiliki pilihan pembeli yang lebih banyak, sedangkan pihak pelanggan golongan industri akan memiliki banyak pilihan penyedia tenaga listrik. Banyaknya pilihan ini merupakan salah satu peluang meningkatkan keuntungan, baik dari perspektif IPP maupun pelanggan golongan industri.

¹ Tenaga Pengajar, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281 (telp: 0274-552 305; fax: 0274-547506; e-mail: yusufsw@ugm.ac.id)

^{2,3} Mahasiswa, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281 (telp: 0274-552 305; fax: 0274-547506; e-mail: muhamad.rangga.d@mail.ugm.ac.id, musthafa.abdur.r@mail.ugm.ac.id)

Jenis golongan pelanggan listrik yang paling berpotensi memanfaatkan skema *Power Wheeling* adalah pelanggan golongan industri. Jenis golongan ini membutuhkan kualitas penyediaan tenaga listrik yang cukup baik meskipun dengan harga lebih tinggi. Kawasan industri sebagai tempat terpadu kegiatan industri harus memiliki pasokan listrik yang memadai. Menurut pedoman teknis, kawasan industri membutuhkan pasokan tenaga listrik 0,15-0,2 MVA untuk setiap hektare [1]. Potensi kebutuhan ini dapat dipenuhi melalui skema *Power Wheeling* dengan memperhatikan daya dukung sistem *existing* (sistem yang sudah eksis).

Daerah Tanah Bumbu di Provinsi Kalimantan Selatan telah disiapkan menjadi suatu kawasan industri. Kawasan industri seluas 789,73 hektare ini dikenal dengan sebutan Kawasan Industri Batulicin [2]. Kawasan Industri Batulicin berada di wilayah operasi kelistrikan Sistem Barito. Sistem ini direncanakan akan mendapatkan tambahan pasokan dari IPP yang akan masuk sistem antara tahun 2020-2021 [3]. Adanya kawasan industri dan sekaligus rencana penambahan IPP membuat Sistem Barito ini berpotensi sebagai salah satu objek implementasi *Power Wheeling*. Skema *Power Wheeling* dapat diterapkan pada penyediaan tenaga listrik untuk kawasan industri ini. Implementasi *Power Wheeling* pada Sistem Barito tentu akan memengaruhi kondisi sistem *existing*. Makalah ini bertujuan untuk mengamati dampak implementasi *Power Wheeling* pada Sistem Barito.

II. SISTEM POWER WHEELING

A. Power Wheeling

Power Wheeling didefinisikan sebagai penggunaan jaringan transmisi atau distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu entitas ke entitas lain [4]. Definisi lainnya yaitu penggunaan jaringan transmisi milik suatu pihak oleh pihak lain untuk keuntungan pihak pengguna [5].

Skema *Power Wheeling* diperkenalkan bersamaan dengan munculnya deregulasi di bidang industri ketenagalistrikan. Industri ketenagalistrikan pada awalnya merupakan satu kesatuan yang terdiri atas komponen pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Deregulasi memungkinkan ketiga komponen tersebut menjadi komponen terpisah. Dengan pemisahan ini, dimungkinkan adanya kompetisi pada masing-masing komponen. Kompetisi ini memungkinkan tarif tenaga listrik yang lebih murah, pelayanan yang lebih baik, efisiensi, dan memungkinkan konsumen untuk memiliki pilihan dalam mendapatkan pelayanan ketenagalistrikan. Di samping memungkinkan kompetisi pada setiap komponen, deregulasi membuat akses pemanfaatan jaringan transmisi-distribusi oleh pelaku bisnis ketenagalistrikan semakin lebar [6].

Model *Power Wheeling* ditentukan oleh hubungan antara pemilik jaringan transmisi-distribusi dan pihak pengguna jaringan. Secara umum, terdapat empat model, yaitu *utility*

dengan *utility*, *utility* dengan konsumen, IPP dengan *utility*, dan IPP dengan konsumen [7].

Terminologi *Power Wheeling* dalam regulasi ketenagalistrikan di Indonesia disebut sebagai Pemanfaatan Bersama Jaringan Tenaga Listrik (PBJTL) [8]. Regulasi ini mewajibkan pemegang izin usaha transmisi maupun distribusi untuk membuka kesempatan implementasi PBJTL. PBJTL memungkinkan pihak-pihak lain untuk menyewa jaringan yang dimiliki pemegang izin usaha transmisi maupun distribusi untuk dimanfaatkan sesuai kepentingannya.

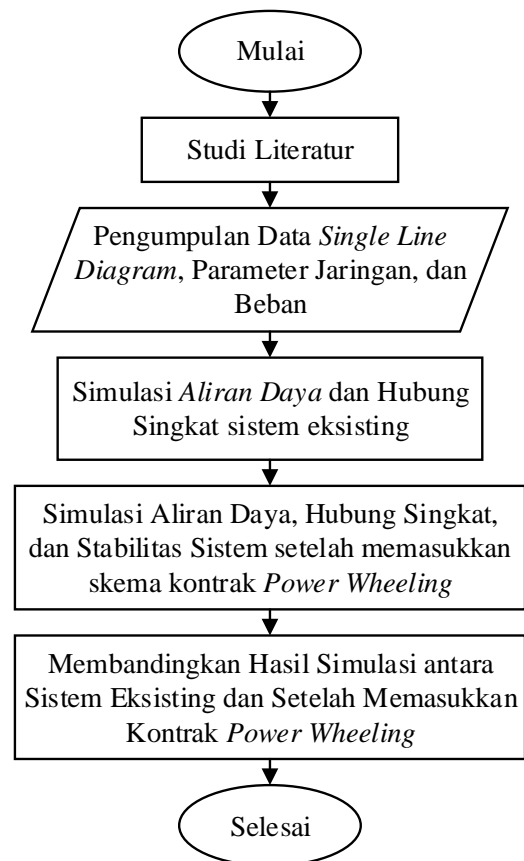
B. Kajian Teknis Sistem

Untuk mengaplikasikan konsep *Power Wheeling*, perlu dilakukan kajian teknis untuk mengetahui kelayakan implementasi *Power Wheeling* pada suatu sistem kelistrikan. Implementasi *Power Wheeling* pada sistem kelistrikan *existing* akan mengubah baik desain maupun operasi sistem, sehingga sistem *existing* perlu dikaji ulang. Kajian teknis bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem *existing* dan kelayakan desain atau operasi baru yang direncanakan. Hal ini sangat diperlukan untuk menghindari kegagalan operasi maupun inefisiensi yang mungkin timbul. Beberapa kajian dasar yang harus dilakukan untuk proses desain dan operasi sistem yaitu kajian aliran daya, kemampuan hantar arus penghantar, hubung singkat, dan stabilitas [9].

III. METODOLOGI

Objek penelitian ini menggunakan jaringan interkoneksi Sistem Barito yang memiliki wilayah operasi di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah. Sistem ini memiliki jalur transmisi 150 kV maupun 70 kV serta memiliki lima belas Gardu Induk (GI) yang berada di Provinsi Kalimantan Selatan dan sembilan GI yang berada di Provinsi Kalimantan Tengah. Beberapa pembangkit pada sistem ini merupakan pembangkit *Excess Power* dan terdapat pula IPP yang memiliki rencana *Commercial Operation Date* (COD) pada tahun 2020-2021. Skema *Power Wheeling* selanjutnya disimulasikan pada sistem ini. Skenario yang digunakan yaitu model kontrak *Power Wheeling* antara IPP dengan konsumen dan memanfaatkan jaringan transmisi Sistem Barito. Lokasi IPP mengikuti lokasi rencana IPP baru yang akan masuk Sistem Barito pada tahun 2020-2021, yaitu terhubung pada GI Pangkalan Bun. Sesuai rencana, pada tahun 2019 GI Pangkalan Bun sudah terkoneksi ke Sistem Barito melalui GI Sampit yang sudah terhubung ke Sistem Barito terlebih dahulu. Konsumen di sini direpresentasikan sebagai *demand* pada Kawasan Industri Batulicin. Kondisi *existing* pada GI Pangkalan Bun adalah terdapat beban kurang lebih 30 MW dan pada GI Batulicin 21 MW.

Besar kapasitas daya untuk kontrak *Power Wheeling* di sini diasumsikan sesuai kebutuhan daya untuk Kawasan Industri Batulicin. Sesuai perhitungan pada aturan Pedoman Teknis Kawasan Industri, dengan luas wilayah 789,73 hektare, maka minimal kebutuhan daya adalah 100,69 MW. Kapasitas IPP yang ditambahkan pada GI Pangkalan Bun untuk kontrak *Power Wheeling* ini mengikuti kelaziman ukuran kebutuhan pembangkit untuk beban 100,69 MW, yaitu pembangkit dengan kapasitas 2 x 60 MW.



Gbr. 1 Diagram alir penelitian.

Dengan asumsi tersebut, untuk selanjutnya penelitian dilakukan sesuai diagram alir seperti pada Gbr. 1.

Sesuai diagram alir pada Gbr. 1, kajian teknis yang dilakukan yaitu membandingkan hasil antara simulasi sistem *existing* dengan simulasi sistem setelah memasukkan kontrak *Power Wheeling*. Simulasi yang dilakukan yaitu simulasi aliran daya, hubung singkat, dan stabilitas. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak DigSILENT. Dari perbandingan nilai parameter hasil simulasi tersebut, akan terlihat dampak dari adanya *Power Wheeling*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini dikelompokkan sesuai simulasi yang dilakukan, yaitu simulasi aliran daya, simulasi hubung singkat, dan simulasi stabilitas.

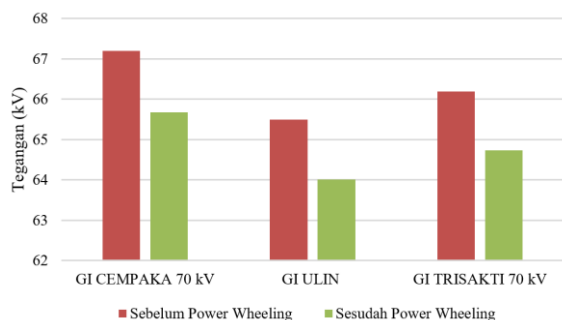
A. Hasil Simulasi Aliran Daya

Analisis hasil aliran daya dilakukan untuk tiap provinsi. Simulasi untuk GI yang terdapat di Provinsi Kalimantan Selatan dibedakan antara GI 70 kV dengan GI 150 kV karena pada daerah ini Sistem Barito memiliki GI 70 kV dan 150 kV. Hasil simulasi pada Gbr. 2 menunjukkan adanya penurunan tegangan di seluruh GI 150 kV setelah implementasi *Power Wheeling*. Penurunan tegangan terbesar terjadi di GI Batulicin, sebesar 10,37%. Penurunan yang cukup signifikan ini disebabkan pada GI ini beban tambahan karena *Power Wheeling* sebesar 100,69 MW tersambung, sedangkan pada

titik ini tidak ada penambahan pembangkit. Tambahan pasokan tenaga listrik untuk GI ini hanya mengandalkan tambahan pasokan dari GI-GI terdekatnya.



Gbr. 2 Perbandingan tegangan GI 150 kV wilayah Kalimantan Selatan.



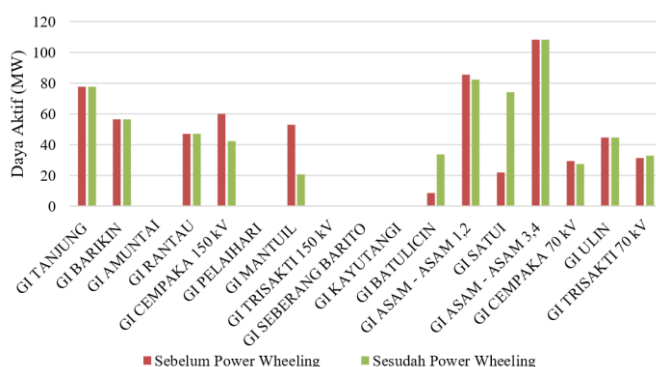
Gbr. 3 Perbandingan tegangan GI 70 kV wilayah Kalimantan Selatan.

Terdapat tiga GI 70 kV di wilayah Kalimantan Selatan, yaitu GI Cempaka, GI Trisakti, dan GI Ulin. Hasil dari perbandingan nilai tegangan pada GI 70 kV di wilayah Kalimantan Selatan diperlihatkan pada Gbr. 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dampak yang sama terjadi seperti pada GI 70 kV di wilayah Kalimantan Selatan. Dampak yang dimaksud yaitu terjadi penurunan atau *drop* tegangan pada GI 70 kV setelah adanya kontrak *Power Wheeling*. Nilai tegangan untuk GI 70 kV di wilayah Kalimantan Selatan baik sebelum maupun setelah adanya *power wheeling* masih sesuai dengan aturan, yaitu -10% dari 70 kV atau sebesar 63 kV.

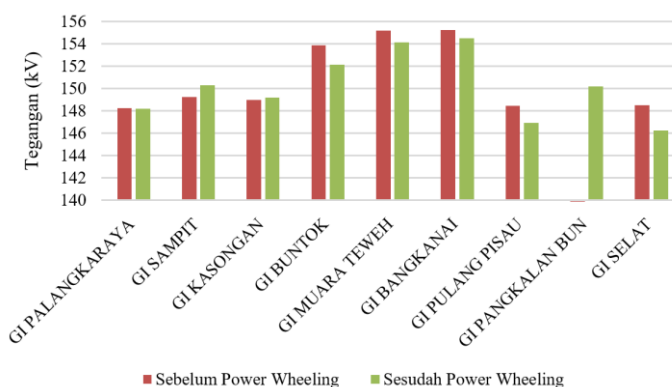
Hasil dari aliran daya GI di wilayah Kalimantan Selatan ditunjukkan pada Gbr. 4. Hasil simulasi aliran daya antara sebelum dan setelah adanya *Power Wheeling* rata-rata mengalami penurunan di tiap GI. Perbedaan terjadi pada GI Batulicin dan GI Satui yang justru mengalami kenaikan. GI Batulicin dan GI Satui ini saling terkoneksi secara seri dan terletak di ujung beban.

Dampak dari adanya *Power Wheeling* ini akan sangat terlihat di wilayah Kalimantan Tengah. Gbr. 5 menjelaskan perbandingan nilai tegangan antara sebelum dan setelah adanya *Power Wheeling* pada tiap GI di wilayah Kalimantan Tengah. Nilai tegangan pada GI di wilayah Kalimantan Tengah rata-rata mengalami penurunan di tiap GI seperti yang terjadi di wilayah Kalimantan Selatan. Namun, terdapat hasil yang berbeda di GI Sampit dan GI Pangkalan Bun, yaitu nilai tegangan justru mengalami peningkatan. Kedua GI tersebut merupakan dua GI di Kalimantan Tengah yang paling

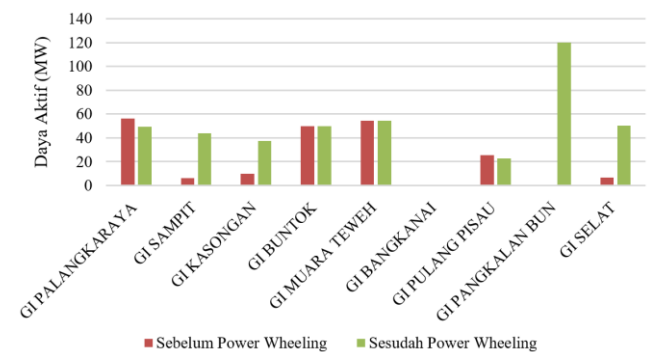
terdampak oleh kontrak *Power Wheeling*. Hal tersebut karena IPP yang direncanakan dibangun dalam kontrak *Power Wheeling* akan masuk di GI Pangkalan Bun yang terhubung dengan jalur transmisi melalui GI Sampit. IPP 2x60 MW yang masuk di GI Pangkalan Bun tersebut akan meningkatkan nilai tegangan di GI Pangkalan Bun dan GI Sampit.



Gbr. 4 Perbandingan aliran daya outgoing GI di wilayah Kalimantan Selatan.



Gbr. 5 Perbandingan tegangan GI wilayah Kalimantan Tengah.



Gbr. 6 Perbandingan aliran daya outgoing GI di wilayah Kalimantan Tengah.

Gbr. 6 merupakan hasil simulasi aliran daya pada tiap GI di wilayah Kalimantan Tengah yang memperlihatkan hasil perbandingan antara sebelum dan setelah adanya *Power Wheeling*. Hasil paling signifikan terlihat dari GI Pangkalan Bun, yaitu aliran daya di GI Pangkalan Bun naik menjadi 120 MW. GI Pangkalan Bun sebelumnya belum terhubung ke GI Sampit dan belum terhubung ke Sistem Barito.

Implementasi *Power Wheeling* akan memengaruhi pembebanan saluran. Tabel I menunjukkan perubahan

pembebanan saluran karena implementasi *Power Wheeling*. Tabel tersebut menunjukkan persentase pembebanan tiap saluran sebelum dan sesudah *Power Wheeling* serta perubahannya. Nilai pembebanan tertinggi pada kondisi *existing* yaitu sebesar 65,59% pada saluran Mintin-Selat 1.

TABEL I
PERUBAHAN PEMBEBANAN SALURAN TRANSMISI

No.	Saluran	Pembebanan Saluran (%)		
		Sebelum	Setelah	Perubahan
1	CEMPAKA 70 - PLTA 1	22,839	23,347	0,508
2	CEMPAKA 70 - PLTA 2	22,838	23,346	0,508
3	CEMPAKA 70 - ULIN 70 1	31,685	36,197	4,512
4	CEMPAKA 70 - ULIN 70 2	31,685	36,197	4,512
5	TRISAKTI 70 - ULIN 70 1	30,261	28,724	-1,537
6	TRISAKTI 70 - ULIN 70 2	30,261	28,724	-1,537
7	ASAM-ASAM - CEMPAKA 1	8,734	21,787	13,053
8	ASAM-ASAM - PELAIHARI	12,935	28,218	15,283
9	ASAM-ASAM - SATUI 1	43,613	44,030	0,417
10	ASAM-ASAM - SATUI 2	43,613	44,030	0,417
11	AMUNTAI - BARIKIN 1	10,446	10,622	0,176
12	AMUNTAI - BARIKIN 2	10,446	10,622	0,176
13	BANGKANAI - MUARA TEWEH 1	17,511	17,510	-0,002
14	BANGKANAI - MUARA TEWEH 2	17,511	17,510	-0,002
15	BARIKIN - TANJUNG 1	36,661	37,296	0,635
16	BARIKIN - TANJUNG 2	36,661	37,296	0,635
17	CEMPAKA 150 - BARIKIN	35,645	36,158	0,513
18	CEMPAKA 150 - RANTAU	28,061	28,285	0,224
19	KASONGAN - SAMPIT 1	49,380	30,958	-18,422
20	KASONGAN - SAMPIT 2	49,296	30,906	-18,390
21	MINTIN - PALANGKARAYA 1	5,946	35,659	29,712
22	MINTIN - PALANGKARAYA 2	11,789	28,468	16,679
23	MINTIN - SELAT 1	65,595	13,098	-52,497
24	MINTIN - SELAT 2	11,838	28,462	16,624
25	MANTUIL - ASAM-ASAM 1	7,804	20,860	13,056
26	MANTUIL - ASAM-ASAM 2	7,804	20,860	13,056
27	MANTUIL - CEMPAKA 1	2,441	26,976	24,535
28	MANTUIL - CEMPAKA 2	2,441	26,976	24,535
29	PANGKALAN BUN - SAMPIT 1	60,483	27,684	-32,799
30	PANGKALAN BUN - SAMPIT 2	60,483	27,684	-32,799
31	PELAIHARI - CEMPAKA 150	7,079	16,072	8,993
32	PULANG PISAU - PALANGKARAYA	14,862	25,413	10,551
33	PALANGKARAYA - KASONGAN 1	43,689	37,249	-6,440

TABEL I (LANJUTAN)
PERUBAHAN PEMBEBANAN SALURAN TRANSMISI

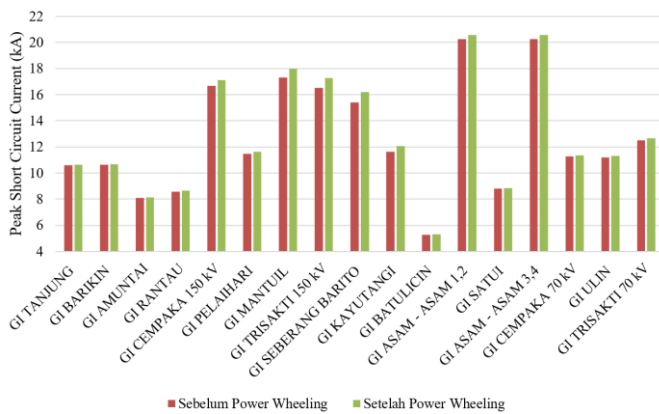
No.	Saluran	Pembebanan Saluran (%)		
		Sebelum	Setelah	Perubahan
34	PALANGKARAYA - KASONGAN 2	43,689	37,249	-6,440
35	RANTAU - BARIKIN	45,844	46,684	0,840
36	SATUI - BATULICIN 1	43,319	43,714	0,395
37	SATUI - BATULICIN 2	43,319	43,714	0,395
38	SEBERANG BARITO - KAYUTANGI 1	12,130	12,477	0,347
39	SEBERANG BARITO - KAYUTANGI 2	12,131	12,478	0,347
40	SEBERANG BARITO - SELAT 1	27,620	32,877	5,257
41	SEBERANG BARITO - SELAT 2	27,613	32,869	5,256
42	TANJUNG - BUNTOK 1	29,291	29,887	0,596
43	TANJUNG - BUNTOK 2	29,291	29,887	0,596
44	TANJUNG - TPI KALSEL 1	0,246	0,242	-0,003
45	TANJUNG - TPI KALSEL 2	0,246	0,242	-0,003
46	TANJUNG - KUARO	4,954	4,896	-0,058
47	MUARA TEWEH - BUNTOK 1	31,854	32,111	0,257
48	MUARA TEWEH - BUNTOK 2	31,854	32,111	0,257
49	TRISAKTI 150 - MANTUIL 1	7,665	25,224	17,559
50	TRISAKTI 150 - MANTUIL 2	7,665	25,224	17,559
51	TRISAKTI 150 - SEBERANG BARITO 1	12,653	37,761	25,109
52	TRISAKTI 150 - SEBERANG BARITO 2	12,653	37,762	25,109

Adapun nilai pembebanan tertinggi setelah implementasi *Power Wheeling* adalah sebesar 46,68%, yaitu pada saluran Rantau-Barikin. Implementasi *Power Wheeling* memperbaiki kondisi pembebanan sistem. Hal ini disebabkan adanya penambahan pembangkit sehingga titik pembangkitan menjadi lebih terdistribusi. Kenaikan pembebanan terbesar terjadi pada saluran Mintin-Palangkaraya 1, yaitu sebesar 29,71%. Namun, kenaikan sebesar 29,71% ini tidak membuat saluran Mintin-Palangkaraya 1 menjadi *overload*, karena pembebanan total saluran ini setelah implementasi *Power Wheeling* masih sebesar 35,66%. Adapun penurunan pembebanan terbesar terjadi pada saluran Mintin-Selat 1, yaitu sebesar 52,50%. Perubahan pola aliran daya karena penambahan pembangkit ini menyebabkan perubahan komposisi pembebanan pada tiap saluran.

B. Hasil Simulasi Hubung Singkat

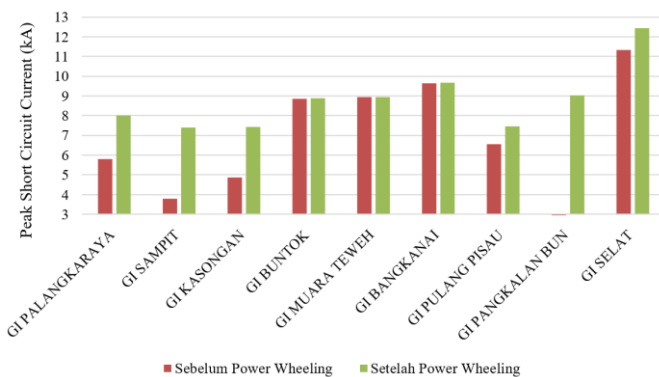
Pada simulasi hubung singkat dilihat arus hubung singkat antara sebelum dan setelah adanya *Power Wheeling*. Hasil yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan batasan *grid code*. Aturan (*grid code*) untuk arus hubung singkat pada tegangan 150 kV yang diperbolehkan yaitu maksimal 30 kA. Sementara itu, untuk tegangan 70 kV arus hubung singkat yang diperbolehkan maksimal 20 kA. Hasil arus hubung singkat untuk GI di wilayah Kalimantan Selatan ditunjukkan pada Gbr. 7. Terlihat bahwa nilai arus hubung singkat masih

sesuai batasan, baik sebelum maupun setelah adanya *Power Wheeling*. Adanya *Power Wheeling* meningkatkan nilai arus hubung singkat pada tiap GI.



Gbr. 7 Perbandingan arus hubung singkat tiap GI di wilayah Kalimantan Selatan.

Hasil nilai arus hubung singkat tiap GI di wilayah Kalimantan Tengah diperlihatkan pada Gbr. 8. Hal yang sama terjadi di tiap GI wilayah Kalimantan Tengah, yaitu *Power Wheeling* meningkatkan arus hubung singkat. Dampak terbesar terjadi di GI Sampit dan GI Pangkalan Bun yang merupakan GI paling terdampak dengan kontrak *Power Wheeling* pada kasus ini. Pada GI Sampit dan GI Pangkalan Bun terjadi lonjakan arus hubung singkat menjadi 7,4 kA dan 9 kA, tetapi nilai arus hubung singkat tersebut masih sesuai dengan batasan yang diperbolehkan, yaitu maksimum 30 kA.

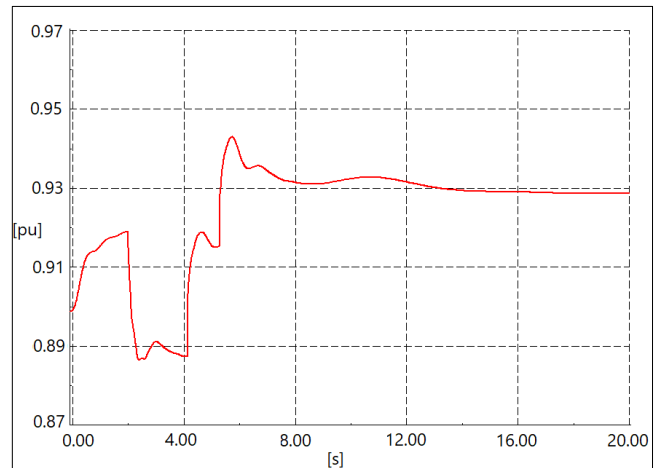


Gbr. 8 Perbandingan arus hubung singkat tiap GI di wilayah Kalimantan Tengah.

C. Hasil Simulasi Stabilitas

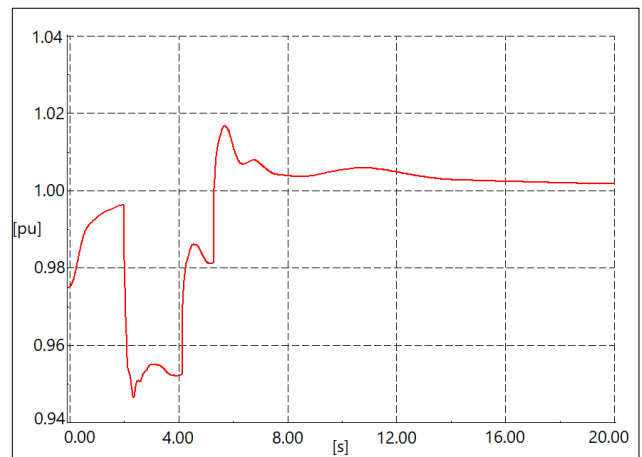
Simulasi stabilitas dilakukan untuk stabilitas tegangan. Skenario simulasi yang dilakukan yaitu simulasi jika IPP dalam kontrak *Power Wheeling* keluar dari sistem karena mengalami gangguan. Pengamatan dilakukan pada GI yang memiliki tegangan terendah saat analisis aliran daya, baik di wilayah Kalimantan Selatan maupun di wilayah Kalimantan Tengah. GI yang memiliki tegangan terendah tersebut yaitu GI Batulicin untuk wilayah Kalimantan Selatan dan GI Selat untuk wilayah Kalimantan Tengah.

Gbr. 9 menunjukkan kondisi tegangan saat transien di GI Batulicin. Saat IPP lepas, tegangan justru mengalami sedikit kenaikan hingga nilai 0,92 pu dari nilai awalnya 0,90 pu. Selanjutnya tegangan akan turun hingga sedikit di bawah nilai 0,89 pu. Kemudian, tegangan akan mulai naik kembali hingga mencapai tunak pada nilai 0,93 pu. Nilai tegangan pada kondisi tunak ini lebih tinggi dari kondisi awal saat IPP masih terhubung dalam simulasi ini. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk menuju ke nilai tegangan 0,93 pu kurang lebih 16 detik.



Gbr. 9 Tegangan di GI Batulicin saat transien.

GI di wilayah Kalimantan Tengah dengan tegangan terendah pada saat kondisi normal adalah GI Selat. Gbr. 10 menunjukkan kondisi tegangan GI Selat pada saat kondisi transien. Tegangan pada kondisi awal saat simulasi yaitu di sekitar 0,975 pu. Saat simulasi IPP lepas, tegangan turun hingga mendekati nilai 0,95 pu dan selanjutnya naik hingga mencapai kondisi tunak di nilai sekitar 1 pu. Waktu yang dibutuhkan hingga tegangan mencapai kondisi tunak kurang lebih 16 detik.



Gbr. 10 Tegangan di GI Selat saat transien.

Dari hasil simulasi stabilitas, yaitu stabilitas tegangan pada GI dengan nilai tegangan normal terendah saat kondisi normal, terlihat sistem tetap pada batas yang aman. Analisis statis

tersebut menunjukkan bahwa stabilitas tegangan karena implementasi *Power Wheeling* masih dalam batas aman.

Nilai *Critical Clearing Time* (CCT) pada Sistem Barito juga mengalami perubahan karena adanya implementasi *Power Wheeling*. Simulasi untuk mengetahui perubahan nilai CCT dilakukan dengan memberikan gangguan di dekat GI Batulicin. Nilai CCT sebelum implementasi *Power Wheeling* yaitu 0,220 s dan nilai tersebut berubah menjadi 0,173 s setelah adanya implementasi *Power Wheeling*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa implementasi *Power Wheeling* pada Sistem Barito memberikan efek yang cukup signifikan pada sistem *existing*. Hampir seluruh tegangan GI mengalami penurunan dengan penurunan terbesar pada GI Batulicin. Implementasi *Power Wheeling* juga mengubah aliran daya *existing* dan mengubah persentase nilai pembebanan tiap saluran. Adapun untuk arus hubung singkat, pada setiap GI terjadi kenaikan, meskipun tetap dalam batas standar. Hasil analisis stabilitas juga menunjukkan sistem tetap dalam kondisi aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT. PLN (Persero) Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Kalselteng atas bantuan informasi terkait Sistem Barito.

REFERENSI

- [1] Menteri Perindustrian Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 35/M-IND/PER/3/2010 Tentang Pedoman Teknis Kawasan Industri," 2010.
- [2] (2016) Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, "Proyek Strategis Nasional," [Online], <https://kppip.go.id/proyek-strategis-nasional/s-pembangunan-kawasan-industri-prioritas-kawasan-ekonomi-khusus/kawasan-industri-batulicin-kalimantan-selatan/>, tanggal akses: 21 Juni 2018.
- [3] IPP Procurement PT PLN (Persero) Head Office, "Market Sounding IPP Procurement in 2016," 2015.
- [4] H.M. Merill dan B.W. Erickson, "Wheeling Rates Based on Marginal Cost Theory," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 4, No. 4, hal. 1445-1451, 1989.
- [5] A.J. Wood dan B. Wollenberg, *Power Generation, Operation and Control*, New York, USA: Wiley, 1996.
- [6] W.J. Lee, C.H. Lin dan L.D. Swift, "Wheeling Charge Under a Deregulated Environment," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 37, No. 1, hal. 178-183, 2001.
- [7] M.C.R.R. Caramanis dan F.C. Schweppe, "The Costs of Wheeling and Optimal Wheeling Rates," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 63-73, 1986.
- [8] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2015," 2015.
- [9] *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis*, New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1998.