UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Generator induksi seringkali digunakan pada sistem pembangkit tenaga listrik dengan energi terbarukan yang beroperasi secara *stand alone* tanpa terhubung jaringan. Generator induksi membutuhkan sumber daya reaktif eksternal yang terhubung dengan terminalnya untuk dapat beroperasi. Kapasitor bank statis yang biasanya digunakan sebagai sumber daya reaktif ekternal tidak dapat menjaga regulasi tegangan generator pada kondisi pembebanan berubah-ubah. SVC-MERS sebagai kompensator daya reaktif variabel dapat digunakan sebagai pengatur tegangan untuk generator induksi pada kondisi pembebanan yang berubah-ubah. Pada penelitian ini akan diamati karakteristik SVC-MERS sebagai kompensator daya reaktif variabel untuk generator induksi pada kondisi pebebanan resistif dan induktif. Hasil yang didapatkan. SVC-MERS dapat meningkatkan regulasi tegangan dibandingkan dengan kapasitor bernilai tetap. SVC-MERS juga dapat meningkatkan daya aktif keluaran generator hingga 24% dibanding dengan kapasitor tetap. Pada pembebanan resistif induktif, SVC-MERS juga dapat meregulasi tegangan terminal generator dengan baik, namun keluaran daya aktif maksimal generator turun 32% lebih kecil dibandingkan dengan pembebanan resistif.

Kata kunci : generator induksi satu-fase, regulasi tegangan, SVC-MERS, daya reaktif variabel

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Induction generator often used for generating power in stand alone system. To operate induction generator need external reactive power supply. Static capacitor bank used for generating reactive power for induction generator cannot regulate terminal voltage on varying load condition. In this research SVC-MERS used as variable reactive power compensator to regulate the terminal voltage of single phase self excited induction generator on resistive and inductive load conditon. Under varying load condition SVC-MERS able to regulate terminal voltage of induction generator better than static capacitor. It also able to improve the maximum actve power output of induction generator up to 24% larger than the static capacitor. On the resistive-inductive loading SVC-MERS also able to regulate the terminal voltage of generator, however the active power output of generator drop to 32% smaller than the resistive loading.

Keywords : single-phase induction generator, voltage regulation, SVC-MERS, variable reactive power.

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I.
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan peradaban ke arah yang lebih modern, perubahan pola hidup dan pertambahan jumlah populasi manusia, mendorong peningkatan kebutuhan akan tenaga listrik. Kebutuhan akan tenaga listrik tersebut diantaranya meliputi sektor rumah tangga, sektor perkantoran, sektor komunikasi, dan sektor industri. Menurut data dari PLN, kebutuhan Indonesia akan energi listrik diproyeksikan akan tumbuh rata-rata sebesar 8,7% per tahun dari tahun 2015-2024 [1]. Oleh karena itu usaha-usaha penyediaan energi listrik juga ditingkatkan untuk memenuhi demand akan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat tersebut.

Sumber energi primer yang berasal dari fossil fuel seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam saat ini berperan sebagai sumber energi utama dalam penyediaan energi listrik. Fossil fuel tersebut merupakan sumber energi yang tidak terbarukan dan memiliki cadangan yang jumlahnya makin lama makin menipis sehingga suatu saat akan habis. Selain itu emisi karbon yang dihasilkan dari pembakaran fossil fuel saat ini juga menyumbang sebagian besar polusi udara. Hal-hal tersebut mendorong usaha-usaha penyediaan energi listrik mulai beralih ke sumber energi alternatif atau energi terbarukan yang lebih hemat dan lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh, aplikasi sumber energi terbarukan antara lain adalah mikrohidro, wind turbine, solar cell, biomassa, ombak, dan panas bumi. Sumber energi terbarukan tersebut dapat pula menjadi solusi untuk menyediakan energi listrik pada daerah-daerah yang belum teraliri listrik karena sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN atau sulit dijangkau sumber daya untuk membuat pembangkit berskala besar.

Pada aplikasi penyediaan energi listrik menggunakan mikrohidro dan wind turbine salah satu sumber utama pembangkitan yang digunakan ialah generator induksi. Generator induksi dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan generator sinkron, yaitu konfigurasinya sederhana, memiliki konstruksi yang kuat, dan perawatannya mudah karena tidak menggunakan brush. Generator induksi memiliki konfigurasi yang sederhana karena tidak memerlukan rangkaian medan eksitasi eksternal, tidak harus diputar dalam kecepatan yang konstan. Generator induksi dapat dibuat dari motor induksi tanpa adanya modifikasi internal karena memiliki konstruksi yang sama sehingga harganya pun lebih murah serta dapat menghasilkan listrik dengan daya rendah hingga menengah [2].

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Namun demikian generator induksi juga memiliki kelemahan, yaitu, tidak dapat menghasilkan daya reaktif sendiri, ia membutuhkan sumber daya reaktif eksternal dari terminal stator untuk menginduksi kumparan medannya. Ketika terhubung dengan grid, generator induksi akan menarik daya reaktif yang diperlukan untuk membangkitkan fluks medannya dari sistem grid yang terhubung, ia akan bergantung pada grid dalam hal pengaturan tegangan dan frekuensinya.

Saat generator induksi beroperasi sendiri tanpa terhubung dengan grid atau secara *stand alone*, generator induksi membutuhkan sumber daya reaktif eksternal yang umumnya berupa kapasitor bank. Kapasitor bank tersebut juga berfungsi sebagai pengatur tegangan terminal generator, sedangkan frekuensi *output* generator bergantung pada frekuensi putaran dari penggerak mula yang terhubung dengan rotor generator. Sistem generator induksi yang beroperasi secara stand alone dengan menggunakan kapasitor eksitasi yang terhubung pada terminalnya tersebut biasa disebut *Self-Excited Induction Generator* (SEIG).

Kapasitor bank sebagai pengatur tegangan yang bersifat statis tidak dapat menjaga tegangan terminal generator yang nilainya akan turun seiring dengan kenaikan beban pada sistemnya. Dalam perkembangannya, pengunaan kapasitor kompensasi yang memiliki nilai yang statis ini, kini mulai bergeser menggunakan peralatan *Flexible Ac Transmission System* (FACTS) yang bersifat lebih dinamis.

Salah satu peralatan FACTS yang berfungsi untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif secara dinamis tersebut adalah SVC-MERS (*static var compensator - magnetic energy recovery switch*). SVC-MERS merupakan suatu perangkat berbasis rangkaian elektronika daya yang berfungsi mengontrol tegangan terminal generator dengan menginjeksi daya reaktif ke sistem SEIG sesuai dengan kebutuhan. SVC-MERS mengontrol tegangan generator induksi dengan konsep *low switching* dan sistem kendali PI yang sederhana [4]. Pada penelitian ini akan dibahas SVC-MERS sebagai kompensator daya reaktif untuk generator induksi satu fase pada kondisi *stand alone* dan akan diteliti karakteristiknya terhadap perubahan beban resistif dan induktif.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada sub-bab 1.1, generator induksi merupakan jenis generator yang memiliki regulasi tegangan yang buruk karena ketidakmampuannya dalam menjaga nilai tegangan terminal keluarannya terhadap kenaikan beban disebabkan sifatnya yang sangat induktif.

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada suatu sistem tenaga listrik, diperlukan nilai besaran tegangan *output* yang tetap untuk menjaga kestabilan sistem, dan oleh karena itu penggunaan generator induksi sebagai pembangkit pada sistem dengan kondisi *stand alone* diperlukan adanya pengaturan tegangan pada terminal *output* nya .

Pada penelitian ini akan dibahas tentang bagaimana opreasi mesin induksi sebagai generator pada keadaan *stand alone* atau sistem *Self-Excited Induction Generator* (SEIG) dan pengaturan tegangan terminal *output*nya dengan kompensator daya reaktif variabel SVC-MERS pada keadaan beban resistif dan induktif.

1.3. Batasan Tugas akhir

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Generator yang digunakan adalah generator induksi satu-fase kumparan ganda dengan daya maksimal 2KW.
2. Level tegangan keluaran generator adalah 110 V.
3. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan beban resistif dan induktif.

1.4. Tujuan Tugas akhir

Adapun tujuan dari diadakannya penelitian ini yaitu :

1. Menerapkan SVC MERS untuk pengaturan tegangan pada sistem SEIG
2. Mengetahui besaran kompensasi daya reaktif untuk generator induksi dan pembebanannya.
3. Mengetahui unjuk kerja SEIG 1 fase dengan kompensator daya reaktif variabel SVC-MERS

1.5. Manfaat Tugas akhir

Manfaat dari diadakannya penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui unjuk kerja generator induksi dengan SVC MERS sebagai kompensator pada keadaan pembebanan reaktif dan induktif
2. SVC-MERS diharapkan dapat diterapkan untuk menstabilkan tegangan pada sistem pembangkit berskala kecil dengan kondisi *isolated*.

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

BAB I : Pendahuluan

Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Bab ini berisi tinjauan pustaka mengenai penelitian yang telah dilakukan dan teori terkait operasi *Self Excited Induction Generator* (SEIG) dan svc-mers sebagai kompensator daya reaktif.

BAB III : Metode Penelitian

Bab ini berisi metodologi tentang jalannya penelitian, peracangan alat dan rangkaian percobaan, skema pengujian, dan cara analisis.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi analisis dari data yang didapatkan dari hasil pengujian generator induksi satu fase dengan SVC-MERS sebagai kompensator daya reaktif.

BAB V : Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan dan saran terkait SVC-MERS sebagai kompensator daya reaktif pada generator induksi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II.
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai mesin induksi sebagai generator telah dilakukan pada penelitian [2]. Mesin induksi sebgagai generator dapat dioperasikan pada kondisi *stand alone* dengan menggunakan eksitasi kapasitif. Dengan pemilihan nilai eksitasi kapasitif yang tepat dapat dihasilkan karakteristik tegangan – beban yang *flat*.

Penelitian mengenai SVC-MERS sebagai suplai daya reaktif variabel untuk generator induksi telah dilakukan pada penelitian [4]. Hasilnya SVC-MERS dapat menjaga nilai tegangan terminal generator induksi pada saat kondisi pertambahan beban.

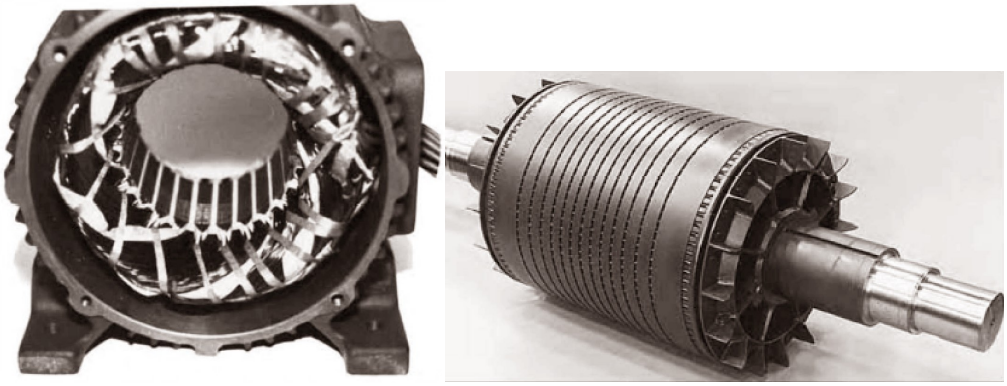
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Mesin Induksi

Mesin induksi adalah jenis mesin listrik yang bekerja dengan konsep induksi elektromagnetik. Pada konstruksinya, kumparan medan pada rotor tidak terhubung langsung dengan sumber tegangan eksternal. Medan magnet pada rotor dibangkitkan oleh induksi magnetik yang berasal dari stator tanpa adanya sambungan kabel langsung ke rotor. Secara umum konstruksi mesin induksi tersebut dapat dioperasikan sebagai motor maupun sebagai generator tanpa adanya modifikasi internal. Saat rotor mesin induksi diputar dengan kecepatan yang melebihi kecepatan sinkronnya maka mesin tersebut akan beroperasi sebagai generator. Mesin induksi yang dioperasikan sebagai generator memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan generator sinkron yaitu: dapat membangitkan listrik dengan daya rendah, harganya lebih murah, dan lebih mudah didapatkan, serta lebih sederhana karena tidak memerlukan rangkaian medan eksitasi terpisah. Namun tidak terdapatnya rangkaian medan terpisah juga merupakan keterbatasan yang menyebabkan generator induksi memerlukan sumber daya reaktif eksternal untuk membangkitkan arus magnetisasi untuk kopel induksi.

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1.1. Konstruksi Mesin Induksi



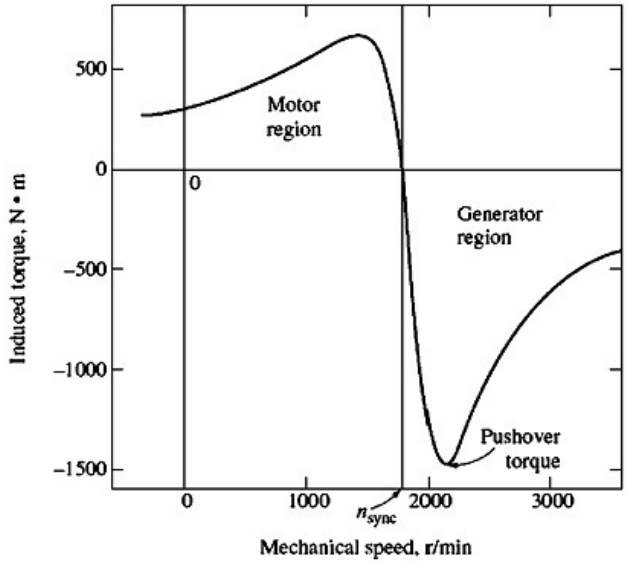
(a) (b)

Gambar 2.1 Penampang mesin induksi rotor sangkar (a) stator, (b) rotor [3]

Konstruksi dari mesin induksi ini terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Penampang mesin induksi diperlihatkan pada Gambar 2.1. Stator merupakan bagian dari mesin yang tidak bergerak, terdiri dari rangka mesin dan kumparan jangkar atau kumparan utama. Rotor merupakan bagian yang berputar di dalam mesin. Stator dan rotor mesin induksi dipisahkan oleh celah udara (*air gap*) sempit yang berada diantaranya. Terdapat dua jenis rotor pada mesin induksi yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*). Rotor belitan ialah rotor yang konstruksinya berupa belitan tiga fase atau satu fase yang sama seperti pada stator dan memiliki jumlah kutub yang sama. Belitan tersebut dapat dihubungkan melalui cincin dengan tahanan luar yang nilainya dapat diatur. Tahanan luar berfungsi untuk menghasilkan kopel mula yang besar dan membatasi arus mula yang besar pada saat start. Sedangkan rotor sangkar tupai memiliki konstruksi rotor berupa batang-batang konduktor yang disusun seperti sangkar tupai, kedua ujung dari batang-batang konduktor tersebut dihubungkan dengan cincin sehingga membuat batang logam tersebut terhubung singkat antara satu dengan yang lain.

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1.2. Karakteristik mesin induksi



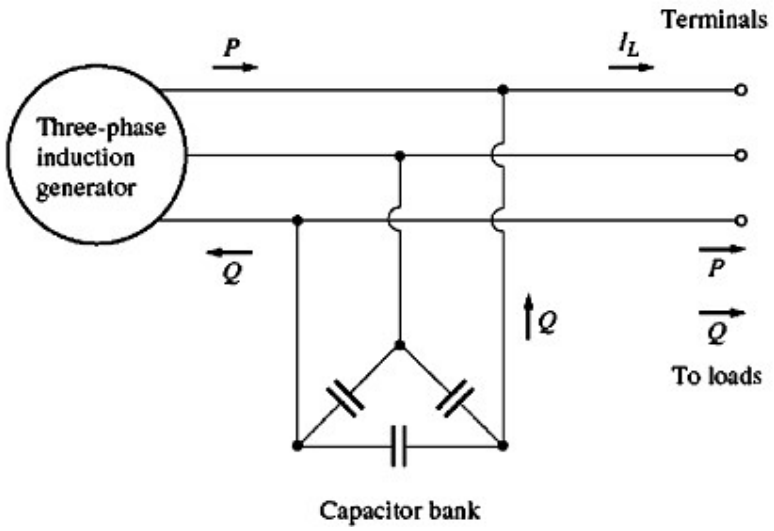
Gambar 2.2 Karakteristik speed-torque mesin induksi [3]

Mesin induksi yang dioperasikan sebagai generator ini tidak membutuhkan rangkaian medan terpisah untuk dapat beroperasi, dan rotor mesin induksi ini tidak harus diputar dengan kecepatan yang konstan seperti pada generator sinkron. Selama rotor diputar melebihi kecepatan sinkronnya generator tersebut akan tetap beroperasi. Semakin besar torsi yang diberikan pada penggerak mula generator maka semakin besar pula daya keluaran generator, daya keluaran generator akan terus naik hingga pada suatu titik tertentu yang disebut *pushover torque*, jika diberikan torsi yang lebih besar lagi maka dayanya tidak akan bertambah lagi namun generator akan *overspeed* seperti yang diperlihatkan Gambar 2.2 [3].

Tidak terdapatnya rangkaian medan eksitasi terpisah pada generator induksi juga merupakan suatu keterbatasan karena generator induksi tersebut tidak dapat menghasilkan daya reaktif sendiri, sebaliknya generator induksi membutuhkkan sumber daya reaktif eksternal untuk menginduksi kumparan medannya. Saat terhubung dengan *grid* atau jaringan yang telah ada maka generator induksi akan menarik daya reaktif dari *grid* tersebut. Nilai tegangan dan frekuensi generator induksi pun akan bergantung sepenuhnya dengan sistem yang terhubung tersebut [2]. Namun jika beroperasi sendiri maka generator induksi memerlukan sumber daya reaktif yang terhubung dengan terminal statornya untuk dapat beroperasi, contohnya yaitu *capacitor bank*. Sistem generator induksi yang beroperasi sendiri secara *isolated* tanpa

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

terhubung dengan jaringan sistem tenaga lain ini biasa disebut *Self-Excited Induction Generator* (SEIG). Rangkaian generator induksi yang beroperasi sendiri atau SEIG ini diperlihatkan pada Gambar 2.3 [3].



Gambar 2.3 Generator induksi yang beroperasi secara isolated dengan sumber daya reaktif eksternal berupa capacitor bank [3]

Pada kasus generator yang beroperasi sendiri nilai frekuensi sistem akan berbanding lurus dengan frekuensi atau kecepatan putar dari penggerak mula dikurangi nilai kecepatan slip. Nilai slip dari generator induksi akan meningkat seiring dengan kenaikan beban. Sedangkan nilai tegangan yang dibangkitkan akan ditentukan oleh kurva saturasi dari mesin dan nilai resistansi kapasitif dari kapasitor eksitasi yang terhubung [2].

2.2.1.3. Pembangkitan tegangan generator induksi

Proses pembangkitan tegangan pada generator induksi dengan kapasitor statis yang terhubung pada terminalnya memiliki karakteristik yang serupa dengan proses pembangkitan tegangan pada generator dc-*shunt*. Pembangkitan tegangan pada generator induksi bergantung pada remanen atau magnet sisa pada kutub-kutub medan dan resistansi dari rangkaian medan. Meskipun hanya sedikit, remanen pada rotor dibutuhkan untuk membangkitkan arus dan tegangan perlahan-lahan secara bertahap hingga mencapai nilai tegangan nominalnya [2].

Terjadinya s*hort circuit* atau pembebanan yang berlebihan saat beroperasi dapat menyebabkan generator kehilangan tegangan, akibatnya remanen magnet pada rotor juga ikut hilang sehingga mesin tidak dapat membangkitkan tegangan kembali. Memulihkan kembali

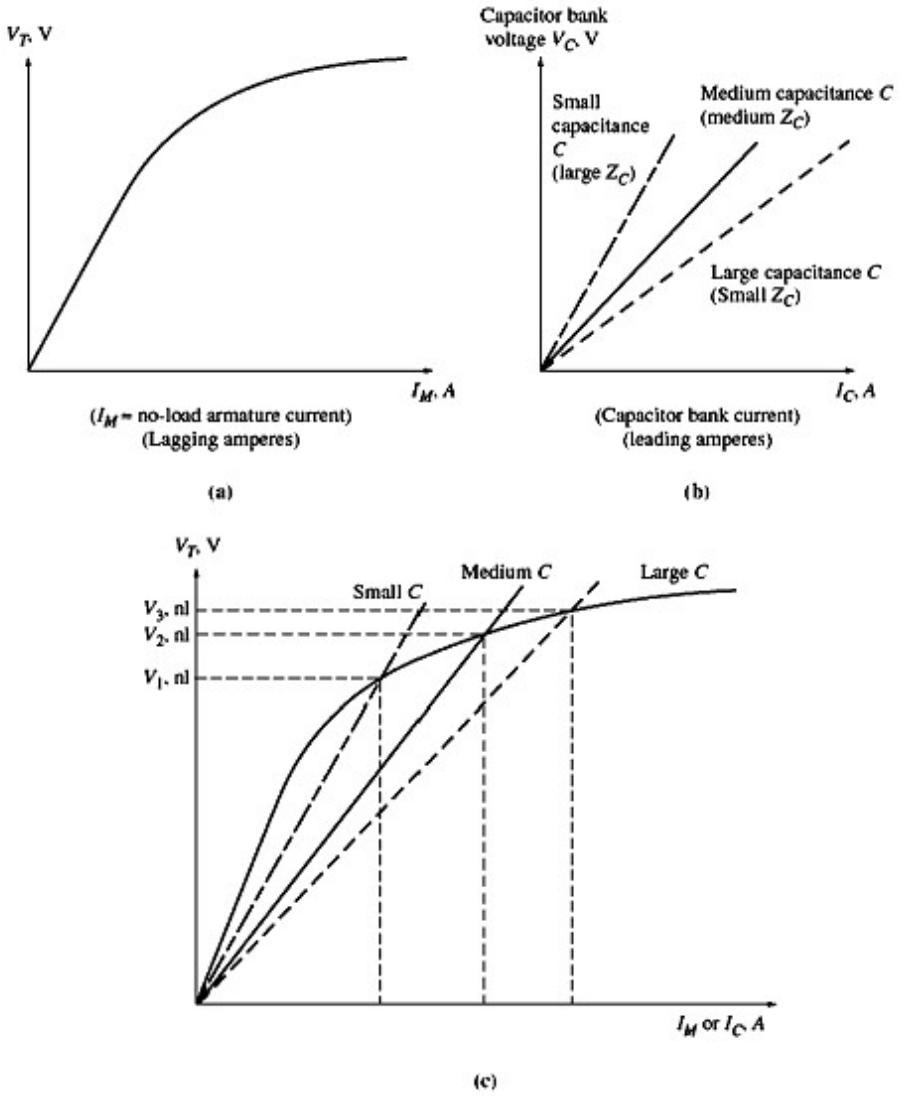
SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

remanen magnet dapat dilakukan dengan memberikan eksitasi sementara pada besi dengan beberapa metode yaitu (1) menjalankan mesin sebagai motor dari sistem yang ada; (2) menghubungkan kapasitor yang memiliki muatan ke belitan stator pada saat mesin sedang beroperasi; (3) menghubungkan baterai dengan kedua terminal mesin untuk beberapa saat ketika mesin tidak sedang beroperasi. Saat pertama kali tegangan dibangkitkan, saat rotor mulai diputar oleh *prime mover*, jika tidak terdapat remanen magnet pada rotor, maka generator tidak akan dapat membangkitkan tegangan [2].

Nilai tegangan final pada proses pembangkitan ini ditentukan oleh resistansi dari rangkaian medan. Remanen pada inti besi pada rangkaian magnetik akan membangkitkan tegangan kecil pada stator saat generator mulai berputar. Kapasitor yang terhubung kemudian menyebabkan arus magnetisasi *lagging* mengalir pada belitan stator. Jika kapasitansi memiliki nilai yang cukup, arus yang mengalir akan bernilai cukup besar untuk membangkitkan fluks pada celah udara. Kenaikan fluks pada celah udara akan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi, kemudian menghasilkan arus eksitasi yang lebih besar, dan kemudian menghasilkan fluks yang lebih besar lagi pada celah udara, dan begitu seterusnya hingga pembangkitan tegangan pada mesin mencapai nilai finalnya. Nilai ini ditentukan oleh kurva saturasi dari mesin, dan reaktansi kapasitif dari kapasitor yang terhubung [3].

Untuk dapat beroperasi mesin induksi membutuhkan arus magnetisasi (I_m) untuk membangkitkan fluks pada kumparan medannya. Nilai dari arus magnetisasi tersebut dapat diperoleh dengan menjalakan mesin sebagai motor dengan keadaan tanpa beban, kemudian mengukur arus jangkarnya sebagai fungsi dari tegangan terminal. Kurva saturasi atau magnetisasi menunjukkan fungsi tegangan terminal generator terhadap arus magnetisasinya, diperlihatkan pada Gambar 2.4(a). Untuk mencapai level tegangan tersebut, kapasitor eksternal harus menyuplai arus magnetisasi hingga level tersebut

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

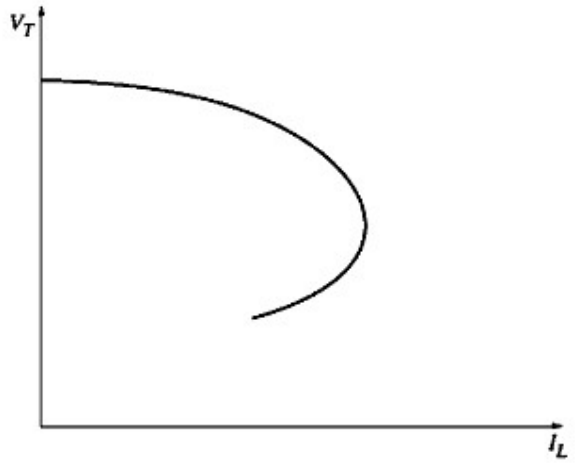


Gambar 2.4 Kurva magnetisasi mesin induksi dengan berbagai nilai kapasitor [3]

Kapasitor menghasilkan arus yang berbanding lurus terhadap tegangan yang diberikan kepadanya, grafik arus terhadap tegangan kapasitor untuk berbagai nilai kapasitansi diperlihatkan Gambar 2.4(b). Tegangan tanpa beban generator induksi merupakan perpotongan arus magnetisasinya dengan arus kapasitor yang terhubung ke terminalnya. Tegangan terminal tanpa beban generator induksi untuk tiga kelompok kapasitor berbeda diperlihatkan Gambar 2.4(c) [3].

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

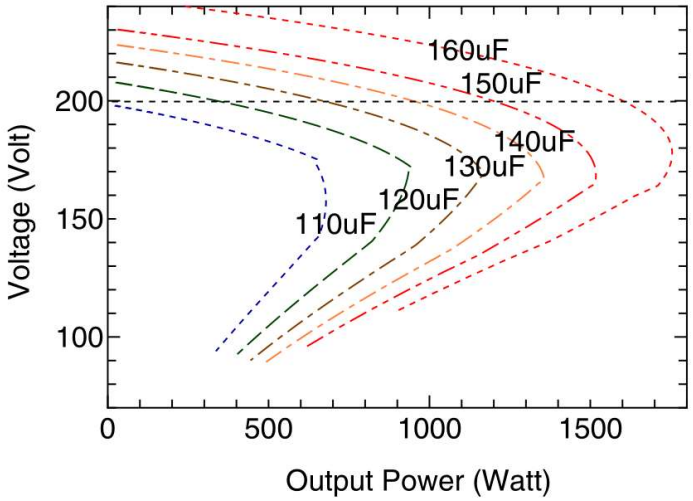
2.2.1.4. Pembebanan generator induksi



Gambar 2.5 Kurva tegangan terminal generator terhadap arus [3]

Kelemahan yang terdapat pada generator induksi yaitu tegangannya yang berubah secara signifikan seiring dengan perubahan pada bebannya, khususnya beban reaktif. Karakteristik terminal generator induksi yang beroperasi sendiri dengan kapasitans parallel konstan diperlihatkan pada Gambar 2.5 [3,4]. Pada saat pembebanan, turunnya tegangan terminal juga akan menyebabkan turunnya arus yang diperoleh kapasitor eksitasi. Akibatnya tegangan terminal generator pun nilainya ikut turun kembali akibat berkurangnya arus kapasitif yang dipasok oleh kapasitor. Seiring dengan makin meningkatnya beban, tegangan terminal pun turun dengan makin cepat. Pada titik ini mesin menjadi tidak stabil, tegangan terminal dan arus kemudian akan turun secara cepat hingga bernilai nol. Pada pembebanan induktif, tegangan terminal generator induksi jatuh sangat cepat. Hal ini terjadi karena kapasitor yang konstan harus menyuplai daya reaktif yang dibutuhkan untuk beban serta generator, menyebabkan penurunan besar pada tegangan generator [2].

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.6 Karakteristik kapasitor eksitasi [4]

Pada Gambar 2.6 diperlihatkan kurva karakteristik beban dengan menggunakan berbagai ukuran kapasitor eksitasi yang bernilai tetap untuk mesin induksi 200 V 1,5 kW. Semakin besar nilai kapasitor yang digunakan pada sistem nilai semakin besar pula nilai tegangan awal dan daya aktif maksimal dari sistem tersebut. Pada keadaan pembebanan yang bervariasi dibutuhkan sebuah kompensasi daya reaktif variabel untuk mendapatkan regulasi nilai tegangan yang baik [4].

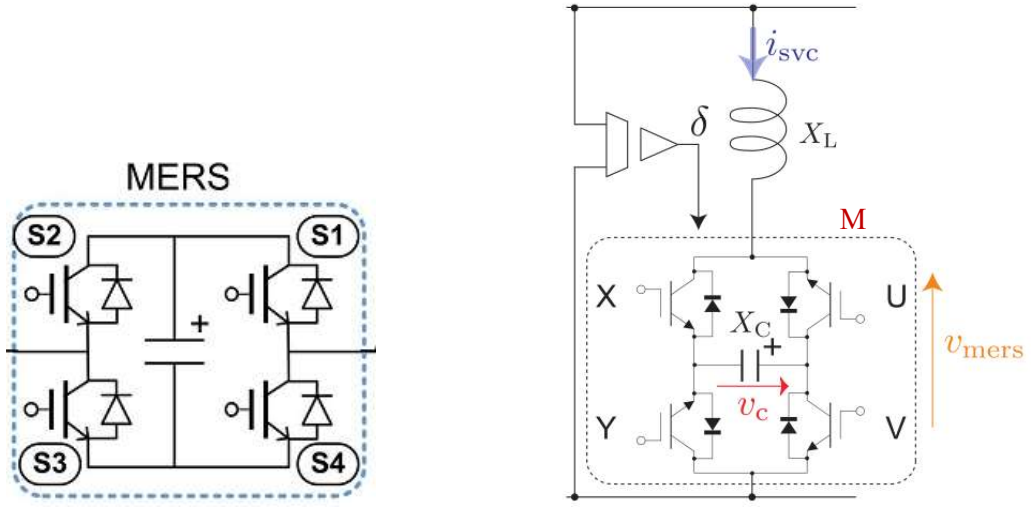
2.2.2. SVC MERS

Kompensasi daya reaktif sangat berguna untuk menstabilkan tegangan, memperbaiki faktor daya, dan menyeimbangkan beban induktif. SVC-MERS, singkatan dari *Static Var Compensator Magnetic Energy Recovery Switch*, merupakan suatu kompensator daya reaktif variabel berbasis rangkaian elektronika daya yang ditawarkan pada penelitian [4] sebagai kompensator *shunt* pada sistem *distributed generator* menggunakan generator induksi sangkar tupai. SVC-MERS memikiki beberapa keunggulan pada pengoperasiannya yaitu menggunakan *line frequency swithing*, kapasitor DC berukuran kecil, dan kontinuitas kompensasi daya kapasitif dengan kendali yang sederhana [7,8].

SVC-MERS UNTUK PENGATURAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF INDUKTIF
HARDIAN WAHYU P, Dr.Eng., F. Danang Wijaya, S.T., M.T. ; Ir. Bambang Sugiyantoro M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.2.1. Konfigurasi MERS

Magnetic Energy Recovery Switch atau saklar pemulih energi magnetik merupakan alat yang dapat menyimpan energi magnetik dan melepaskanya kembali. Konstruksi dari MERS ini berupa empat buah saklar semikonduktor dapat berupa MOSFET atau IGBT dan sebuah kapasitor dc yang dirangkai secara *full bridge* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.8(a). MERS biasanya ditempatkan secara seri diantara sumber AC dan beban, berperan sebagai kompensator daya reaktif seri untuk memperbaiki faktor daya dan kendali *power flow.* SVC-MERS ialah sebuah rangkaian MERS yang digunakan segabai kompensator *shunt* dan terhubung dengan *grid* melalui sebuah induktor seri. Induktor berfugsi sebagai filter untuk mengurangi arus harmonik yang mengalir pada sistem. Rangkaian SVC-MERS sebagai kompensator *shunt* diperlihatkan pada gambar 2.8(b). Untuk konfigurasi pada sistem tiga fase maka digunakan masing-masing satu buah SVC-MERS per fase [4].



(a) (b)

Gambar 2.7 Konfigurasi MERS dan rangkaian ekivalen SVC-MERS [5,7]

2.2.2.2. Prinsip Kerja MERS

Konsep kerja dari MERS ini ialah menyimpan energi magnetik pada kapasitor dan kemudian melepaskannya kembali. Waktu pengisian dan pelepasan muatan kapasitor tersebut diatur oleh empat buah saklar yang bekerja secara berpasangan dengan *trigger* penyaklarannya berasal dari frekuensi jaringan. Prinsip operasinya diperlihatkan pada Gambar 2.8. Keempat