

DESAIN INVERTER SATU FASE UNTUK PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN LISTRIK PADA RUMAH TANGGA DENGAN KOMPENSASI SERI

Turahyo, F. Danang Wijaya, Eka Firmansyah

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281

E-mail : turahyoahyo@gmail.com¹, danangwijaya@ugm.ac.id², eka.firmansyah@gmail.com³

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang desain inverter satu fase yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tegangan pada konsumen rumah tangga. Skema pemasangan Inverter satu fase pada konsumen rumah tangga dilakukan secara seri dengan beban. Inverter satu fase digunakan sebagai kontrol penstabil tegangan masukan dari PLN dengan keluaran tegangan listrik yang stabil pada beban konsumen rumah tangga. Tegangan masukan dari PLN disearahkan secara langsung oleh dioda bridge dan oleh kapasitor tegangan tinggi tegangan keluarannya diratakan yang digunakan sebagai power supply utama pada inverter. Metode *direct digital synthesis* digunakan sebagai cara untuk membangkitkan pulsa PWM pada inverter satu fase sedangkan semikonduktor IGBT digunakan sebagai penguat daya pada inverter. Kontrol keluaran tegangan pada inverter dilakukan dengan mengatur besaran indeks modulasi *direct digital synthesis* pada pembangkitan pulsa PWM sehingga dihasilkan kualitas tegangan keluaran yang lebih stabil.

Kata Kunci : Dynamic voltage restore, Stabilitas tegangan, Direct digital synthesis.

I. PENDAHULUAN

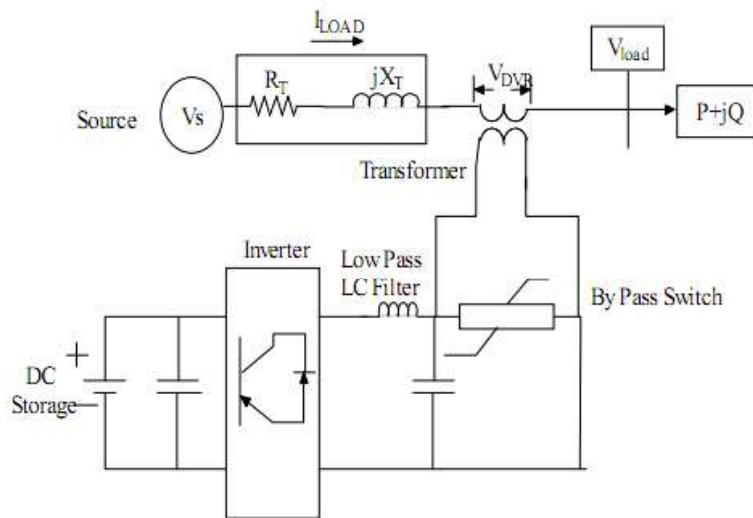
Gangguan kualitas tegangan yang berupa *voltage sag* dan *voltage swell* merupakan gangguan yang dianggap sebagai permasalahan serius pada peralatan listrik yang peka terhadap perubahan tegangan. Menurunnya tegangan pasokan listrik secara singkat karena bertambahnya beban adalah merupakan gangguan *voltage sag*, sedangkan bertambahnya tegangan pasokan secara singkat yang dihasilkan dari perubahan penurunan beban secara mendadak disebut sebagai gangguan *voltage swell* [1]. Pada konsumen rumah tangga khususnya di konsumen rumah tangga yang berada jauh dari pembangkit listrik, pada ujung saluran distribusi mengalami penurunan tegangan yang cukup besar sehingga tegangan yang diterima oleh konsumen rumah tangga dibawah tegangan yang ditetapkan [2]. Menurunnya tegangan listrik ke konsumen rumah tanggamengakibatkan menurunnya faktor daya listrik [3]. Perbaikan kualitas tegangan dapat juga dilakukan dengan menggunakan kompensasi tegangan seri dengan *ac chopper* atau yang biasa disebut sebagai *dynamic voltage restore* (DVR) [5], [6] dan [7].

Perkembangan piranti semikonduktor yang semakin cepat memungkinkan pengendalian dan pengaturan tegangan menjadi semakin mudah. Inverter merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk mengkonversi daya, daya yang dikonversikan berasal dari bentuk DC ke bentuk AC. Bentuk besaran yang dikonversi dapat berupa tegangan dan sumber arus. Inverter mempunyai kemampuan dalam mengontrol besaran arus, tegangan dan frekuensi[4].

Desain inverter satu fase ini dirancang untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke konsumen rumah tangga sehingga peralatan listrik rumah tangga terhindar dari kerusakan yang diakibatkan naik-turunnya tegangan listrik.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dynamic voltage restore (DVR) digunakan sebagai solusi untuk mengatasi voltage sag pada sistem [9]. Struktur dasar dari *dynamic voltage restore* (DVR) ditunjukkan pada gambar 1. Didalam DVR terbagi menjadi 6 kategori : (i) Energy Storage Unit : dalam sistem ini dimungkinkan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan DC seperti pada *flywheels*, *batteries*, *superconducting magnetic energy storage (SMES)*, dan *super capacitors* [10]. (ii) Capacitor : DVR dapat disimpan dalam bentuk tegangan DC pada DC capacitor. (iii) Inverter : sistem inverter digunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC [11]. Tegangan rendah dan arus yang tinggi dengan menggunakan transformator dapat diinjeksikan tegangan yang berfungsi seperti sebagai kompensasi pada DVR. (iv) Pasif filter : filter digunakan untuk membalik bentuk gelombang PWM ke dalam bentuk gelombang sinus. (v) By-Pass Switch : digunakan sebagai proteksi pada inverter dari arus yang besar yang di timbulkan dari kondisi short circuit. (vi) Voltage Injection Transformers: Pada sistem tiga fase, transformator tiga fase dapat digunakan sebagai injektor tegangan [12].

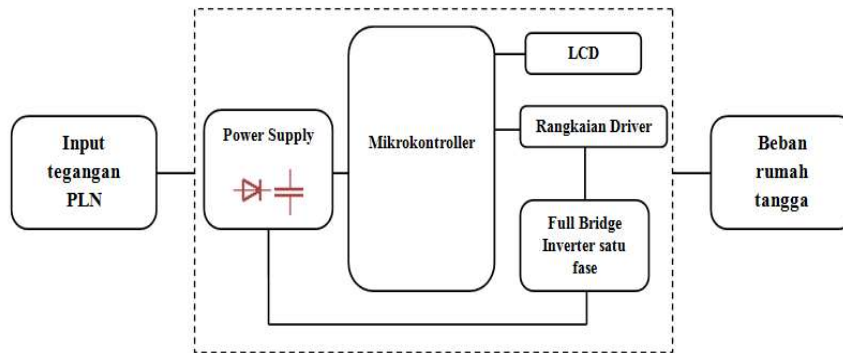


Gambar 1. Struktur dasar DVR

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Arsitektur sistem inverter satu fase

Desain inverter satu fase dipasang secara seri dengan beban listrik rumah tangga dengan input tegangan listrik dari PLN. Desain inverter satu fase yang digunakan terdiri dari bagian desain sistem *hardware* dan desain sistem *software*. Dalam desain sistem *hardware* mencakup bagian power supply, mikrokontroler sebagai pengendali tegangan output sekaligus sebagai penghasil pulsa PWM berbasis DDS, rangkaian *driver*, *full bridge* inverter satu fase, LCD sebagai penampil tegangan input dan output dari inverter satu fase. Dalam desain *Software* algoritma DDS digunakan dalam proses pembangkitkan pulsa PWM pada inverter. Dalam algoritma DDS meliputi desain untuk membangkitkan pulsa gelombang segitiga dan pulsa gelombang sinusoidal yang di bandingkan dalam komparator untuk menghasilkan pulsa PWM yang digunakan untuk memicu *full bridge* inverter satu fase. Gambar 2. Menunjukkan skema pemasangan dan arsitektur sistem inverter satu fase.



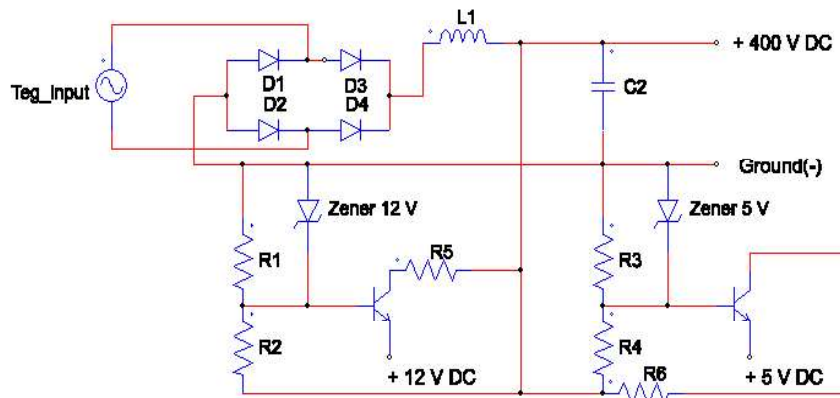
Gambar 2. Arsitektur sistem inverter satu fase.

2. Desain Hardware

Desain hardware terdiri dari 5 blok bagian yang meliputi *power supply*, mikrokontroler, LCD display, rangkaian *driver* dan *full bridge* inverter satu fase sebagai penguat dayanya.

A. Power Supply

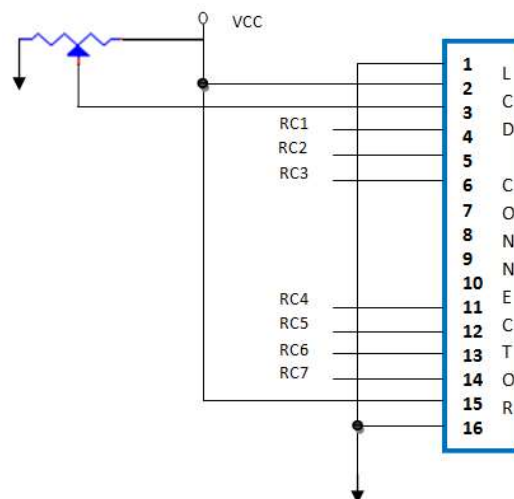
Tegangan input dari PLN yang berupa tegangan AC disearahkan oleh dioda bridge untuk menghasilkan tegangan DC yang kemudian di ratakan oleh kapasitor tegangan tinggi agar lebih stabil. Tegangan DC ini digunakan sebagai power supply utama pada sistem inverter satu fase. *Full bridge* inverter satu fase di suplay menggunakan tegangan DC ini sedangkan untuk suply pada mikrokontroler dan rangkaian driver, tegangan DC ini harus diturunkan dahulu agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Gambar 3. menunjukan skema rangkaian power supply untuk inverter satu fase



Gambar 3. Rangkaian power supply inverter

B. LCD Display

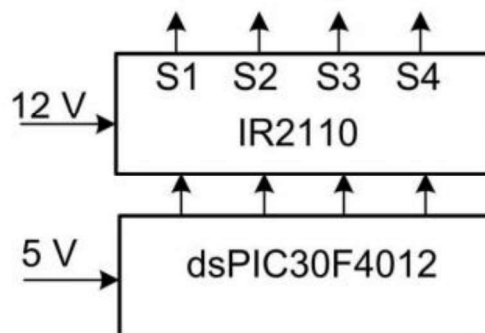
LCD display 16x2 digunakan dalam menampilkan tegangan input dan output inverter satufase secara *real time*. LCD display ini mempunyai 16 pin dalam 1 *line* akan tetapi hanya digunakan 12 pin saja. Komunikasi data secara paralel melalui 4 buah bus data dan kontrol LCD display melalui 3 buah bus kontrol yang terhubung pada *PORT RC* mikrokontroler. *Power supply* tegangan DC melalui 2 buah pin yaitu VCC dan VDD, sebuah pin VEE sebagai kontrol kontras LCD dan 2 buah pin sebagai pin lampu *backligh* LCD. Gambar 4 memperlihatkan hubungan pin-pin LCD display dengan pin-pin pada mikrokontroler.



Gambar 4. Diagram koneksi LCD display

C. Rangkaian Driver

Dalam desain inverter satu fase ini menggunakan rangkaian driver IC IR2110 . IC ini mempunyai 2 input dan dua output sehingga dalam desain inverter satu fase ini membutuhkan dua buah IC IR2110. IC driver ini mempunyai impedansi masukan yang tinggi sehingga arus yang mengalir pada IC IR2110 kecil hal ini menyebabkan mikrokontroler tidak terbebani. Pra-kondisi input gate pada IGBT dilakukan juga dalam rangkaian driver ini . Pra- kondisi dibutuhkan oleh sistem *full bridge* inverter satu fase untuk mencegah saat kondisi *on* pertama kali tidak terjadi kondisi *on* yang bersamaan pada saklar semikonduktor S1, S2 dan S3, S4. Kondisi *on* yang bersamaan pada saklar semikonduktor dapat menyebabkan kerusakan pada IGBT.

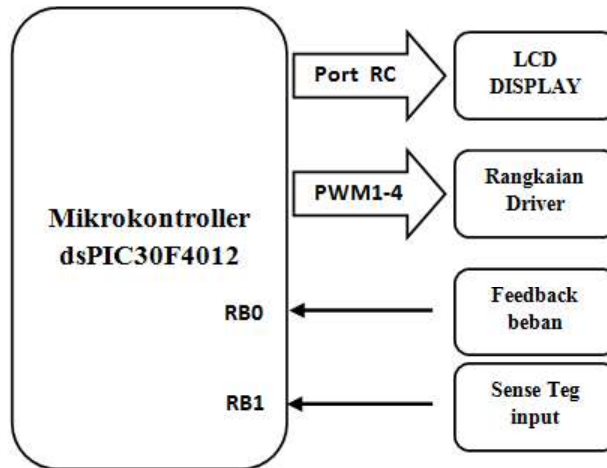


Gambar 5. Rangkaian driver

D. Mikrokontroler

Dalam desain mikrokontroler ini kami menggunakan mikrokontroler dsPIC30F4012 sebagai pengendali tegangan output inverter satu fase . Mikrokontroler dsPIC30F4012 mempunyai fitur yang unik yaitu fitur komplemen PWM sehingga dalam membangkitkan sinyal hanya memperhatikan 2 buah sinyal saja yaitu sinyal S2 dan S4 atau S1 dan S3 pada *full bridge* inverter satu fase . Dalam mikrokontroler dsPIC30F4012 sudah tersedia lebih dari 4 buah pin output yang dapat menghasilkan pulsa PWM sehingga sudah mencukupi untuk kebutuhan sistem dalam memicu *full bridge* inverter satu fase selain itu dalam mikrokontroler dsPIC30F4012 tersedia juga fitur *dead time* . *Dead time* adalah waktu kosong antara dua sinyal yang komplemen, *dead time* dapat digunakan untuk proteksi agar saklar IGBT dalam *full bridge* inverter satu fase agar tidak terjadi kondisi *on* yang bersamaan . Kondisi ini dapat menimbulkan

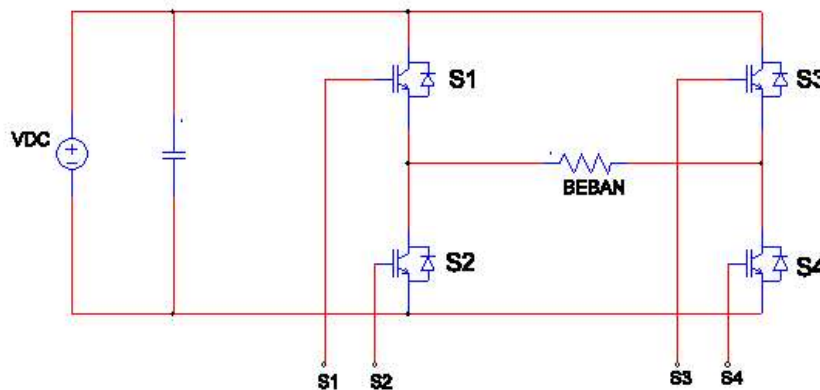
hubung singkat pada IGBT. Rangkaian *driver* diperlukan mikrokontroler dsPIC30F4012 untuk menyangga sinyal output ke-4 PWM sebelum diumpungkan ke *gate* IGBT. Sebuah pin input RB0 pada mikrokontroler dsPIC30F4012 digunakan sebagai input dari feedback tegangan keluaran dari *full bridge* inverter satu fase sedangkan pin RB1 digunakan sebagai input sense tegangan input DC tegangan tinggi pada inverter. Port RC pada mikrokontroler dsPIC30F4012 digunakan sebagai komunikasi data dan kontrol pada LCD display.



Gambar 6. Rangkaian pengendali mikrokontroler

E. Fullbridge inverter satu fase

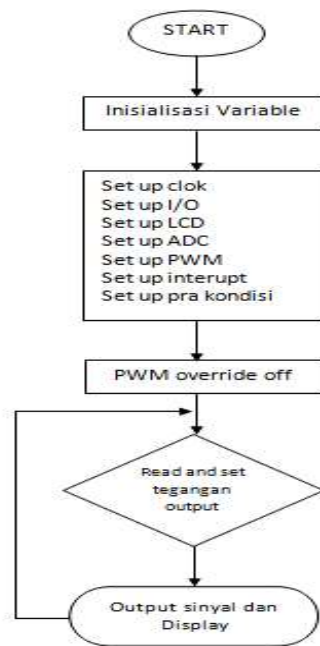
IGBT adalah salah satu saklar semikonduktor yang mempunyai kemampuan dialiri arus dan tegangan yang lebih baik dibandingkan dengan jenis saklar semikonduktor yang lain. Desain inverter satu fase ini menggunakan semikonduktor IGBT yang dikonfigurasi pada *full bridge* inverter satu fase. IGBT sebanyak 4 buah dibutuhkan untuk membangun konfigurasi *full bridge* inverter satu fase seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Fullbridge inverter satu fase

3. Desain Software

Setelah desain *hardware* dibuat dengan baik kita dapat mengkoneksikannya dengan desain *software*. Dalam desain software ini menggunakan software MPLAB X IDE untuk membangkitkan sinyal PWM dengan algoritma DDS selain itu untuk memprogram pengendalian dan kontrol pada sistem inverter satu fase. Penanaman software ke mikrokontroler dsPIC30F4012 dilakukan menggunakan bantuan *downloader* PICKIT 3 buatan microchip. Gambar 8 menunjukkan diagram alir dari proses pemrograman pada mikrokontroler.



Gambar 8. Diagram alir utama program

IV. KESIMPULAN

Dalam mikrokontroler dsPIC30F4012 terdapat fitur komplemen PWM dan *dead time* yang mempermudah pembuatan inverter. Dengan mengatur indeks modulasi pada DDS kita dapat mengatur tegangan output dari *full bridge* inverter satu fase. Desain inverter satu fase ini mudah dibuat dan mudah untuk dimodifikasi pada jenis mikrokontroler yang lain. Tegangan dan frekuensi dapat diatur sesuai kebutuhan dengan pembangkitan sinyal menggunakan DDS. Pemasangan sistem inverter satu fase dengan beban dilakukan secara seri.

V. REFERENSI

- [1] H. Liu, J. Wang.(2012).Analysis and control of a single phase AC chopper in series connection with an auto-transformer, presented at the ICAC 12 - Proceedings of the 18th International Conference on Automation and Computing: Integration of Design and Engineering, pp. 49–54.
- [2] Mahfudz Shidiq.(2010).Penurunan Jatuh Tegangan Dan Rugi Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Mikrohidro.J. EECCIS, vol. 4 no.1.
- [3] A. Natalinus.(2013). Pengaruh perubahan tegangan sumber terhadap karakteristik faktor daya pada lampu hemat energi, Jurnal. Tek. Elektro, vol. 2, no. 1.
- [4] Rashid M.H.(1993).Power electronics circuits, devices, and applications, second Edition. London, Prentice-Hall International, Inc.
- [5] M.Sharanya, B.Basavaraja,(2012). An Overview of Dynamic Voltage Restorer for Voltage.Int. J. Eng. Adv. Technol. IJEAT, vol. 2, no. Issue-2.
- [6] P. Rajakumar, R. Saravanakumar, and R. Thirumalaivasan.(2014). Power quality enhancement using photovoltaic based dynamic voltage restorer. presented at the 2014 International Conference on Advances in Electrical Engineering, ICAEE .
- [7] Mayank Paliwal, Rohit Chandra Verma.(2014).Voltage Sag Compensation Using Dynamic Voltage Restorer.Adv. Electron. Electr. Eng., vol. 4, no 6, pp. 645–654.
- [8] Shuangxi Gao, Shufu Cao, Ying Zhang.(2010). Sinusoidal Pulse Width Modulation Design Base DDS. Intelligent Systems and Applications (ISA)2nd International Workshop on. pp. 1-4.

- [9] H.P. Tiwari, Sunil Kumar Gupta. (2010). Dynamic Voltage Restorer Based on Load Condition. International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 1.
- [10] Kasuni Perera, Daniel Salomon son dkk.(2006). Automated Control Technique for A Single Phase Dynamic Voltage Restorer. IEEE.
- [11] S. V Ravi Kumar, S. Siva Nagaraju.(2007). Simulation of D-Statcom and DVR in Power Systems. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol. 2, No. 3.
- [12] C. Zhan, M. Barnes, V.K. Ramachandaramurthy, N. Jenkis. (2000). Dynamic Voltage Restorer with Battery Energy Storage for Voltage Dip Mitigation. Power Electronics and Variable Speed Drives, 18-19, Conference Publication No. 475.