

RANCANG BANGUN PERANGKAT PEMBANGKIT PWM BIPOLAR

Fathoni

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
pakfapyrus@yahoo.com

Abstrak

Pengaturan daya listrik, baik AC maupun DC dapat dilakukan dengan cara linier maupun switching. Beban-beban yang dikendalikan dapat berupa motor, elemen pemanas ataupun lampu pijar. Umumnya efisiensi dari pengendalian daya beban dengan cara switching lebih baik dibanding dengan cara linier sehingga cara switching banyak digunakan hingga saat ini. Cara switching juga memungkinkan untuk pengendalian secara otomatis, jarak jauh dan tanpa menggunakan kabel.

Pada sistem pengaturan daya beban dengan mikrokontroler, keluaran rangkaian pembangkit PWM digunakan untuk pengendalian saklar daya. Pulsa keluaran dapat jadi standar TTL atau dengan amplitudo lebih rendah dan pada pengendalian rangkaian H *bridge* diperlukan PWM bipolar dengan tambahan *dead band* pada setiap sisi naik pulsa.

Pembangkit PWM bipolar yang dirancangnya dalam makalah ini mempunyai keluaran dengan standar TTL dilengkapi rangkaian *dead band* dan pengaman hubung singkat terhadap jalur $V_{CC} = 5$ volt maupun terhadap jalur ground. Berdasar hasil pengujian, tanpa beban dan hubung singkat dalam keadaan keluaran rendah dan tinggi adalah sebagai berikut, $V_{OL}(\text{min}) = 0,4$ volt, $V_{OH}(\text{mak}) = 4,2$ volt. Arus hubung singkat keluaran terhadap GND saat tinggi adalah 100 mA dan arus hubung singkat terhadap jalur V_{CC} saat keluaran rendah adalah 90 mA. Frekuensi pulsa keluaran adalah, 50, 100, 1k, 10k dan 20k Hz dengan *dead band* 10 μ s.

Kata-kata kunci: Pulsa, duty cycle, pengendali, saklar daya, TTL

Abstract

Electrical power settings, both AC and DC can be done by linear or switching. Controlled loads may be motors, heating elements or incandescent lamps. Generally the efficiency of load power control by

way of switching is better than linear way so the way switching is widely used today. Switching also allows for automatic, remote and wireless control

In load power management system with microcontroller, PWM generator circuit output is used for control of power switch. The output pulse can be TTL standard or with lower amplitude and on the control of the H bridge circuit required bipolar PWM with additional dead band on each side of the pulse ride.

The bipolar PWM generator designed in this study has an output with TTL standard with a dead band circuit and a short circuit protection for VCC = 5 volts and a ground path, Testing with no load and short circuit in low and high output states is as follows.

$V_{OL(min)} = 0.4$ volts, $V_{OH(max)} = 4.2$ volts. The short circuit of output to high GND is 100 mA and short circuit current to VCC path at low output is 90 mA, The output frequency of bipolar pulses is, 50, 100, 1k, 10k and 20k Hz with 10 μ s dead band

Keywords: Pulse. duty cycle. controller. power switch. TTL

1. PENDAHULUAN

Terapan sinyal PWM dalam elektronika daya maupun elektronika industri sangatlah banyak. Variasi lebar pulsa digunakan untuk kendali keadaan *on* dan *off* dari saklar daya sebagai pencacah besaran dc maupun ac (*chopper*). Pengaturan daya dengan cara seperti ini dikenal sebagai pengaturan switching. Pada terapan rangkaian kendali dengan mikrokontroler, pulsa yang dikeluarkan mempunyai amplitudo antara 3,3 volt hingga hampir 5 volt dan tergantung dari tegangan catu daya yang digunakan. Pembangkit pulsa bipolar dengan spesifikasi khusus atau terbatas dapat memudahkan pemakai terutama sebagai simulator pada praktikum rangkaian kendali atau elektronika daya. Kekhususan yang diperlukan dalam banyak terapan adalah amplitudo standar TTL dengan variasi frekuensi dan variasi lebar pulsa.

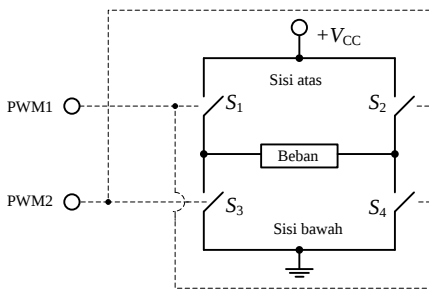
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sinyal PWM Bipolar

Terapan PWM bipolar utamanya adalah untuk pengendalian rangkaian *H bridge*. Fungsi bipolar adalah untuk hantar dan

sumbat secara bergantian diagonal. Saklar yang digunakan bisa berupa BJT, MOSFET atau IGBT. Beban dapat berupa motor dc maupun trafo dalam terapan inverter maupun konverter. Skema rangkaian *H bridge* ditunjukkan dalam Gambar 1.

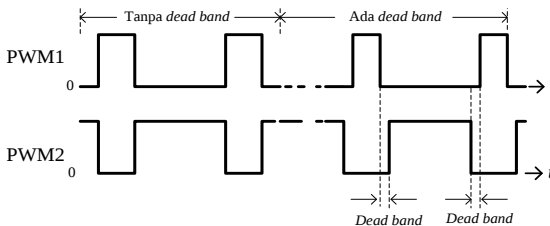
Karena adanya jeda waktu untuk hantar dan waktu sumbat dari pulsa saklar maka sering terjadi hubung singkat saklar segaris atau yang disebut *shoot through*. Keadaan ini menjadikan kerusakan permanen pada saklar dan untuk menghindarinya diperlukan jeda atau tundaan waktu naik tiap-tiap pulsa yang disebut *dead band* atau *dead time*. [1]



Gambar 1. Skema Rangkaian *H Bridge*

Fungsi rangkaian jembatan ini dapat sebagai pengatur kecepatan dan arah motor dc, inverter SPWM (sinusoidal PWM), maupun konverter dc ke dc. Inverter SPWM dapat bekerja dengan bipolar maupun unipolar yang keduanya membutuhkan rangkaian *H bridge*. Keduanya dapat diterapkan pada tegangan tinggi seperti pada VSD maupun dengan trafo *step-up* untuk catu daya dc tegangan rendah. [2]

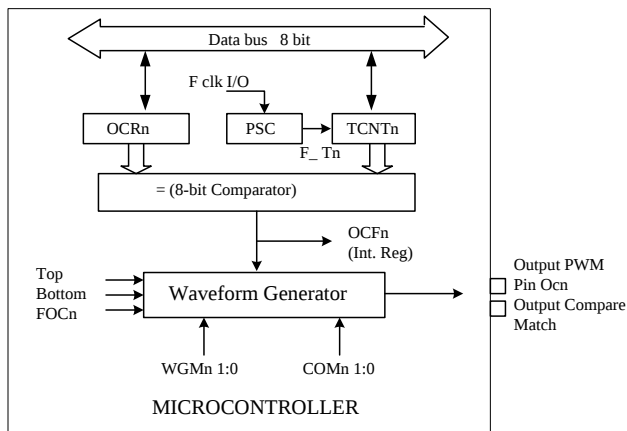
Contoh pulsa PWM bipolar dengan jeda waktu naik pulsa ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk PWM bipolar dengan *dead band*

2.2 Mikrokontroller

Mikrokontroller Atmega8 telah dirancang untuk berbagai terapan serta dilengkapi dengan fasilitas Timer/Counter mandiri untuk kanal 0, 1, dan 2. Ketiganya memiliki fitur untuk membangkitkan PWM dengan lebar data 8 bit s/d 16 bit. Timer/Counter kanal 0 dan 2 dirancang untuk membangkitkan PWM dengan lebar data 8 bit, sedangkan Timer/counter kanal 1 dirancang untuk membangkitkan PWM dengan lebar data 8, 9, 10, atau 16 bit tergantung dari kebutuhan. Ketiga Timer/Counter tersebut bekerja secara mandiri dengan satu sumber clock. Diagram blok bagian-bagian dalam mikrokontroller yang bekerja sebagai pembangkit PWM ditunjukkan dalam Gambar 3.

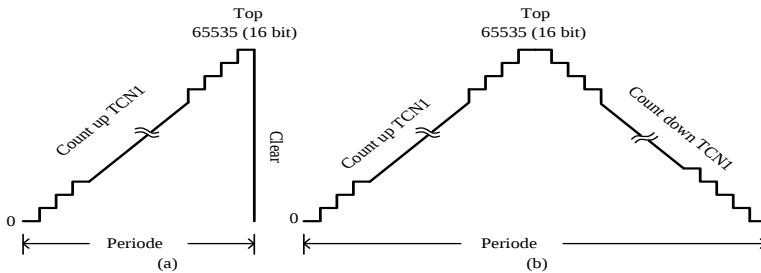


Gambar 3. Diagram Pembangkit PWM

Secara umum terdapat 2 register di dalam Timer/Counter 1 yaitu: register TCNT1 (Timer/Counter 1) 16 bit yang berupa *up/down counter*, register OCR1 (Output Compare Register) yang merupakan register pembanding statis, yang akan didekati oleh pergerakan TCNT1 pada saat menghitung maju atau mundur.

Ketika kedua register ini sama maka pembanding digital 16 bit akan melakukan interupsi kepada prosessor untuk mengeksekusi program tertentu. Selain itu, pembanding akan

memicu *wave form generator* untuk membangkitkan sinyal PWM sesuai dengan mode yang dipilih lewat pin OCnx



Gambar 4. Pergerakan TCNT1

Pada saat Timer/Counter 1 dibuat sebagai pembangkit *fast PWM*, maka pergerakan counter register TCNT1 adalah seperti ditunjukkan dalam Gambar 4(a). Ketika TCNT1 mendapatkan clock, maka ia akan menghitung maju hingga menuju TOP dan kembali ke 0, demikian seterusnya. Dengan demikian pergerakan TCNT1 membentuk pola gelombang gigi gergaji dengan kemiringan tergantung dari kecepatan clock. Satu perioda PWM yang dihasilkan adalah dimulai dari hitungan ke 0 dari TCNT1 hingga kembali lagi ke hitungan ke 0.

Pada saat Timer/Counter 1 dikonfigurasi sebagai pembangkit *phase correct PWM*, maka pergerakan counter register TCNT1 akan terlihat seperti Gambar 4(b). Ketika TCNT1 mendapatkan clock, maka ia akan menghitung maju hingga menuju TOP dan kemudian menghitung mundur menuju 0, demikian seterusnya. Dengan demikian pergerakan TCNT1 membentuk pola gelombang segi tiga dengan kemiringan yang tergantung dari kecepatan clock. Satu perioda PWM yang dihasilkan adalah dimulai dari hitungan ke 0 dari TCNT1 hingga kembali lagi ke hitungan ke 0. [3]

2.2. Penentuan Frekuensi PWM

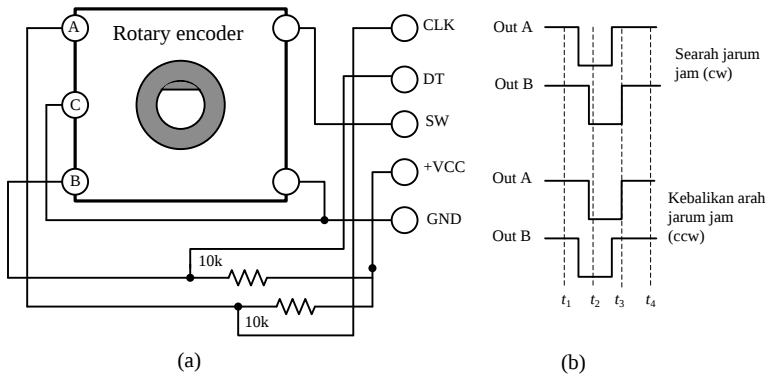
Penentuan frekuensi sinyal PWM dapat dijelaskan sebagai berikut, langkah awal adalah menentukan mode PWM sesuai dengan kebutuhan kemudian menentukan frekuensi atau periode keluaran sinyal PWM pada pin Ocn. Jika dipilih mode *fast PWM* maka frekuensi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk I/O}}{N \cdot 256} \quad (1)$$

N adalah variable yang menunjukkan faktor prescale yaitu 1, 8, 64, 256 atau 1024. Jika dipilih mode *phase correct PWM* maka frekuensi keluaran dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$f_{OCnPCPWM} = \frac{f_{clk I/O}}{N \cdot 510} \quad (2)$$

Pada mode *phase correct PWM* pada saat $TCNTn = 0$ maka komparator digital mengeluarkan logika 1. Pada saat hitung-maju (*count-up*) menyentuh nilai $OCRn$ dan komparator digital mengeluarkan logika 0, hitung-maju terus berproses hingga mencapai puncak atau TOP dan kemudian berubah menjadi hitung-mundur (*count-down*).[4]



Gambar 5. (a) Rotary Encoder. (b) Diagram Waktu

2.3 Rotary Encoder

Rotary encoder adalah komponen elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Di dalam terapan digital, komponen ini dapat menggantikan potensiometer dan saklar tekan sekaligus. *Rotary encoder* dipergunakan di dalam penelitian ini adalah jenis *incremental rotary encoder* yang diperuntukkan sebagai pengganti potensiometer sebagai pengatur perubahan frekuensi dan *duty cycle* yang dikehendaki.

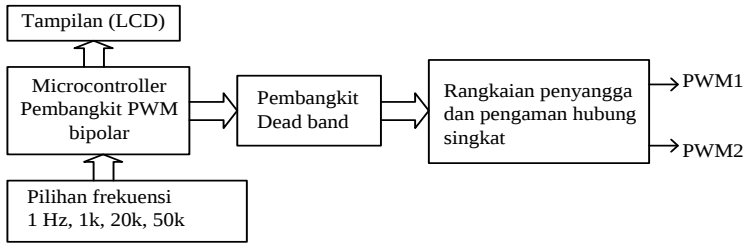
Kelebihan *rotary encoder* terhadap potensiometer adalah pada resolusi pengaturannya yang dapat diubah-ubah secara perangkat lunak menurut kebutuhan. Prinsip kerja *rotary encoder* adalah dipasangnya piringan dengan beberapa lobang atau jendela sebagai pelacak gerakan. Sumber cahaya dan sensor sebagai penerima telah dipasang berdekatan sehingga dapat dibaca putaran piringan untuk searah jarum jam (CW) maupun kebalikan arah jarum jam (CCW).

3. METODE

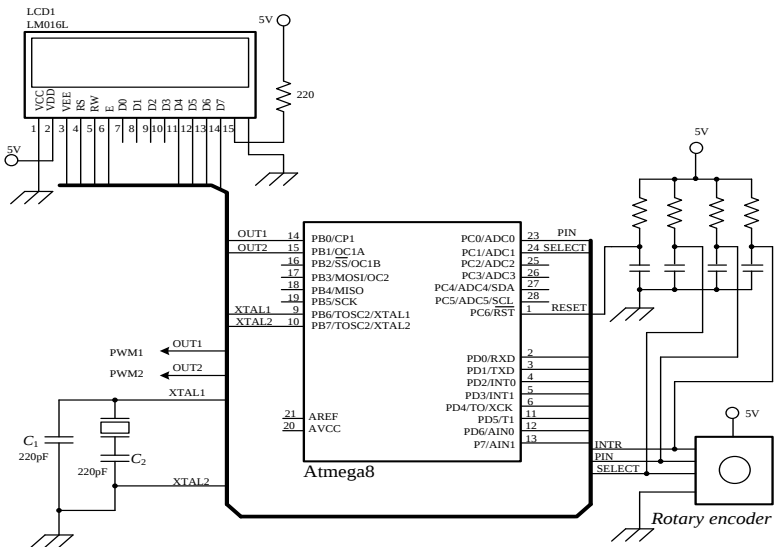
Rancangan perangkat pembangkit PWM bipolar dengan Atmega8 dan tampilan LCD serta pemilih frekuensi dan DC ditunjukkan dengan diagram blok dalam Gambar 6. Pemilihan frekuensi kerja dilakukan dengan menekan *rotary encoder*. Frekuensi PWM yang ditetapkan adalah 1Hz, 50 Hz, 100 Hz, 1k dan 20k Hz. Pemilihan lebar pulsa PWM atau *duty cycle* dilakukan dengan memutar *rotary encoder* ke kiri atau ke kanan untuk mengurangi atau menambah. *Duty cycle* terendah adalah 5% dengan kenaikan per 5% hingga maksimal 90%. Skema rangkaian pembangkit PWM bipolar ditunjukkan dalam Gambar 7.

Rangkaian pembangkit *dead band* dibangun dari IC TTL74LS14 dengan tambahan rangkaian RC seri. Dengan perhitungan konstanta waktu yang terbentuk dari input pulsa PWM dapat ditentukan lebar *dead band*. Dalam penelitian ini lebar *dead band* dirancang kurang dari 10 μ s.

Penyangga jenis *totem-pole* menggunakan transistor BC107 dan BC177 sebagai komplemennya dalam konfigurasi *common-collector* (CC). Pengaman diperlukan sebagai fitur perangkat yang digunakan dalam praktikum berhubung frekuensi pemakaian yang tinggi dan praktikan yang berganti-ganti. Pengaman adalah resistor seri beban yang ditetapkan berdasar kemampuan arus maksimal transistor yang digunakan. [5]



Gambar 6. Diagram Blok Perangkat Pembangkit PWM



Gambar 7. Skema Rangkaian Pembangkit PWM Bipolar

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian pembangkit PWM bipolar untuk masing-masing jalur keluaran adalah sebagai berikut,

$$I_{OL(max)} = 30 \text{ mA pada tegangan keluaran } V_{OL(max)} = 0,8 \text{ volt}$$

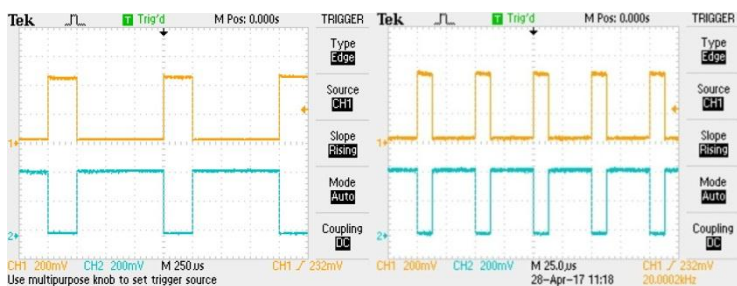
$$I_{OH(max)} = 60 \text{ mA pada tegangan keluaran } V_{OH(min)} = 2,0 \text{ volt}$$

Pengujian tanpa beban untuk keadaan keluaran rendah bernilai minimal sedangkan keadaan tinggi bernilai maksimal. Hasil pengukuran diperoleh data penguuran sebagai berikut, $V_{OL}(\text{min}) = 0,4$ volt dan $V_{OH}(\text{mak}) = 4,2$ volt. Arus hubung

singkat keluaran terhadap GND saat tinggi adalah 100 mA dan arus hubung singkat terhadap jalur VCC saat eluaran rendah adalah 90 mA. Lama pengujian kedua keadaan hubung singkat tersebut berlangsung kurang lebih 5 menit dan tidak menimbulkan kerusakan pada tingkat akhir atau rangkaian *totem pole*. Data pengujian perangkat pembangkit PWM bipolar untuk masing-masing jalur keluaran, PWM 1 dan PWM2 dengan beban resistip ditunjukkan dalam Tabel 1. Lebar jeda waktu naik pulsa atau *dead band* hanya dapat diamati pada frekuensi 20k Hz dengan *duty cycle* 50% dan terlihat dengan lebar sekitar 8 μ s. Bentuk gelombang PWM bipolar dengan frekuensi 20k Hz ditunjukkan dalam Gambar 8.

Tabel 1. Data Pengujian

I_{OL} (mA)	V_{OL} (volt)	Keterangan	I_{OH} (mA)	V_{OH} (volt)	Keterangan
30	0,8	V_{OL} mak	60	2	$V_{OH}(\text{min})$
0	0,4	V_{OL} min	0	4,2	$V_{OH}(\text{mak})$
100	0	Hubung singkat ke GND	90	5	Hubung singkat ke V_{CC}



Gambar 8. Bentuk Gelombang PWM Bipolar

Dengan perubahan nilai kapasitor maka lebar *dead band* yang terbentuk sekitar 8 μ s. Lebar pulsa minimal yang dapat digunakan dengan lebar *dead band* tersebut tidak boleh lebih kecil atau sama dengan 10 μ s. Jika lebar pulsa dikurangi *dead band* terkecil adalah 10 μ s maka lebar pulsa sebenarnya adalah

20 μ s atau *duty cycle* terkecil adalah 2% jika frekuensi PWM adalah 1k Hz.

5. PENUTUP

Perangkat PWM bipolar yang dihasilkan mikrokontroller dapat diatur frekuensi keluaran 5 variasi, 1, 50, 100, 1k dan 20k Hz dan *duty cycle* minimal 5% dengan kenaikan 5% serta dengan *dead band* tetap sebesar sekitar 8 μ s dapat digunakan sebagai pelengkap modul praktikum Elektronika Daya di Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vincent Sieben, *A High Power H-bridge*, Autonomous Robotic Vehicle Project, 2003
- [2] Anuja Namboori, Marshal S. Wani, *Unipolar and Bipolar PWM Inverter*, IJIRST, Vol. 1 issue 7, 2014
- [3] Atmel, *Atmega8L Datasheet*, Atmel Corporation, 2002.
- [4] Agus Pracoyo, *Modul Ajar Praktikum Mikrokontroller*, Politeknik Negeri Malang, 2012
- [5] Anonim, *BC107;BC108;BC109 NPN & BC177, 178, 179 PNP General Purpose Transistors*, Philips Semiconductor, 1997