

**PENGUBAH LITAR ARUS TERUS BERASASKAN PERUBAHAN
KITARAN KERJA MENGGUNAKAN PENGAWAL MIKRO
ARDUINO**

NOOR AISYAH MOHD JOHARY

**FAKULTI KEJURUTERAAN ELEKTRIK DAN ELEKTRONIK
UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA**

2015

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar belakang projek

Penyongsang merupakan peranti elektronik kuasa yang menukarkan sumber kuasa arus terus (AT) kepada arus ulang alik (AU). Penyongsang digunakan dalam banyak aplikasi seperti sumber tenaga boleh diperbaharui[1]. Ia juga telah digunakan dalam pelbagai aplikasi industri, termasuk kawalan kelajuan induksi motor segerak, pemanasan induksi, bekalan kuasa pesawat, bekalan kuasa tidak terganggu (UPS), penghantaran voltan tinggi arus terus (AT) dan lain-lain. Perubahan pada gelombang keluaran penyongsang boleh dilihat dalam modulasi lebar denyut (PWM). PWM ini digunakan untuk mengurangkan penyelewengan dalam penyongsang bertingkat sebagai modulasi ini boleh membuat gelombang persegi daripada kawalan digital[2]. Penyongsang yang menggunakan teknik PWM mempunyai input DC dan biasanya berterusan dalam magnitud.

Arduino adalah alat untuk membuat komputer yang boleh mengawal berdasarkan papan pengawal mikro yang mudah dan persekitaran pembangunan untuk menulis perisian untuk papan. Dalam projek ini, Arduino digunakan untuk mereka bentuk pengawal yang akan mengawal input yang hendak diubah sebagai keluaran yang dikehendaki. Selain itu, pengawal mikro ini boleh bertindak untuk mengawal kelajuan motor dimana penyongsang biasanya disambungkan ke beban motor untuk meningkatkan kecekapan kerja.

1.2 **Penyataan masalah**

Penyongsang ini telah digunakan secara meluas dalam pelbagai jenis aplikasi. Sebagai contoh, kawalan motor dan tenaga boleh diperbaharui di mana masukan sumber arus terus (AT) akan ditukar kepada voltan keluaran Arus ulang alik (AU). Penggunaan program arduino dalam pengawal mikro untuk mengawal keluaran yang dikehendaki. Ia juga kerana keupayaan arduino menjadi pengawal mikro yang lebih murah berbanding dengan litar pengawal mikro yang lain. Untuk mengawal kendalian penyongsang, seringkali digunakan pengawal mikro yang melibatkan kos yang tinggi. Selain itu, pengaturcaraan yang digunakan agak rumit dan sukar untuk difahami. Ia akan mengambil masa untuk memahami program yang digunakan dan mahir dalam penggunaan program itu. Oleh itu, pengawal mikro arduino digunakan di dalam projek ini. Pengaturcaraannya lebih mudah untuk dipelajari untuk peringkat permulaan. Dengan ini, ia juga boleh diadaptasi untuk penggunaan dalam bidang elektronik kuasa. Ia juga terbukti lebih baik kerana banyak masalah yang telah diselesaikan dan lebih mudah untuk difahami oleh pengguna seperti pelajar.

1.3 Objektif

Objektif projek ini adalah seperti berikut :

- i) Mengenalpasti program arduino dan papan pengawal mikro untuk membuat penyambungan dari komputer ke litar pemacu dan litar penyongsang.
- ii) Mereka bentuk litar pemacu dan litar penyongsang.
- iii) Membuat perbandingan terhadap kitaran kerja dari hasil keluaran pada litar inverter.

1.4 Skop projek

- i) Projek ini menggunakan penyongsang satu fasa dengan masukan voltan 5V.
- ii) Litar pemacu yang digunakan adalah 1 masukan dan 4 keluaran.
- iii) Menggunakan program Arduino UNO.



BAB 2

KAJIAN ILMIAH

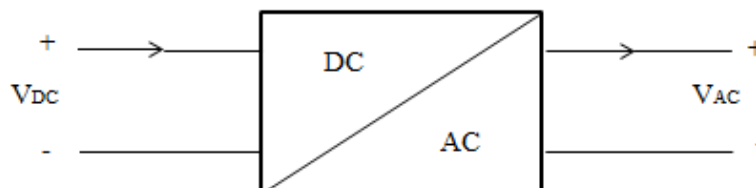
2.1 Pengenalan

Bab ini merangkumi semua kajian penting yang telah dilakukan di dalam projek ini. Ini termasuk jurnal dari internet dan buku-buku rujukan dari perpustakaan.

2.2 Penyongsang

Penyongsang pada asasnya merupakan peranti elektronik kuasa yang menukarkan sumber kuasa arus terus (AT) seperti bateri kepada kuasa arus ulang alik yang diperlukan[3]. Rajah 2.1 menunjukkan gambarajah blok asas litar penyongsang. Penyongsang digunakan dalam banyak aplikasi seperti sumber tenaga boleh diperbaharui[4]. Ia juga telah digunakan dalam pelbagai aplikasi industri, termasuk kawalan kelajuan induksi motor segerak, pemanasan induksi, bekalan kuasa pesawat, bekalan kuasa tidak terganggu (UPS), penghantaran votlan tinggi arus terus dan lain-lain[5]. Kebanyakan penyongsang melakukan

tugas mereka dengan melakukan dua fungsi utama, pertama ia menukar arus terus (AT) masuk ke dalam Arus ulang alik (AU), kemudian meningkatkan sumber arus ulang alik (AU) kepada sesalur tahap voltan menggunakan pengubah. Tujuan melakukan operasi ini adalah untuk mendapatkan sebagai cekap yang mungkin, supaya banyak sumber tenaga.

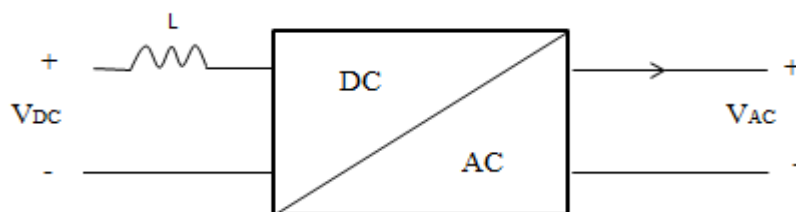


Rajah 2.1: Gambar rajah blok asas penyongsang

Penyongsang boleh dikelaskan kepada dua jenis iaitu penyongsang satu fasa dan penyongsang tiga fasa. Secara amnya penyongsang ini menggunakan isyarat kawalan modulasi lebar denyut (PWM) untuk menghasilkan voltan keluaran arus ulang alik (AU). Topologi untuk penyongsang boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu penyongsang sumber voltan dan penyongsang sumber Arus. Ia dipanggil sebagai penyongsang sumber voltan (VSI) kerana bentuk gelombang voltan keluaran secara bebas boleh dikawal. Begitu juga dengan penyongsang sumber Arus (CSI), bentuk gelombang keluaran arus secara bebas boleh dikawal. CSI digunakan untuk menghasilkan keluaran arus ulang alik (AU) semasa daripada bekalan arus terus (AT) semasa.



Rajah 2.2: Gambar rajah blok penyongsang sumber voltan (VSI)



Rajah 2.3: Gambar rajah blok penyongsang sumber arus (CSI)

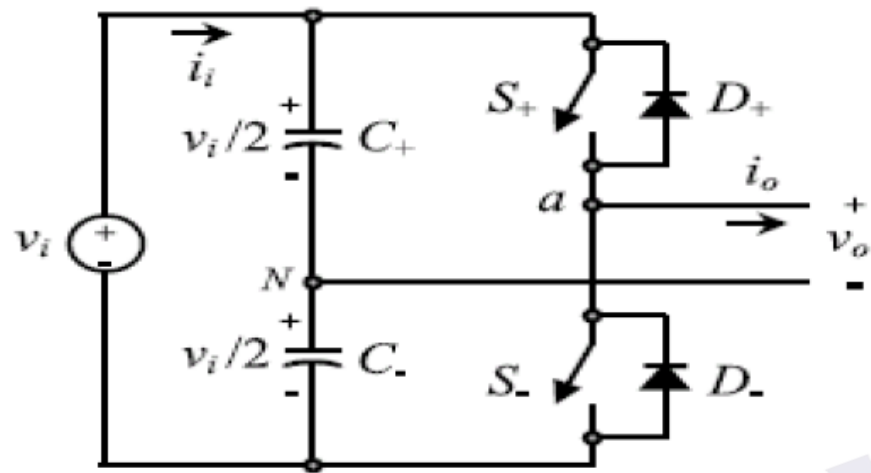
Terdapat tiga jenis utama VSI:

1. Penyongsang jambatan separuh satu fasa.
2. Penyongsang jambatan penuh satu fasa.
3. Penyongsang sumber voltan tiga fasa.

2.2.1 Penyongsang Jambatan Separuh

Gambar rajah 2.4 menunjukkan topologi kuasa jambatan separuh VSI, di mana dua kapasitor besar diperlukan untuk menyediakan satu titik N neutral, supaya setiap kapasitor mengekalkan voltan malar (V_i) / 2. Kerana harmonik semasa disuntik oleh operasi penyongsang adalah harmonik perintah rendah, satu set kapasitor besar (C_+ dan C_-) diperlukan. Adalah jelas bahawa kedua-dua suis S_+ dan S_- tidak boleh 'ON' pada masa yang sama kerana litar pintas di seluruh pautan arus terus (AT) sumber voltan V_i akan dihasilkan[6].

Terdapat dua yang tertakrif (keadaan 1 dan 2) dan satu tidak tertakrif (keadaan 3) beralih keadaan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1. Untuk mengelakkan litar pintas di seluruh bus arus terus (AT) dan keadaan voltan keluaran arus ulang alik (AU) yang tidak tertakrif, teknik modulasi perlu sentiasa memastikan bahawa di mana-mana kaki penyongsang sama ada bahagian atas atau suis bahagian bawah adalah 'ON'.



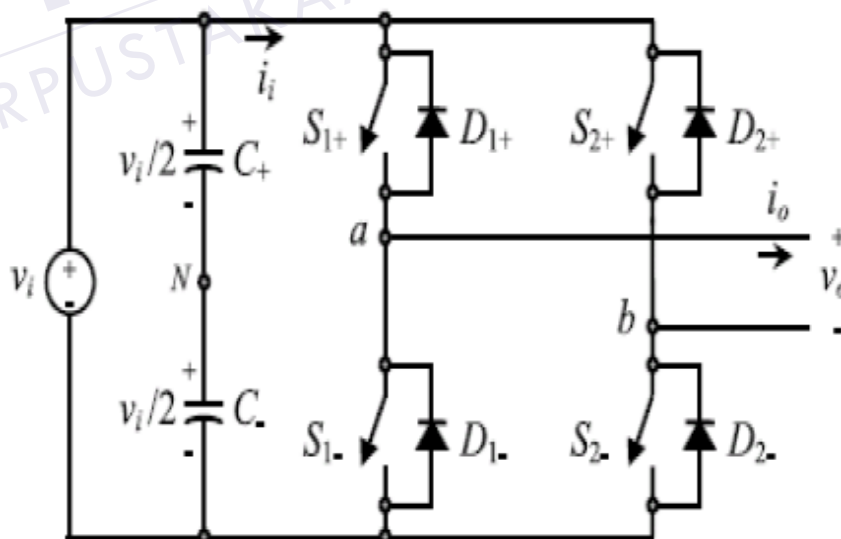
Rajah 2.4: Penyongsang Jambatan Separuh satu fasa(VSI)

Jadual 2.1: Keadaan suis bagi penyongsang jambatan separuh satu fasa (VSI)

State	State	v	Components Conducting
$+$ is on and $-$ is off	1	$v/2$	$+$ if > 0 $+$ if < 0
$-$ is on and $+$ is off	2	$-v/2$	$-$ if > 0 $-$ if < 0
$+$ and $-$ are all off	3	$-v/2$ $v/2$	$-$ if > 0 $+$ if < 0

2.2.2 Penyongsang jambatan penuh satu fasa

Rajah 2.5 menunjukkan topologi penyongsang jambatan penuh (VSI). Penyongsang ini adalah sama dengan penyongsang jambatan separuh. Walau bagaimanapun, kedua kaki menyediakan titik neutral kepada beban. Seperti yang dijangka, kedua-dua suis S_{1+} dan S_{1-} (atau S_{2+} dan S_{2-}) tidak boleh pada masa yang sama kerana litar pintas Arus ulang alik (AU) di talian sumber voltan V_i akan dihasilkan. Terdapat empat ditakrifkan (keadaan 1, 2, 3, dan 4) dan satu tidak tertakrif (keadaan 5) keadaan suis seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.2. Syarat tidak tertakrif perlu dielakkan supaya sentiasa mampu menentukan keluaran voltan arus terus (AT). Ia boleh diperhatikan bahawa keluaran voltan Arus ulang alik (AU) boleh mengambil nilai-nilai sehingga nilai pautan Arus terus (AT) V_i , iaitu dua kali ganda yang diperolehi dengan separuh jambatan (VSI). Beberapa teknik modulasi telah dibangunkan yang berkaitan dengan jambatan penuh (VSI). Antaranya ialah teknik PWM (bipolar dan unipolar)[7].



Rajah 2.5: Penyongsang Jambatan Penuh satu fasa(VSI)

Jadual 2.2: Keadaan suis bagi penyongsang jambatan penuh satu fasa (VSI)

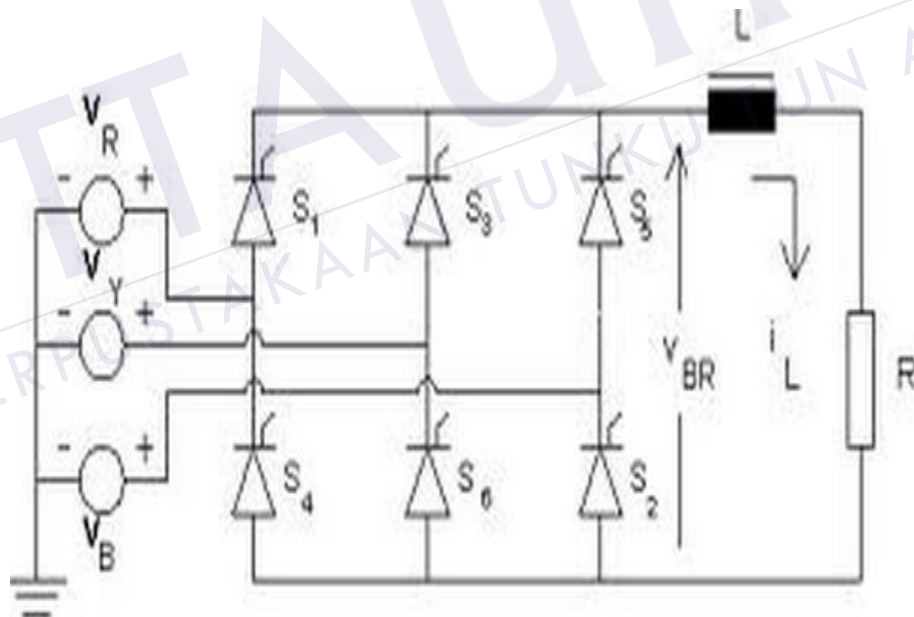
State	State	v_a	v_b	v	Components Conducting
1_+ and 2_- are on and 1_- and 2_+ are off	1	$v/2$	$-v/2$	v	1_+ and 2_- if > 0 1_+ and 2_- if < 0
1_- and 2_+ are on and 1_+ and 2_- are off	2	$-v/2$	$v/2$	$-v$	1_- and 2_+ if > 0 1_- and 2_+ if < 0
1_+ and 2_+ are on and 1_- and 2_- are off	3	$v/2$	$v/2$	0	1_+ and 2_+ if > 0 1_+ and 2_+ if < 0
1_- and 2_- are on and 1_+ and 2_+ are off	4	$-v/2$	$-v/2$	0	1_- and 2_- if > 0 1_- and 2_- if < 0
1_- , 2_- , 1_+ , and 2_+ are all off	5	$-v/2$	$v/2$	$-v$	1_- and 2_+ if > 0 $v/2$ $-v/2$ v 1_+ and 2_- if < 0

2.2.3 Penyongsang sumber voltan tiga fasa

Penyongsang sumber voltan (VSI) satu fasa menutup aplikasi kuasa julat rendah dan penyongsang sumber voltan (VSI) tiga fasa meliputi sederhana dan aplikasi berkuasa tinggi. Tujuan utama topologi ini adalah untuk menyediakan sumber voltan tiga fasa, di mana amplitud, fasa dan frekuensi voltan perlu sentiasa dikawal. Walaupun sebahagian besar aplikasi memerlukan bentuk gelombang voltan sinusoidal (contohnya, ASDs, UPSs, FAKTA, pemampas VAR), voltan secara rawak juga dikehendaki dalam beberapa aplikasi baru (contohnya, penapis aktif, pemampas voltan).

Piawaian tiga fasa VSI topologi ditunjukkan dalam Rajah. 2.6 dan lapan keadaan suis sah diberikan dalam Jadual 2.3. Seperti dalam satu fasa VSIs, suis mana-mana kaki penyongsang ($S1$ dan $S4$, $S3$ dan $S6$, atau $S5$ dan $S2$) tidak boleh dihidupkan pada masa yang sama kerana ini akan menyebabkan dalam litar pintas di seluruh bekalan voltan talian arus terus (AT). Begitu juga, untuk mengelakkan keadaan tidak tertakrif di VSI, dan tidak tertakrif pada keluaran Arus ulang alik (AU) voltan talian, suis mana-mana kaki penyongsang tidak boleh dimatikan pada

masa yang sama kerana ini akan menyebabkan voltan yang akan bergantung kepada kecutuban arus talian masing-masing. Daripada lapan keadaan yang sah, dua daripadanya (7 dan 8 dalam Jadual 2.3) menghasilkan sifar voltan talian Arus ulang alik (AU)[8]. Dalam kes ini, talian arus ulang alik (AU) melalui sama ada komponen atas atau lebih rendah. Keadaan lain (1 hingga 6 dalam Jadual 2.3) menghasilkan keluaran voltan Arus ulang alik (AU) bukan sifar. Dalam usaha untuk menghasilkan bentuk gelombang voltan diberikan, penyongsang bergerak dari satu keadaan ke keadaan yang lain. Oleh itu menyebabkan keluaran voltan talian Arus ulang alik (AU) terdiri daripada nilai-nilai diskret voltan V_i , 0, dan V_i untuk topologi yang ditunjukkan dalam Rajah 2.6. Pemilihan keadaan-keadaan untuk menghasilkan bentuk gelombang yang diberikan dilakukan dengan teknik modulasi yang perlu memastikan penggunaan hanya pada keadaan-keadaan yang sah[9].



Rajah 2.6: Penyongsang sumber voltan tiga fasa(VSI)

Jadual 2.3: Keadaan suis bagi penyongsang sumber voltan tiga fasa (VSI)

State	State	v_{ab}	v_b	v_a	Space Vector
1) 2) and 6 are on and 4) 5) and 3 are off	1	v	0	$-v$	$V_1 = 1 + j0.5$
2) 3) and 1 are on and 5) 6) and 4 are off	2	0	v	$-v$	$V_2 = j1.155$
3) 4) and 2 are on and 6) 1) and 5 are off	3	$-v$	v	0	$V_3 = -1 + j0.5$
4) 5) and 3 are on and 1) 2) and 6 are off	4	$-v$	0	v	$V_4 = -1 - j0.5$
5) 6) and 4 are on and 2) 3) and 1 are off	5	0	$-v$	v	$V_5 = -j1.155$
6) 1) and 5 are on and 3) 4) and 2 are off	6	v	$-v$	0	$V_6 = 1 - j0.5$
1) 3) and 5 are on and 4) 6) and 2 are off	7	0	0	0	$V_7 = 0$
4) 6) and 2 are on and 1) 3) and 5 are off	8	0	0	0	$V_8 = 0$

2.3

Pemacu

Pemacu merupakan penguat kuasa yang menerima masukan yang berkuasa rendah dari sumber-sumber dan menghasilkan masukan gear semasa transistor berkuasa tinggi seperti MOSFET [10]. Transistor memerlukan voltan get tertentu untuk menghidupkan, kapasitor pintu mesti dikenakan kepada voltan get yang diperlukan untuk transistor untuk dihidupkan. Begitu juga dengan operasi untuk menghidupkan transistor mana pintu kapasitor perlu pelepasan pertama untuk caj untuk hilang.

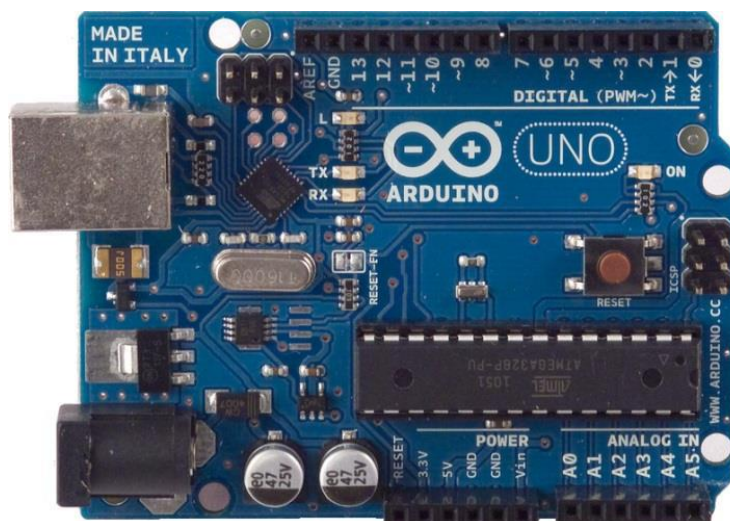
Peranti voltan terkawal merupakan semikonduktor yang memerlukan pemacu voltan malar pada terminal kawalan untuk mengekalkan pengaliran[11]. Pemacu boleh disediakan sama ada di cip atau sebagai modul diskret. Dalam

projek ini, litar pemacu menggunakan dua masukan dan empat keluaran diperlukan untuk mengaktifkan penyongsang bertingkat.

2.4 Arduino

Arduino adalah salah satu peranti yang semakin meningkat digunakan. Arduino paling dikenali untuk perkakasan, tetapi perisian juga perlu untuk memprogramkan perkakasan itu. Perkakasan dan perisian ini dikenali sebagai Arduino[12]. Ia sangat popular untuk pengguna baru bagi permulaan dalam pengaturcaraan dan telah menarik orang-orang yang sudah mahir dengan pengawal mikro yang lain. Arduino mudah untuk digunakan dan diteroka kerana ia adalah sumber terbuka.

Arduino adalah sejenis papan pengawal mikro yang mempunyai 14 pin digital masukan / keluaran, 6 masukan analog, 16 MHz resonator seramik, sambungan USB, kuasa jack, satu tandukan ICSP dan butang reset semula[13]. Pengawal mikro hanya perlu disambungan ke komputer melalui kabel USB dan ianya boleh ditetapkan oleh perisian itu sendiri yang dipanggil perisian Arduino yang boleh dimuat turun melalui laman sesawang. Arduino yang digunakan dalam projek ini adalah Arduino UNO. Gambar rajah 2.7 dibawah menunjukkan gambar papan pengawal mikro Arduino. Ringkasan keseluruhan Arduino Uno juga telah ditunjukkan pada jadual 2.4 dan fungsi komponen di dalam Arduino Uno ditunjukkan pada jadual 2.5.



Rajah 2.7: Papan pengawal mikro Arduino

Ringkasan keseluruhan Arduino UNO adalah seperti yang berikut:

Jadual 2.4: Ringkasan keseluruhan Arduino UNO

Pengawal mikro	ATmega328
Voltan masukan (dicadangkan)	5V - 12V
Voltan masukan (had)	6V – 20V
Digital I/O pin	14 (6 menyediakan keluaran PWM)
Pin masukan analog	6
Arus terus per I/O pin	40mA

Arus terus untuk 3.3V pin	50mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328) dimana 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kelajuan	16 MHz

Jadual 2.5: Fungsi komponen di dalam Arduino Uno

14 pin masukan/keluaran digital (0-13)	<p>i. Berfungsi sebagai masukan atau keluaran dapat diatur oleh program.</p> <p>ii. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog keluaran dimana tegangan keluarannya dapat diatur. Nilai sebuah pin keluaran analog dapat diprogram antara 0 – 255, di mana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.</p>
USB	<p>i. Memuat program dari komputer ke dalam papan komunikasi serial antara papan dan komputer.</p> <p>ii. Memberi daya listrik kepada papan.</p>

Sambungan SV1	i. Sambungan atau ' <i>jumper</i> ' untuk memilih sumber daya papan, dari sumber eksternal atau dengan menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir kerana pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara automatik.
Q1 – Kristal (quartz crystal oscillator)	i. Jika pengawal mikro dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya kerana komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada pengawal mikro agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).
Tombol Reset S1	i. Untuk mereset papan sehingga program akan kembali mula dari awal. Perhatikan bahawa tombol reset ini bukan untuk menghapuskan program atau mengosongkan pengawal mikro.
In-Circuit Serial Programming (ICSP)	i. Port ICSP membolehkan pengguna untuk memprogram pengawal mikro secara langsung tanpa melalui 'bootloader'. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukannya sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

IC 1 – Pengawal Mikro Atmega	i. Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.
X1 – sumber daya eksternal	i. Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan arus terus (DC) antara 9-12V.

Kelebihan arduino dinyatakan di bawah:

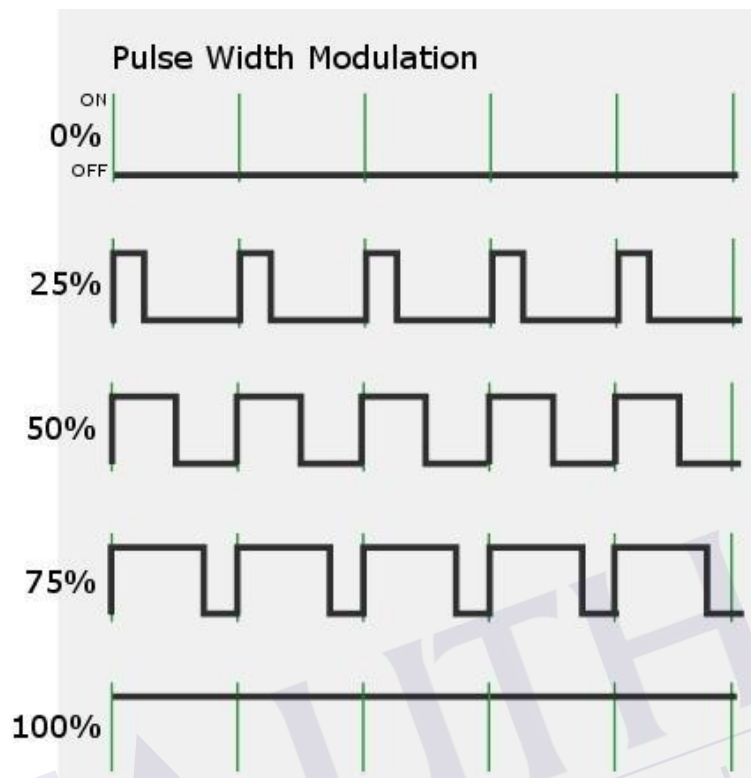
- i) Murah – Perkakasan arduino adalah murah berbanding dengan alat - alat pengawal mikro yang lain.
- ii) Cross-platform – Arduino dapat berjalan dengan Windows, Macintosh OSX, dan system operasi Linux.
- iii) Mudah, persekitaran pengaturcaraan jelas – Persekitaran pengaturcaraan arduino adalah mudah untuk digunakan untuk pengguna yang baru.
- iv) Sumber terbuka – Perisian Arduino diterbitkan sebagai alat sumber terbuka, sehingga pengguna mudah untuk mendapatkan pengaturcaraan maklumat.

2.5 Modulasi lebar denyut (PWM)

Teknik kawalan PWM adalah yang digunakan secara meluas untuk penyongsang. Ini adalah kaedah yang paling popular untuk mengawal voltan keluaran[14]. Voltan keluaran boleh berbeza-beza dengan mengubah nilai arus terus (AT) voltan masukan dan mengekalkan keuntungan penyongsang secara berterusan. Sebaliknya, jika voltan masukan arus terus (AT) adalah tetap dan tidak terkawal, voltan keluaran pembolehubah boleh diperolehi dengan mengubah

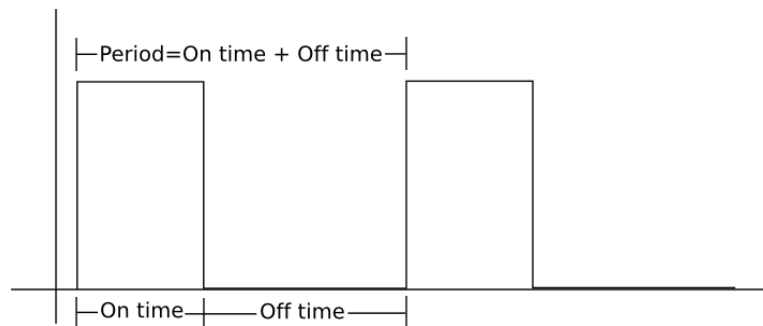
keuntungan penyongsang, yang biasanya dicapai dengan modulasi lebar denyut (PWM) kawalan dalam penyongsang[15]. Teknologi PWM digunakan dalam penyongsang untuk memberikan keluaran voltan arus ulang alik (AU) yang stabil berkenaan kepada beban. Kualiti bentuk gelombang keluaran daripada penyongsang menentukan kecekapan.

Modulasi lebar denyut (PWM) boleh dilaksanakan pada Arduino dengan menggunakan Matlab SIMULINK. Arduino menggunakan teknik PWM untuk mengawal litar analog dengan keluaran digital. Pada asasnya, isyarat PWM adalah gelombang persegi digital, di mana kekerapan adalah tetap, tetapi kitaran kerja yang boleh diubah. Kawalan digital digunakan untuk mencipta gelombang persegi, isyarat beralih antara 0 dan 1 dalam format binari. Dengan mengubah atau memodulasi lebar denyut, nilai analog boleh diubah. Sebagai contoh, membelok LED menjadi separuh terang, oleh itu ia boleh sama ada mengurangkan arus merentasi LED ke dalam separuh atau menggunakan teknik modulasi lebar denyut (PWM) lebih fleksibel dengan menghantar 50% kitaran kerja isyarat gelombang persegi untuk LED. Dalam PWM, proses pemodulatan amplitud menghasilkan keluaran frekuensi, tetapi lebar adalah berbeza-beza berkenaan dengan voltan masukan. Rajah 2.8 di bawah menunjukkan bentuk gelombang kitaran kerja gelombang persegi modulasi lebar denyut (PWM).



Rajah 2.8: Gelombang persegi kitaran kerja bagi modulasi lebar denyut

Kitaran kerja menerangkan bahagian masa (ON) untuk tempoh yang tetap atau tempoh masa. Kekerapan keluaran modulasi lebar denyut (PWM) boleh dilihat mempunyai nadi positif pada separuh tempoh dan separuh lagi tempoh adalah negatif[16]. Kitar kerja dinyatakan dalam peratus yang bermakna 100% sedang penuh. Isyarat PWM ditunjukkan pada rajah 2.9.



Rajah 2.9: Isyarat PWM

Fungsi PWM menyediakan keluaran analog, ia juga menjana isyarat audio, menyediakan kawalan kelajuan berubah untuk motor dan menjana isyarat termodulat. PWM juga digunakan untuk mengurangkan THD arus beban. Penyongsang berasaskan teknologi PWM mempunyai banyak litar perlindungan dan kawalan berbanding dengan penyongsang denyut tradisional Lebar Modulation. Terdapat dua jenis kaedah pensuisan penyongsang PWM dalam litar yang bipolar dan kaedah pensuisan unipolar. Kawalan suis untuk keluaran sinus PWM memerlukan isyarat rujukan yang dalam gelombang sinus dan isyarat pembawa yang menunjukkan gelombang segi tiga[17].

Kelebihan menggunakan teknik modulasi lebar denyut (PWM) adalah seperti di berikut:

- i. Kawalan keluaran voltan dengan kaedah ini boleh diperolehi tanpa menggunakan komponen tambahan.
- ii. Dengan kaedah ini, harmonik yang lebih rendah boleh dihapuskan atau dikurangkan bersama-sama dengan kawalan voltan keluarannya. Sebagai harmonik aras tinggi boleh ditapis dengan mudah, keperluan penapisan dikurangkan.



BAB 3

METHODOLOGI

3.1 Pengenalan

Bab ini merangkumi semua jenis perkakasan dan perisian yang digunakan di dalam projek ini. Untuk mencapai perkakasan projek, satu reka bentuk telah dibuat. Persediaan perkakasan seperti pemacu dan penyongsang adalah yang pertama untuk menjadi reka bentuk. Simulasi PWM membantu menjana denyut gelombang untuk menyelesaikan masalah pemacu dan penyongsang. Gambar rajah 3.1 menunjukkan secara ringkas gambar rajah blok bagi projek ini.



Rajah 3.1: Gambar rajah blok projek.

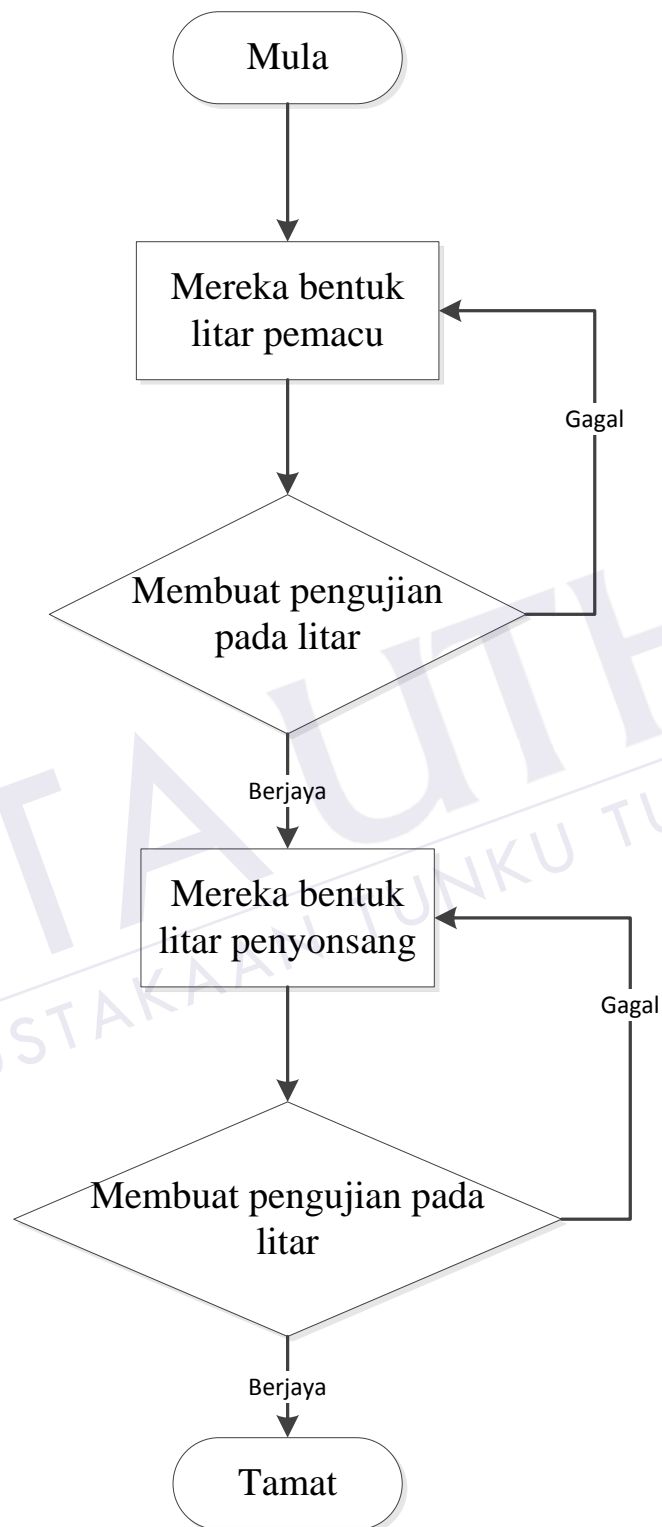
3.2 Carta Alir

Carta alir akan menunjukkan proses dalam pembangunan projek dimana untuk memastikan projek ini berjalan dengan lancar. Carta alir adalah sejenis rajah yang mewakili proses dengan menunjukkan perintah yang dihubungkan dengan anak panah. Kaedah ini digemari dikalangan pelajar kerana mudah untuk digunakan dan memahami dengan lebih lanjut tentang proses projek ini.

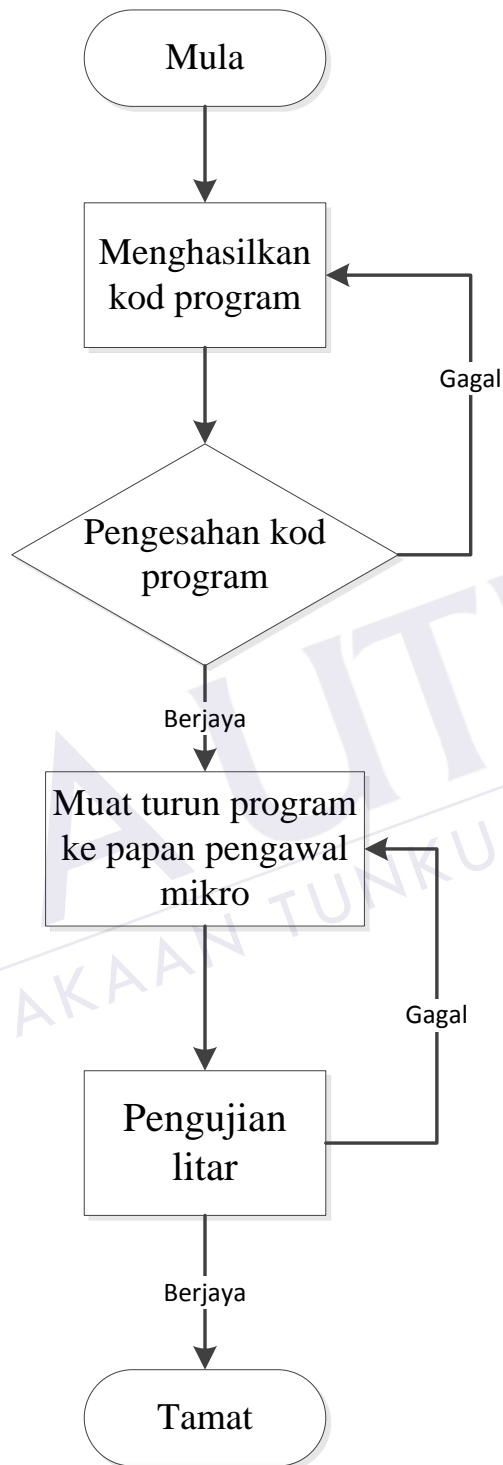
Rajah 3.2 akan menunjukkan carta alir bagi perkakasan di dalam projek ini. Ia merupakan proses dimana perkakasan mula direka bentuk, dan pengujian pada litar-itar bagi setiap perkakasan sehingga ianya berjaya. Proses bagi perisian projek pula ditunjukkan pada rajah 3.3.



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH



Rajah 3.2: Carta aliran bagi perkakasan projek



Rajah 3.3: Carta aliran bagi perisian projek

RUJUKAN

- [1] D. Subramanian and R. Rasheed, —Five Level Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter Using Multicarrier Pulse Width Modulation Technique,|| vol. 3, no. 1, pp. 438–441, 2013.
- [2] J. Rodríguez, S. Member, and J. Lai, —Multilevel Inverters : A Survey of Topologies , Controls , and Applications,|| vol. 49, no. 4, pp. 724–738, 2002.
- [3] Luigi Malesani and Paolo Tenti, “A novel Hysteresis Control Method for Current controlled voltage source PWM Inverters with constant Modulation Frequency,” IEEE, vol. 26, No. 1, Feb 1990,88 – 92.
- [4] S. Daher, J. Schmid, and F. Antunes, “Current demand of high performance inverters for renewable energy system,” IEEE Power Electronics and Application, pp. 1-10, 2007.
- [5] Carl N.M. Ho, Victor S.P. Cheung, and Henry S.H. Chung, “ Constant-Frequency Hysteresis Current Control of Grid-Connected VSI without Bandwidth Control”, Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009
- [6] Clint Reitsma, “An introduction to Inverters and Applications”,
- [7] Mr. Anupam Mishra, Mr. Sunil Panda, Mr. B. Srinivas, “Control of Voltage Source Inverters using PWM/SVPWM for Adjustable speed Drive Applications” , 2009.
- [8] M. Depenbrock, “Pulsewidth control of a 3-phase inverter with nonsinusoidal phase voltages,” in *Proc. IEEE-IAS Int. Semiconductor Power Conversion Conf.*, Orlando, FL, 1975, pp. 389–398
- [9] J. A. Houldsworth and D. A. Grant, “The use of harmonic distortion to increase the output voltage of a three-phase PWM inverter,” *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 20, pp. 1224– 1228, Sept./Oct. 1984.
- [10] I.D. d. Vries. *A Resonant Power MOSFET/IGBT Gate Driver*, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2002. APEC 2002. Seventeenth Annual IEEE, vol.1, no.2, pp.179-185, 2002.
- [11] M. H. Rashid, *Power Electronics circuits devices and applications*. Pearson Education, Inc, 2004.

- [12] A. C. Smith and D.G. Dorrel, "Calculation and measurement of unbalanced magnetic pull in cage induction motors with eccentric rotors. Part 1:Analytical model," IEE, Vol. 143, No. 3, May 1996, 193 – 201.
- [13] Arduino - ArduinoBoardUno.¶ [Online].
Available:<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [14] J. Holtz, "Pulse width modulation for electronic power conversion," *Proc. IEEE*, vol. 82, pp. 1194–1214, Aug. 1994
- [15] Mohd Abdul Talib bin Mat Yusoh, "Development of inverter controller for BLDC motor using PIC16F877A", University of Tun Hussein Onn Malaysia, January 2012.
- [16] Wong Wee Kiat, "Development of PWM Inverter Educational Board", Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, June 2012.
- [17] Lei Lin, Yunping Zou, Zhan Wang, Hongyuan Jin, "A simple neutral-point voltage balancing control method for three-level NPC PWM VSI inverter.", College of Electrical and Eletronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, P.R. China.

