

Kontrol Motor AC 3 Fasa Pada Peluncur Peluru Kendali

Rosyidin Sufyani¹, Syafruddin R², Givy Devira Ramady³, Andrew Ghea Mahardika⁴, Decy Nataliana⁵

^{1,2,3,4} Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, Bandung, Indonesia, [Alamat](#): Soekarno-Hatta St No.597, Bandung 40284, [Telepon](#): (022) 7301738 Website: <https://www.sttmandalabdg.ac.id>

⁵Institute Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia, [Alamat](#): Jl. PH.H. Mustofa No.23, Bandung, 40124, [Telepon](#): (022) 7272215
[E-mail:syafruddin@yahoo.com](mailto:syafruddin@yahoo.com)

Abstrak – Latar belakang penelitian adalah kebutuhan kontrol motor ac 3 fasa diperlukan untuk mendapatkan posisi yang presisi, dimana motor ac 3 phasa dengan daya antara 0,25 s/d 1 kw bila digunakan untuk membuat gerak posisi yang presisi, cukup sulit, karena adanya momen inersi, saat diam diperintah jalan proses waktu mulai dari kecepatan nol ke kecepatan nominal cukup lama, kira kira 1 s/d 2 detik, begitu juga saat dari putaran normal diperintah berhenti kekecepatan nol proses waktu berhenti berkisar 2 s/d 3 detik, sedangkan yang kita inginkan waktu mulai 0,5 detik dan waktu berhenti 0,75 detik, berhenti tepat di posisi yang diperintahkan. Permasalahan ini sangat mengganggu didalam membuat kontrol sistem yang lain, karena waktu yang cukup lama saat mulai dan saat berhenti, proses ini akan berulang setiap saat sesuai modulasi sinyal kontrol yang diterima oleh sistem kontrol motor, sedang waktu operasi sistem yang diinginkan hanya 30 detik dalam mengikuti target biar tidak hilang di bidikan kamera, mulai dari awal target didapat s/d akhir proses saat menyalakan tombol penyalakan, seperti yang digunakan dalam mengontrol peluncur peluru kendali. Waktu diproses peluncur hanya ada sekitar beberapa menit, untuk pencarian, penguncian dan penyalakan, kalau tidak objek yang mau di kunci akan hilang dari pengamatan.

Kata kunci: presisi, kontrol, kecepatan, tepat, modulasi.

Abstract – The background of the research is the need for 3 phase ac servoposition is needed to obtain a precise position, where the 3 phase ac motor with a power between 0.25 to 1 kw when used to make precise position movements, is quite difficult, because of the moment of inertia, when silent governed the way the starting time process from zero speed to nominal speed is quite long, about 1 to 2 seconds, as well as when from normal rotation commanded to stop zero speed the process of stopping time ranges from 2 to 3 seconds, whereas we want starting time 0.5 seconds and stop time 0.75 seconds stop right in the position ordered. This problem is very disturbing in making other system controls, because the time is long enough in the starting time and stoping time, and this process will repeat every time according to the modulation of the control signal received by the motor switching system, while the operating time of the desired system is only 30 seconds in following the target so as not to disappear in the camera shot, starting from the target start is obtained until the end of the process when turning on the firing button, as used in controlling the missile launcher. The launcher's processing time is only about a few minutes, for searching, locking and firing, otherwise the object to be locked will disappear from observation.

Keywords: precise, control, speed, precise, modulation.

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali diperlukan untuk mendapatkan posisi yang presisi, dimana motor dengan daya antara 0,25 s/d 1 kw bila digunakan untuk membuat gerak posisi yang presisi cukup sulit, karena adanya momen inersi, saat diam diperintah jalan proses waktu mulai dari kecepatan nol ke kecepatan

nominal cukup lama, kira kira 1 s/d 2 detik, begitu juga saat dari putaran normal diperintah berhenti kekecepatan nol proses waktu berhenti berkisar 2 s/d 3 detik, sedangkan yang diinginkan waktu mulai 0,5 detik dan waktu berhenti 0,75 detik, berhenti tepat di posisi yang diperintahkan dan setiap saat selalu dikoreksi jika terjadi kelebihan dan kekurangan dari posisi yang diperintahkan. Permasalahan ini sangat mengganggu didalam membuat kontrol sistem

yang lain, karena jika waktu yang digunakan cukup lama saat mulai dan saat berhenti, karena proses ini akan berulang setiap saat sesuai modulasi^[1] sinyal kontrol yang diterima oleh penyalan motor, sedang waktu operasi sistem yang diinginkan hanya 30 detik, seperti penggunaannya pada peluncur peluru kendali dalam mengikuti target biar tidak hilang di bidikan kamera, mulai dari target didapat s/d akhir proses saat menyalakan tombol penyalan, seperti yang digunakan dalam sistem kontrol. Waktu diproses peluncur hanya ada sekitar beberapa menit, untuk pencarian, mengunci dan penyalan, kalau tidak objek yang mau di kunci akan hilang dari pengamatan, karena kecepatan objek sekitar 600 m/s, dengan harapan kecepatan manuper peluncur saat merancang nya sudah diperhitungkan, disesuaikan dengan kecepatan target tersebut dengan sarat kecepatan peluncur bisa mengikuti target kemanapun arahnya.

Dalam merancang kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali tentu kita pelajari contoh yang ada bagai mana cara kerja mekanikalnya dan terjemahkan dalam *flowchart*, fisik, matematik, selanjutnya buat program sesuai bahasa yang disukai, tidak memaksakan setiap penelitian harus menyiapkan dari awal semua infrastrukturnya, cukup disesuaikan dengan infrastruktur yang kita punyai, lakukan modifikasi sesuai kebutuhan, karena *software* dan *hardware* saat ini bisa dibuatkan *interface* nya, sehingga apa yang sudah baku di dunia global bisa dipanggil melalui *interface*, termasuk juga mekanikalnya bisa dibuatkan *interface* nya yang lebih dikenal dengan *jointing system*.

Pengembangan prototipe kontrol motor *ac* 3 fasa pada peluncur peluru kendali merupakan bahagian penting dari sistim peluncur peluru kendali, karena nilai presisi dari gerak 3 dimensi dalam koordinat bola untuk membidik dan mengunci target sangat ditentukan presisi atau tidaknya sistem kontrol motor *ac* 3 fasanya.

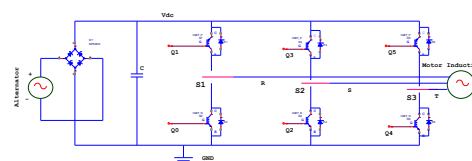
Kontrol motor *ac* 3 fasa pada peluncur peluru kendali merupakan bahagian dari komponen pengembangan senjata pemusnah massal yang sudah masuk penelitian dan pengembangan jangka panjang program senjata bangsa, dan saatnyalah untuk memulai dari sisi peneliti perguruan tinggi, karena masalah Negara dengan penduduk 269 juta orang tahun 2019. Luas wilayah Indonesia yang meliputi daratan dan lautan seluruhnya 7.081.369 km²(KM persegi). Luas daratannya 1.904.569 KM persegi. luas lautannya 5.076.800 KM persegi. Panjang pantai nya ± 81.497 km atau lebih dari dua keliling bumi di ekuator (keliling bumi 40.000 km) , maka dari itu mengembangkan bahagian dari sistem peluru kendali berupa kontrol motor *ac* 3 fasa pada peluncur peluru kendali, merupakan kebutuhan yang sangat *urgent* buat Negara dalam hal *defence* dan *offence*.

2 LANDASAN TEORI

Pengembangan kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali yaitu merubah tegangan *dc* ke *ac* dengan mengatur tegangan dan frekwensi *output* yang dipakai untuk mengontrol motor induksi *ac* 3 phasa. Ada beberapa tipe

pengembangan kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali diantaranya pengembangan kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali dengan *SVPWM* (*Space Vektor Pulse Width modulation*)^[2,3,4,5].

Untuk dapat menjelaskan *SVPWM* mari kita lihat gb.1 dibawah ini. Perhatikan beban motor induksi 3 fasa baik itu hubungan belitannya bintang atau *delta*, yang di suplai dari saklar S1,S2,S3 seperti pada gambar. Syarat saklar S1,S2,S3 saat keatas bernilai satu, saat kebawah bernilai nol, ini bertujuan biar tidak ada terjadi hubungan pendek lengan atas dengan lengan bawah. Saat S1 keatas, transistor Q1 nyala, Q0 padam dan saat S1 kebawah transistor Q1 padam, Q0 nyala, terus saat S2 keatas, transistor Q3 nyala, Q2 padam dan saat S2 kebawah transistor Q3 padam, Q2 nyala begiitu juga saat S3 keatas, transistor Q5 nyala, Q4 padam dan saat S3 kebawah transistor Q5 padam, Q4 nyala. Dari penjelasan diatas kita dapat menyusun saklaar S1,S2,S3 dalam dua variasi nilai yaitu 1 atau 0. Dengan menyusun S1,S2,S3 secara permutasi 2, didapat hasil sebanyak 8 susunan dipandang sebagai vektor fungsi penyalan transistor antara lain: V0(000), V1(100), V2(110), V3(010), V4(011), V5(001), V6(101), V7(111) seperti table 1. berikut.

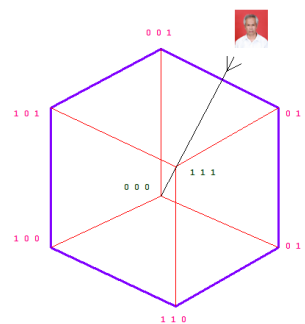


Gb.1 Blok diagram mikrokontroler SVPWM

Table 1. Algoritma penyalan SVPWM

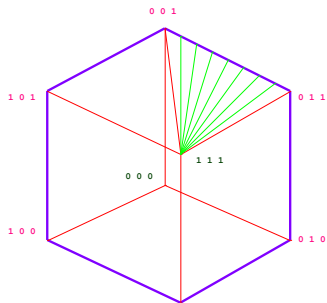
		001	011	010	110	100	101	001	011	010	110	100	101
		000	111	000	111	000	111	000	111	000	111	000	111
Atas	S1	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Bawah	S2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	S3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	Q1	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	Q2	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
	Q3	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	Q4	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	Q5	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	Q6	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	R	0	0	0	0	E	E	0	0	0	0	E	E
	S	0	E	E	E	0	0	0	E	E	E	0	0
	T	E	E	0	0	0	0	E	E	0	0	0	E

Dari table 1. diatas kita bisa gambar ulang transistor jembatan *ac* 3 fasa dalam koordinat *cartesian* seperti gb. 2 berikut.



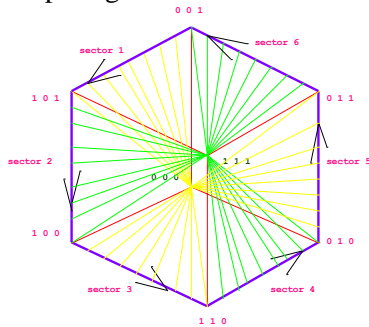
Gb.2 Transistor jembatan *ac* 3 fasa dalam ruangan

Selanjutnya bila jembatan *ac* 3 fasa di pandang seperti gb.2 maka untuk menyalakan jembatan *ac* 3 fasa dalam 1 sektor dalam ruangan koordinat *cartesian* maka dapat digambarkan vektor yang dibangkitkan seperti gb.3 berikut.



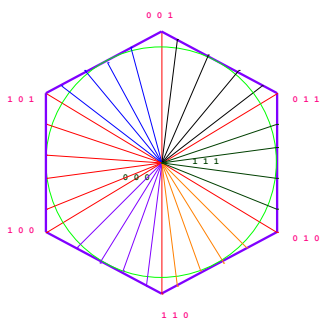
Gb.3 Vektor jembatan *ac* 3 fasa dalam ruangan di sector 6

Sedangkan untuk menyalakan jembatan *ac* 3 fasa dalam satu siklus 360° dalam ruangan koordinat *cartesian* maka dapat digambarkan vektor yang dibangkitkan seperti gb.4 berikut.



Gb.4 Vektor jembatan *ac* 3 fasa satu siklus 360°

Dari gb.4 diatas dapat disederhanakan untuk menyalakan jembatan *ac* 3 fasa dalam ruangan koordinat *cartesian* untuk 1 siklus 360° penyalakan maka dapat digambarkan vektor yang dibangkitkan seperti gb.5 berikut yang dikenal sebagai SVPWM



Gb.5 Vektor jembatan *ac* 3 fasa di ruangan atau SVPWM

Keuntungan dari SVPWM adalah sangat ekonomis dan praktis untuk dipakai pada motor induksi *ac* 3 fasa. Disamping itu jika pembangkitan sinyal SVPWM dilakukan secara digital akan didapatkan langkah sistem kerja yang lebih pendek yang akan mengurangi *noise*. Perancangan kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali dengan cara SVPWM memakai mikro kontroler memberikan beberapa keuntungan yaitu mudah untuk

diprogram^[6] rangkaian *schematic* dan *pcb* akan lebih sederhana. Untuk mengurangi atau mengeliminir harmonisa didalam sistem daya, beberapa metode sudah dikembangkan orang dan menggunakannya lebih praktis. Metode SVPWM digunakan untuk membangkitkan filter daya aktif. Filter daya aktif yang dibangun dari SVPWM dapat diprogram dengan mikrokontroler. Didalam penelitian ini menggunakan *microcontroller* yang mudah mendapatkannya di pasar lokal dan pada waktu yang bersamaan, kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali beroperasi sebagai filter aktif menyuplai jaringan dengan arus *ac* sebagai kompensasi dalam jumlah yang sama dengan arus harmonisa yang diproduksi beban non linear.

Prinsip dalam teorema *Space Vektor PWM(SVPWM)* didasarkan pada kenyataan bahwa hanya ada 8 langkah kombinasi penyalakan untuk menjalankan jembatan *ac* 3 fasa, Dasar sistem penyalakan kontrol motor *ac* 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali seperti yang ditunjukkan gb.4, gb.5 atau gb.8. Dua langkah SV0 dan SV7 berhubungan dengan short circuit, sementara enam langkah yang lain dianggap vektor dalam bidang x-y. Besar nilai fasa maksimum dari masing masing 6 vektor adalah:

$$V_{\text{fasa maksimum}} = \frac{2}{3} * V_{dc} \tag{1}$$

$$V_{\text{kawat kawat maksimum}} = \sqrt{3} * V_{\text{fasa maksimum}}$$

$$V_{\text{kawat kawat maksimum}} = \sqrt{3} \left(\frac{2}{3} * V_{dc} \right)$$

$$V_{\text{kawat kawat maksimum}} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right) * V_{dc} \tag{2}$$

Modulasi indek atau rasio amplitudo didefinisikan sebagai :

$$m = V_{dc} * \cos 30^\circ / V_{dc}$$

$$m = V_{dc} * \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) / V_{dc}$$

$$m = \sqrt{3} / 2 \tag{3}$$

Vektor tegangan ini merupakan fungsi waktu, tegangan rata rata dapat dihitung dengan menjumlahkan vektor dalam satu periode penyalakan. Untuk 5 sektor yang lain dihitung dengan cara yang sama. Penjumlahan secara geometrik yang ditunjukkan gb.8, untuk setiap periode switching sebesar ΔT . Vektor VS memiliki nilai ril dan imajiner berhubungan dengan $F = 20 \text{ kHz}$,

$$T_s = 1/F \tag{4}$$

seperti yang ditunjukkan gb.8. Vektor dalam ruangan dibagi dalam 6 sektor setiap sektornya 60°. setiap sektor dibangun oleh dua vektor. Vektor V0 dan V7 adalah vektor dengan amplitudo nol ada dititik nol *hexadiagonal*. Resultan VS adalah akibat penyalakan SVPWM. Untuk implementasi secara digital dari SVPWM. Disini penyalakan pada ferkwensi tinggi (F_{pwm}), Frekwensi ini cukup tinggi ($>20 \text{ kHz}$) dimana

sudah diluar audio *noise* akibat penyalan. Pengambilan F_{pwm} sebagai waktu *sampling* T_s untuk V_s , dimana

$$T_s = \frac{1}{F_{pwm}} \quad (5)$$

Ada beberapa teknik variasi penyalan untuk membangkitkan V_s dari $V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$. Merujuk pada gb.8, secara matematik dapat ditunjukkan oleh persamaan

$$V_s = \left[\frac{T_0}{T_s} * V_0 \right] + \left[\frac{T_1}{T_s} * V_1 \right] + \left[\frac{T_2}{T_s} * V_2 \right] + \left[\frac{T_3}{T_s} * V_3 \right] + \left[\frac{T_4}{T_s} * V_4 \right] + \left[\frac{T_5}{T_s} * V_5 \right] + \left[\frac{T_6}{T_s} * V_6 \right] + \left[\frac{T_7}{T_s} * V_7 \right] \quad (6)$$

$$T_s = T_0 + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \quad (7)$$

Variabel T_0, T_1, \dots, T_7 adalah waktu nyala yang berhubungan dengan pernyataan *SVPWM* dan T_s waktu *sampling* nya. Ketika *SVPWM* mengikuti pola penyalan: 1-2-3-4-5-6-1-2....., ini dikenal dengan algoritma kontrol *PWM 6 step*. Algoritma *PWM 6 step* ini lebih mudah diimplementasikan dibandingkan dengan algoritma kontrol yang lain. Algoritma kontrol *PWM 6 step* dapat membangkitkan tegangan 3 fasa *line to line* lebih besar dari V_{dc} nya sendiri.

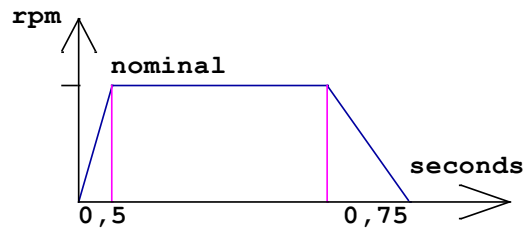
SVPWM (Space Vector Pulse Wide Modulation)

switching rule :

Untuk mengimplementasikan *SVPWM* algoritma, aturan penyalan berikut di implementasikan :

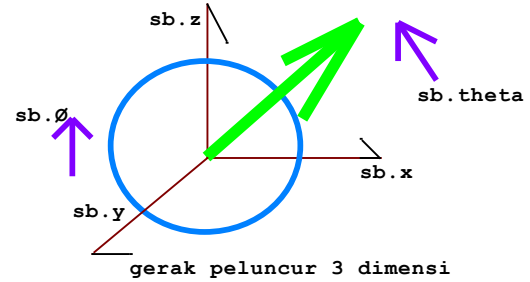
- Trajektori dari *SVPWM* harus lingkaran,
- Hanya satu penyalan per kondisi transisi,
- Tidak boleh lebih dari 3 penyalan dalam satu T_s ,
- Kondisi akhir dari satu *sampling* harus menjadi kondisi awal untuk *sampling* berikutnya.

Aturan ini membantu dalam membatasi proses penyalan, dan dari itu, akan mengurangi rugi rugi penyalan. Juga, akan mempertahankan simetri dalam bentuk gelombang penyalan pada *output SVPWM* untuk menekan lebih kecil *Total Harmonic Distortion(THD)*. Jika *SVPWM* algoritma ini di implementasikan, memakai aturan penyalan ini, ini disebut *SVPWM* konvensional. Didalam menjalankan motor *ac 3 fasa* sebagai pengatur posisi, untuk mendapatkan posisi yang persis dalam waktu yang cepat sesuai dengan perintah yang diinginkan, secara mekanik motor tersebut harus memiliki karakteristik putaran terhadap waktu seperti gb.6 berikut. Disini diharapkan akselerasi putaran motor dari mulai bergerak ke putaran nominal harus cepat sekitar 0,5 detik waktu yang dibutuhkan, untuk deakselerasi juga harus cepat sekitar 0,75 detik waktu yang dibutuhkan. Sedangkan untuk presisi, dimana motor berhenti diharapkan berhenti tepat pada posisi yang diperintahkan diatur oleh sistem kontrolnya.



Gb.6 Mulai dan berhenti motor ac 3 fasa

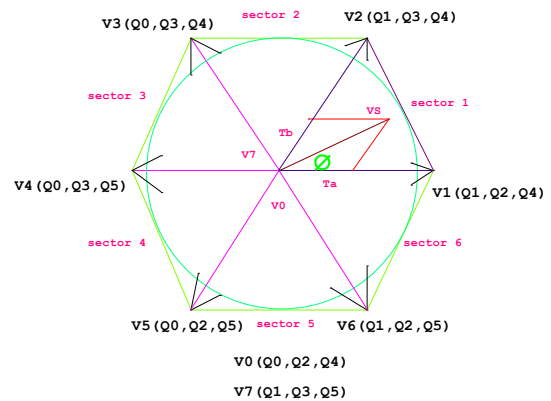
Selanjutnya gerak sistem peluncur peluru kendali merupakan gerak tiga dimensi dalam koordinat bola, seperti yang ditunjukkan arah anak panah pada gb.7. Dimana gerak meja peluncur dalam arah sumbu \emptyset , dan peluncur dalam arah sumbu theta.



gerak peluncur 3 dimensi dalam koordinat bola

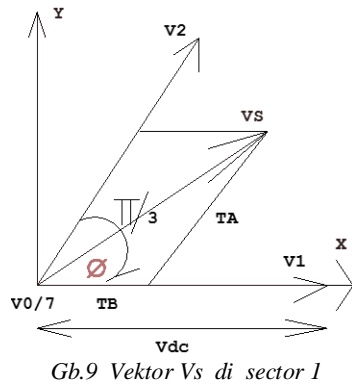
Gb.7 Gerak peluncur dalam koordinat bola

Untuk memudahkan analisa penyalan jembatan *ac 3 fasa*, perhatikan gb.9 berikut, dimana sektor 1 digambar ulang dalam koordinat kartesian bidang x-y. Dengan mengatur waktu penyalan T_a, T_b dan $T_0/7$ di sektor 1 didapatkan vektor resultan V_s disektor 1.



Gb.8 Space Vector Hexagon

Berikut untuk mendapatkan vektor yang dibangkitkan di ruangan setiap saat dalam 1 siklus 360° , mari kita lihat gb.8 diatas. Untuk membangkitkan vektor tegangan disektor 1, jembatan *ac 3 fasa* cukup dinyalakan vektor fungsi penyalan transistor di sektor 1 bidang $V_0(000), V_1(100), V_2(110)$. Proses penyalan sesuai gb.9, besaran vektor resultan yang didapat sesuai dengan persamaan (8) dan vektor hasilnya seperti yang ditunjukkan gb.9. Untuk sektor 2 sampai dengan sektor 6 dilakukan hal yang sama.



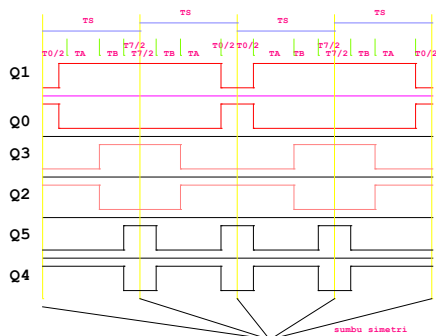
Gb.9 Vektor Vs di sector 1

Dengan memperhatikan gb.9 maka didapat :

$$VS = [TA/Ts * V1] + [TB/Ts * V2] + [(T0/7)/Ts * V0/7] \tag{8}$$

$$TS = TA + TB + T0/7 \tag{9}$$

Berikut ini proses penyalan jembatan ac 3 fasa persektor dapat dilihat gb. 10 berikut, dimana penyalan disektor 1 selalu simetris, dimulai dan diakiri divektor yang sama, untuk sektor 2, 3, 4, 5 dan sektor 6 dilakukan dengan cara yang sama.



Gb.10 Grafik waktu penyalan disektor 1

Dari uraian diatas semua, dapat dibuat proses siklus waktu penyalan jembatan ac 3 fasa berdasarkan lokasi tegangan VS, dan juga dapat dilihat pembebanan siklus penyalan masing masing fasa untuk tiap sektor seperti table 2 berikut.

TABLE 2. Siklus waktu penyalan jembatan ac 3 fasa berdasarkan lokasi tegangan Vs

Sektor No.	Siklus penyalan fasa R	Siklus penyalan fasa S	Siklus penyalan fasa T
1	T0/2	T0/2 + TA	TS - T0/2
2	T0/2 + TB	T0/2	TS - T0/2
3	TS - T0/2	T0/2	T0/2 + TA
4	TS - T0/2	T0/2 + TB	T0/2
5	T0/2 + TA	TS - T0/2	T0/2
6	T0/2	TS - T0/2	T0/2 + TB

Kemandirian teknologi di bidang kontrol motor ac 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali akan mengurangi tingkat ketergantungan terhadap komponen impor, dan tentu dengan harapan produk yang dihasilkan secara ekonomi akan lebih murah sebagai dampak ekonomis pemanfaatan hasil dalam negeri.

Kontribusi terhadap sektor lain yang sangat *urgent* yaitu dapat membantu meningkatkan kemampuan dibidang ilmu pengetahuan dan teknologi .

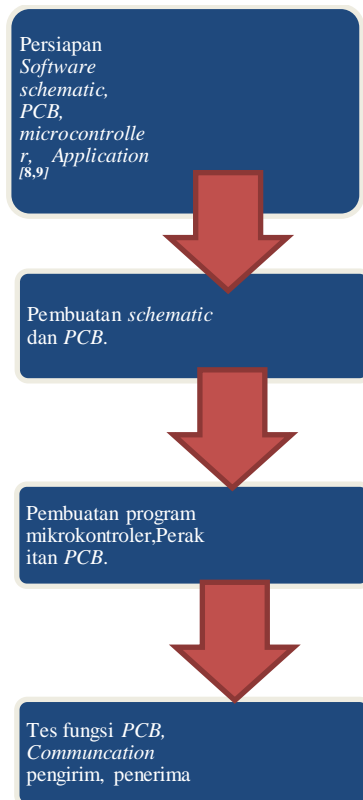
Dalam hal kontrol motor ac 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali memiliki batasan sebagai berikut : Hanya mengembangkan bahagian kontrol motor ac 3 fasa yaitu bahagian kontrol.

Sehubungan batasan diatas maka pengembangan kontrol motor ac 3 fasa juga harus lebih presisi karena yang dibidik bergerak dengan kecepatan tinggi, untuk itu peneliti perlu cari dan baca literature literature yang berhubungan dengan kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali presisi tinggi, diantaranya kontrol motor ac 3 fasa Tamagawa, Yaskawa, dari sana peneliti cari tahu lebih dalam lagi prinsip pembuatan sinyal kontrol penyalan rangkaian elektronik kontrol motor ac 3 fasa.

Kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali sendiri merupakan motor ac 3 fasa yang dipasang kontrol untuk mengendalikan geraknya sesuai dari keinginan pembuat kontrolnya, disini penulis menginginkan kontrol motor ac 3 fasa itu dikendalikan oleh inputan sinyal perintah dari luar^[7], kontrol motor ac 3 fasa akan berhenti sesuai sinyal perintah yang diberikan, untuk mengarah kesasaran yang dituju.

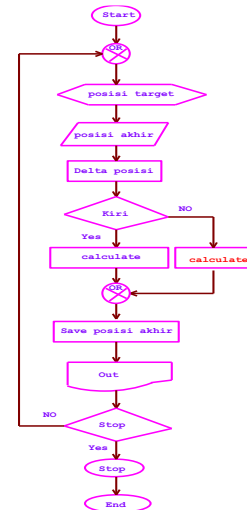
3 METODOLOGI PENELITIAN

Secara sederhana dapat dilihat alur penelitian dari kontrol motor ac 3 fasa untuk mendapatkan posisi yang presisi pada peluncur peluru kendali seperti gb.11 berikut:



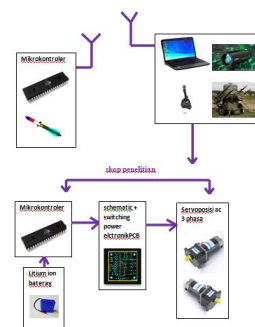
Gb.11 Alur penelitian

Untuk lebih memperjelas metodologi penelitian ini, sesuai dengan alur penelitian gb.11, berikut peneliti coba membuat metoda penelitian selanjutnya berupa *flowchart* pengolahan sinyal seperti yang ditunjukkan gb.12 berikut: Saat kontrol sudah diberi tegangan: suplai kontroler, tegangan radio, tegangan penyalan transistor daya, tegangan dc jembatan ac 3 fasa, maka kontrol langsung jalan dan selalu menunggu perintah dari luar berupa posisi target, setiap ada perintah langsung diolah untuk dibandingkan dengan posisi akhir yang sudah ada yaitu berupa *delta* posisi. Nilai *delta* posisi berupa bilangan negatif atau positif, bila negatif memanggil subrotin kiri dan positif memanggil subrotin kanan, selanjutnya mengambil masukan dari *feedback encoder*, dari dua data ini yaitu masukan *feedback* dan masukan perintah dilakukan perhitungan, hasil perhitungan ini disimpan sebagai posisi akhir, dan hasil perhitungan yang sama merupakan sinyal perintah ke motor, karena sinyal ini masih kecil, dilakukan penguatan dan pengolahan secara *Transistor Transistor Logic(TTL)*, setelah itu sinyal akan menyalakan transistor daya jembatan ac 3 fasa, dan program kembali menunggu perintah selanjutnya, program baru akan berhenti jika ada perintah berhenti berupa mematikan suplai kontroler atau tombol *reset* ditekan untuk *restarting*.



Gb.12 Flowchart pengolahan sinyal

Berikut adalah aplikasi kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali yang ada dipasaran, dimana sebagai sumber penggerak tiga dimensi di *launcher* digunakan motor ac 3 fasa, seperti yang ditunjukkan gb.13 berikut.



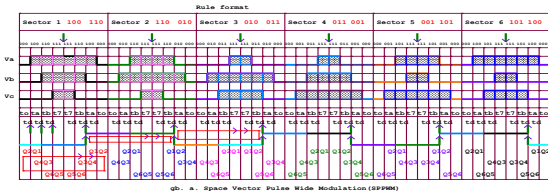
Gb.13 Aplikasi kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode perancangan dan membuat prototipe, pengujian prototipe, pengambilan data uji prototipe serta analisis hasil pengujian yang dikenal dengan metoda sebab akibat kuantitatif (*causal*). Hasil uji dikatakan berhasil jika sinyal yang dikirim dari CPU/microcontroller sesuai dengan format yang dikirim, akan memintahkan kontrol motor ac 3 fasa pada peluncur peluru kendali berhenti pada posisi yang diperintahkan. Perintah Tx didapat dari inputan penelitian lain, perintah ini akan diulang dengan frekuensi 26 Hz atau perioda $TS = (1/26 \text{ Hz}) = 1/26$ detik. Nilai ini merupakan koordinasi dengan gerak mekanik kontrol motor ac 3 fasa untuk menghindari waktu tunggu CPU/microcontroller dan hilangnya data selama satu siklus dari mulai s/d berhenti motor ac 3 fasa^[10].

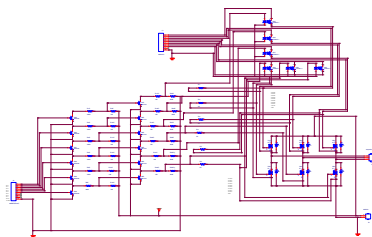
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

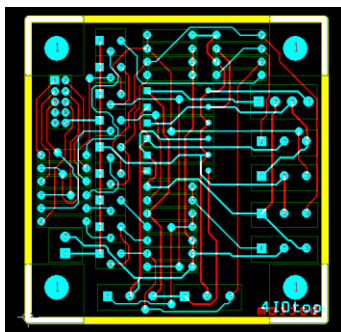
Berikut hasil *Timing chart switching Space vector PWM* kontrol motor ac 3 fasa gb.14, skematik rangkaian gb.15, pcb gb.16 dan hasil pengukuran tabel.2.



Gb.14 Timing chart switching Space vector PWM^[11]



Gb.15 Schematic



Gb.16 PCB

Tabel 3. Hasil Pengukuran.

No	Perintah Tx	Penerima Rx	Sesuai ✓	Tidak sesuai X
1	0x22	0x22	✓	
2	0x28	0x28	✓	
3	0x30	0x30	✓	
4	0x32	0x32	✓	
5	0x34	0x34	✓	
6	0x36	0x36	✓	
7	0x38	0x38	✓	

4.2 PEMBAHASAN

Hasil yang didapat sesuai dengan apa yang diharapkan. Sedangkan untuk menjaga tegangan sumber komponen stabil dan sekaligus sebagai filter dipasang kapasitor elektrolit paralel dengan sumber tegangan komponen tiap pcb.

5 SIMPULAN

Hasil siap untuk diaplikasikan di lapangan, untuk mengontrol motor ac 3 fasa sebagai kontrol posisi. *Timing chart switching Space vector PWM* gb.14 memberikan kemudahan dalam membuat kontrol motor ac 3 fasa, hasil tegangan *output line to line* 3 fasa yang lebih besar dari tegangan *input dc* nya. Keuntungan dari *SVPWM* adalah sangat ekonomis dan praktis untuk dipakai pada motor induksi ac 3 fasa. Disamping itu jika pembangkitan sinyal *SVPWM* dilakukan secara digital akan didapatkan langkah sistem kerja yang lebih pendek yang akan mengurangi *noise*.

KEPUSTAKAAN

- [1] Antoine, R., *A Flexible Realtime Simulation Platform Dedicated to Embedded Rocket Engine Control Systems Development and Testing*, 7th European Conference for Aeronautics and Space Sciences (EUCASS), DOI:10.13009/EUCASS2017-1, 2017.
- [2] Rakesh, P., *VF Control of 3-Phase Induction Motor Using Space Vector Modulation*, Microchip Technology Inc., AN955, 1-26. (2005)
- [3] Ramady, G.D., *Sistem Monitoring Power Baterai Bluetooth Beacon Menggunakan Labview*, Jurnal Online Isu Teknologi Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, 13, 2, 45-50. (2018)
- [4] Pei, Y., Biswas, S., Fussell, D.S., Pingali, K., *An Elementary Introduction to Kalman Filtering*, Austin: University of Texas, 1-11. (2017)
- [5] Isık, M.F., Cetin, E., Aykul, H., and Bayram, H., *AC Servo Motor Speed and Position Control Using Particle Swarm Optimization (PSO)*, Hittite Journal of Science and Engineering, Hitit University, Corum, Turkey, 2, 2, 159-164. (2015)
- [6] Hidayat, R., *Smart Key Implementation for BTS Gate Door Based on the Internet of Things*, The 1st International Conference on Computer Science and Engineering Technology, Muria Kudus University, 25th October 2018.
- [7] Syafruddin, *Pengembangan Prototipe Sistem Kontrol pada Transmitter Peluru Kendali*, Jurnal Online Isu Teknologi Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, 14, 1, 42-48. (2019)
- [8] Åström, K.J., *Advances in PID Control*, Department of Automatic Control, Lund University. (2018) https://intranet.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/13/files/AdvancesInPIDControl_KJA.pdf
- [9] Bindu, R., *Tuning of PID Controller for DC Servo Motor using Genetic Algorithm*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2, 3, 310-314. (2012)
- [10] Sukandi, G.K., *Pengembangan Prototipe Sistem Kontrol pada Receiver Peluru Kendali*, Jurnal Online Isu Teknologi Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, 14, 1, 22-28. (2019)
- [11] Kenjoe, T., *Support Power Electronic with CPU*, Shin Go Denshi Shoe Kata, Dai(2) Kata, 202, 204. (1991)