

# Sistem *Water Level Control* (WLC) Sebagai Pengontrolan Pompa Reservoir

**Hermansyah Alam, Raja Harahap, Armansyah, Mahrizal Masri**

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan

[hermansyah.alam@ft.uisu.ac.id](mailto:hermansyah.alam@ft.uisu.ac.id); [harahapri@yahoo.com](mailto:harahapri@yahoo.com);

[armansyah@ft.uisu.ac.id](mailto:armansyah@ft.uisu.ac.id); [mahrizal@ft.uisu.ac.id](mailto:mahrizal@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

Sembilan puluh persen kebutuhan air PPPG Teknologi Medan disuplay dari air bawah tanah yang dihisap dengan menggunakan pompa aksial dan selanjutnya ditampung pada bak penampung air (reservoir) bawah. Agar air dapat didistribusikan secara merata, air dari bak penampung bawah dipompa dengan pompa sentrifugal ke bak penampung (reservoir) atas yang berfungsi sebagai bak distribusi. Sebagai penggerak mula untuk memutar pompa digunakan motor induksi tiga fasa rotor sangkar. Pemilihan motor induksi tiga fasa sebagai penggerak mula, adalah karena motor jenis ini mempunyai torsi yang besar dan mudah untuk dikendalikan. Agar proses pengisian air pada bak penampung dapat berjalan secara efektif dan efisien, maka sistem pengendalian pompa melalui pengontrolan motor penggerak dirancang secara otomatis, sehingga pompa dapat diatur, pada saat kapan harus mengisi dan pada saat kapan harus berhenti mengisi. Komponen-komponen kontrol yang digunakan untuk mengendalikan bekerja tidaknya motor pompa secara otomatis adalah kontraktor magnet, *Thermal Over Load Relay* dan *Water Level Control Type Solid State*.

**Kata Kunci:** Pompa, Kontrol, Reservoir, *Water Level Control*, Motor Induksi

## I. PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi (PPPGT) Medan adalah sebuah lembaga yang menjadi Unit Pelaksana Teknis (UPT) Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, PPPGT Medan sebagian besar disuplay dari air bawah tanah dengan menggunakan pompa. Air yang dihisap dari bawah tanah dialirkan ke dalam bak penampungan bawah (Reservoir bawah). Selanjutnya dari bak penampungan bawah dialirkan ke bak penampungan atas (Reservoir atas) dengan menggunakan pompa dorong. Selanjutnya air dialirkan ke masing-masing pipa distribusi dengan memanfaatkan grafitasi.

Seluruh pompa yang digunakan, memakai Motor Induksi tiga fasa rotor sangkar sebagai motor penggerak. Motor-motor ini dikendalikan dari panel kontrol dengan menggunakan komponen-komponen pengontrolan.

Pada awalnya sistem pengontrolan motor-motor pompa menggunakan sistem manual, yaitu dengan cara memanfaatkan seorang operator. Jika bak penampungan kosong maka motor/pompa dihidupkan, dan setelah penuh motor/pompa dimatikan. Namun saat ini sistem pengontrolan sudah dirubah dengan cara otomatis menggunakan *Water Level Control* (WLC). Dengan sistem ini motor/pompa akan hidup dengan sendirinya jika bak penampungan tinggal berisi separuh, dan akan mati dengan sendirinya jika bak penampungan sudah penuh. Proses ini akan berjalan secara kontiniu sepanjang suplay daya listrik diberikan, dan peralatan kontrol serta motor/pompa dalam keadaan baik (tidak mengalami gangguan).

Pengontrolan kelistrikan pompa terdiri dari berbagai metode dan sistem, yaitu tergantung kepada motor penggerak dan sistem yang diinginkan. Umumnya motor penggerak menggunakan motor induksi tiga fasa. Sistem pengontrolan yang digunakan pada pengontrolan motor induksi tiga fasa umumnya terdiri dari tiga metode, yaitu :

1. Hubungan langsung, yaitu motor induksi tiga fasa dihubungkan langsung dengan menggunakan saklar manual atau Cam Switch seperti saklar TPST atau TPDT. Metode ini hanya cocok digunakan untuk motor berdaya kecil, karena untuk motor berdaya besar, akan menimbulkan bunga api yang besar pada saat menutup dan membuka hubungan.
2. Relay Magnetik, yaitu motor induksi tiga fasa dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa melalui relay magnetik yaitu menggunakan kontaktor magnet (KM). Dengan menggunakan kontaktor magnet (KM), penghubungan dan pemutusan berlangsung secara cepat sehingga dapat mengurangi percikan bunga api. Disamping itu pemutusan dan penghubungan dapat dilakukan dari jauh dengan menggunakan tombol ON-OFF. Namun sistem ini masih mempunyai kelemahan yaitu sistem kerjanya tetap secara manual yaitu untuk menghidupkan dan mematikan motor pompa tetap masih menggunakan operator.
3. Secara Otomatis, Pengontrolan motor induksi tiga fasa secara otomatis pada dasarnya ialah dengan menggabungkan relay magnetik dan alat peraba atau sensor, sehingga untuk menghidupkan dan mematikan motor pompa tidak lagi memerlukan operator, karena pada

pompa air, misalnya bak penampungan kosong, pompa/motor akan hidup dengan sendirinya dan akan mati dengan sendirinya jika bak penampungan sudah penuh.

**II. TINJAUAN PUSTAKA**

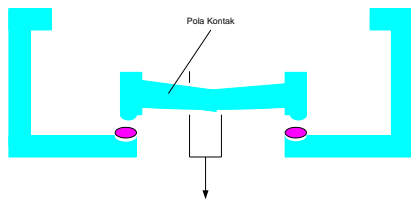
**2.1 Konstruksi Komponen**

Untuk pengontrolan kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan, komponen kontrol yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Kontaktor magnet
2. Thermal Over Load Relay
3. Circuit Breaker (CB)
4. Watter Level Control (WLC)

**2.2 Kontaktor Magnet**

Kontaktor magnet adalah salah satu saklar/switch yang bekerja berdasarkan elektromagnetik. Gambar 3.1. memperlihatkan bagian-bagian dan konstruksi dari sebuah kontaktor magnet



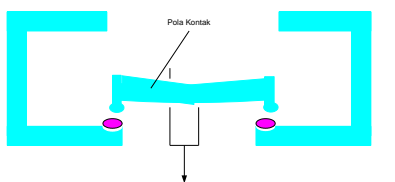
**Gambar 1. Konstruksi Kontaktor Magnet**

**2.3 Kontak-kontak pada kontaktor magnet**

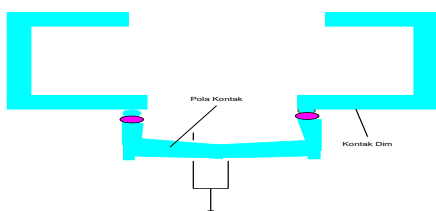
Kontak-kontak yang terdapat pada kontaktor magnet terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Kontak utama (main contact)
2. Kontak bantu (auxiliary contact)

Yang dimaksud dengan kontak utama adalah kontak yang menghubungkan antara sumber tegangan (line) dengan beban (pemakai). Pada setiap kontaktor terdapat tiga buah kontak utama, karena kontaktor umumnya digunakan untuk beban-beban tiga fasa. Bentuk konstruksi dari kontak utama dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini.



**Gambar 2. Konstruksi Kontak Utama**

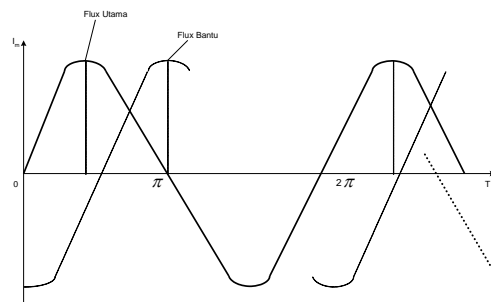


**Gambar 3. Konstruksi Kontak Bantu NC**

Kontak bantu ialah kontak yang berfungsi untuk membantu bekerjanya suatu kontaktor, serta untuk menghubungkan dan memutuskan suatu rangkaian kontrol. Kontak-kontak bantu ini terdiri dari dua macam yaitu kontak NO (Normal Open) dan kontak NC (Normaly Closed). Kontak NO adalah kontak yang dalam keadaan normal (Kontaktor dalam keadaan tidak bekerja) kontak-kontaknya terbuka dan kontak NC adalah kontak yang dalam keadaan normal kontak-kontaknya tertutup (terhubung). Dan jika kontaktor dalam keadaan bekerja, kontak-kontak NO akan terhubung (tertutup dan kontak-kontak NC akan terbuka). Konstruksi kontak-kontak bantu NC dan NO pada prinsipnya sama dengan konstruksi kontak utama, perbedaannya hanya pada tabel dan tipisnya bahan yang digunakan dimana kontak-kontak utama lebih besar dari kontak-kontak bantu, karena kontak utama dialiri arus yang lebih besar dari kontak-kontak bantu. Gambar 3.4. memperlihatkan konstruksi dari kontak bantu NO an kontak bantu NC.

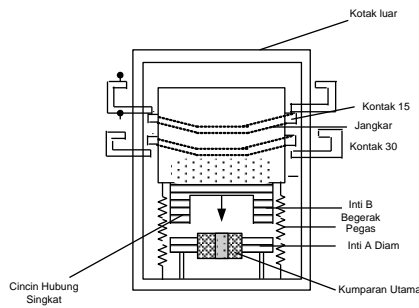
**2.4 Cara Kerja Kontaktor Magnet**

Sebagaimana diketahui bahwa sumber arus bolak-balik adalah berbentuk sinusoida, yang berarti jika frekuensinya 50 Hz dalam satu detik akan terjadi 100 kali dalam keadaan nol. Hal ini juga akan mengakibatkan kumparan utama kehilangan daya 100 kali dalam satu detik, dan dengan sendirinya inti magnet akan kehilangan daya sebanyak yang dialami oleh kumparan utama, jika hal ini dibiarkan, maka dalam satu detik akan terjadi 100 kali inti magnet tertarik dan terlepas, yang mengakibatkan getaran pada kontaktor. Getaran ini mengakibatkan kontak itu bergetar sehingga hubungan kontak-kontak tidak sempurna. Untuk menghilangkan getaran tersebut, maka pada inti magnet dipasang cincin hubung singkat, yang berfungsi untuk membangkitkan flux bantu. Flux bantu terlambat 90<sup>0</sup> listrik dari flux medan utama (gambar 3.5.).



**Gambar 4. Sinusoida Flux Utama dan Bantu**

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada saat flux utama maksimum, flux bantu minimum, dan saat flux utama minimum, flux bantu maksimum, sehingga dengan demikian magnet yang bergerak tertarik mendekati inti magnet yang diam. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 5.

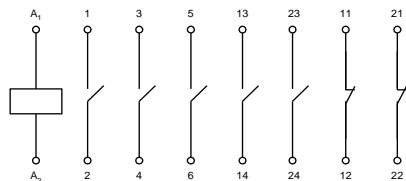


**Gambar 5. Prinsip Kerja Kontaktor**

Pada Gambar 5. jika kumparan utama dialiri arus maka pada inti A akan timbul medan magnet. Medan magnet ini akan mengalir melalui inti B, sehingga inti B tertarik mendekati inti A. Hal ini akan mengakibatkan kontak-kontak utama dan kontak bantu NO terhubung dan kontak NC terlepas (terbuka). Pada saat kumparan utama dialiri arus maksimum, cincin hubung singkat ikut terinduksi, sehingga saat kumparan utama minimum, cincin hubung singkat mengambil alih tugas kumparan utama. Sehingga inti B tetap tertarik mendekati inti A. Jika sumber arus diputuskan, maka kumparan utama kehilangan daya, dan pegas akan mengembalikan inti B keposisi semula.

**2.5 Simbol-simbol Kontaktor**

Memudahkan dalam pemasangan dan untuk membedakan kontak-kontak bantu, kontak utama serta terminal kumparan maka pada kontaktor umumnya diberi tanda atau simbol-simbol. Tanda atau simbol ini biasanya menggunakan angka dan huruf-huruf. Untuk terminal kontak utama biasanya menggunakan angka 1, 3, 5, dan L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> untuk bagian input serta angka 2, 4, 6 dan T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> untuk bagian outputnya. Sedangkan untuk kontak bantu NO biasanya menggunakan angka 13-14, 23-24, 33-34 dan untuk kontak NC menggunakan angka 11-12, 21-22, 31-31. Untuk terminal Coil atau kumparan biasanya diiiberi tanda dengan menggunakan A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub> atau A-B. Dalam satu diagram rangkaian, terminal-terminal kontaktor digambarkan secara simbol dan dilengkapi dengan tanda-tanda terminal seperti dalam Gambar 6.

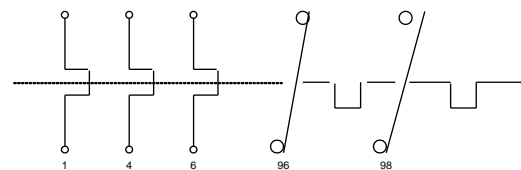


**Gambar 6. Tanda Terminal Kontaktor**

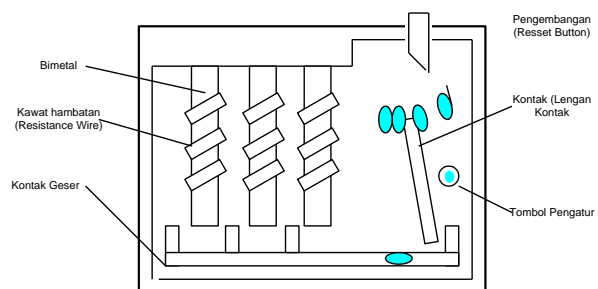
**2.6 Over Load Relay**

*Thermal Over Load Relay* (relay Beban Lebih) digunakan untuk mengamankan motor dari kerusakan akibat pembebanan lebih. Saat motor mengalami kelebihan beban maka *Over Load Relay* akan memutuskan rangkaian ke motor

sehingga motor tidak bekerja lagi. Pemutusan arus (rangkai) oleh Relay beban Lebih dikerjakan oleh suatu kontak yang digerakkan melalui elemen dwi logam (Bimetal) berdasarkan perubahan panas yang diakibatkan oleh arus. Pada *Over Load Relay* terdapat suatu pengatur arus (*Current Setting*) yang gunanya untuk mengatur pembatasan arus nominal beban (motor). Bila arus yang mengalir pada Relay Beban Lebih melebihi batas harga arus yang telah ditetapkan pada pengatur arus maka Relay Beban Lebih akan bekerja memutuskan rangkaian. Pada Relay Beban Lebih juga terdapat kontak-kontak NC maupun kontak NO yang berfungsi untuk memutuskan rangkaian jika terjadi kelebihan arus. Terminal untuk kontak NC biasanya ditandai dengan angka 97-98, sedangkan untuk kontak NC biasanya ditandai dengan angka 95-96. Untuk terminal-terminal utama dari Relay Beban Lebih biasanya ditandai dengan angka 1-2, 3-4, 5-6, atau dengan huruf L<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>L<sub>3</sub>-T<sub>3</sub>. Dalam diagram rangkaian Relay beban Lebih digambarkan dengan simbol seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.8. Sedangkan konstruksi *Over Load Relay* diperlihatkan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Simbol Over Load Relay**



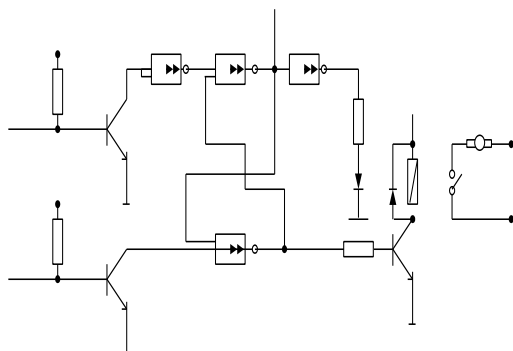
**Gambar 8. Konstruksi Sederhana Over Load Relay**

Prinsip kerja *Over Load Relay* sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8 adalah sebagai berikut : Bila elemen pemanas atau resistance wire dilewati arus lebih besar dari arus setting maka bimetal trip bagian bawah akan melengkung ke kiri dan membawa slide (kontak geser) ke kiri. Gerakan ini akan membawa lengan kontak pada bagian bawah tertarik ke kiri sehingga kontak-kontak NC terlepas dan kontak NO terhubung. Selama bimetal trip masih panas maka pad abagian bawah tetap akan terbawa ke kiri sehingga kontak NO maupun NC tidak dapat dikembalikan walaupun resset button ditekan. Bila bimetal sudah dingin dan lurus kembali barulah kontak-kontak NC dan NO dikembalikan keposisi semula dengan menekankan resset button. Setting Current (Tombol pengatur) digunakan untuk mengatur

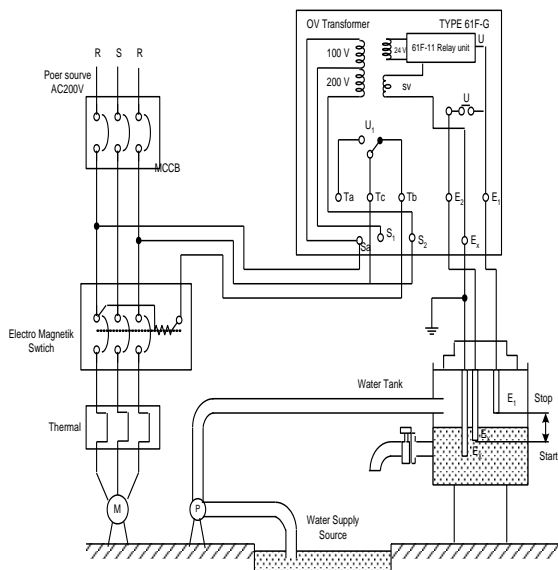
batas arus nominal yang akan mengalir melewati elemen pemanas atau resistance wire. Dimana dengan mengatur Setting Current maka kedudukan lengan kontak dapat diatur sehingga untuk melepaskan kontak diperlukan arus (daya) yang berbeda-beda, daya ini diperoleh dari panas resistance wire yang memanasi bimetal. Bila dikehendaki melepaskan kontak-kontak baik NO maupun NC dapat dilakukan dengan menekan manual trip.

**3.1. Water Level Control (WLC)**

Water Level Control adalah suatu alat peraba untuk mengontrol tinggi rendahnya suatu permukaan air pada bak penampungan air (Reservoir). WLC pada umumnya bekerja menggunakan komponen Elektronika Gambar 9. di bawah ini memperlihatkan rangkaian dasar dari Water Level Control. Sedangkan Gambar 10. memperlihatkan diagram hubungan dari sebuah WLC buatan OMRON Model 61F Type G.



**Gambar 9. Rangkaian Dasar WLC**

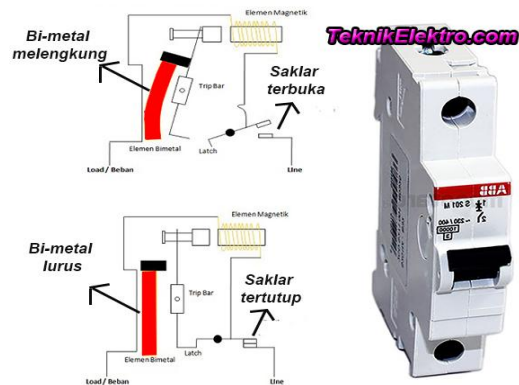


**Gambar 10. Hubungan WLC OMRON 61F.G**

**3.2. Mini Cirkuit Breaker (MCB)**

Mini Cirkuit Breaker adalah alat untuk mengamankan motor/beban dari akibat beban lebih. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip Thermis dan Elektromagnetis.

Gambar 11 memperlihatkan konstruksi dari sebuah MCB.



**Gambar 11. Rangkaian dan Konstruksi MCB**

**IV. SISTEM KELISTRIKAN POMPA**

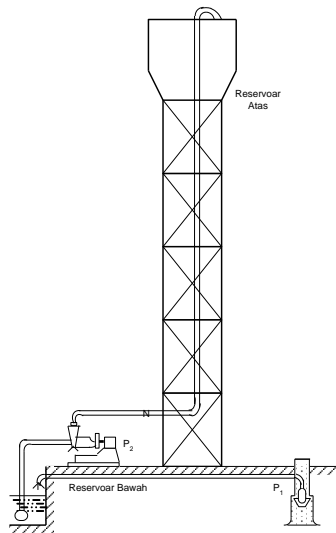
**4.1 Pompa**

Pompa Reservoir PPPG teknologi Medan terdiri dari dua unit, masing-masing satu pompa untuk mengisi bak penampungan bawah (pompa 1) dan satu pompa lagi untuk mengisi bak penampungan atas (pompa 2). Pompa tersebut digerakkan oleh motor induksi 3 fase 3 HP/380V/50 Hz dan dijalankan pada hubungan bintang (Star). Kedua motor tersebut dikendalikan dari panel kontrol dengan menggunakan komponen pengontrol dan pengaman yaitu MCB, Kontaktor Magnet, Thermal Over Load Relay, dan Water Level Control (WLC).

Motor-motor tersebut bekerja secara otomatis jika suplay power diberikan. Misalnya jika bak penampungan air bawah kosong maka Motor pompa P<sub>1</sub> akan bekerja dan mengisi bak penampungan bawah sampai penuh, dan jika sudah penuh, motor pompa akan berhenti secara otomatis, dan akan bekerja kembali secara otomatis jika bak penampungan bawah kosong atau pada level yang dikehendaki.

Demikian juga halnya jika bak penampungan air atas kosong (pada level tertentu) maka motor pompa P<sub>2</sub> akan bekerja dan mengisi bak penampungan atas sampai penuh, dan jika sudah penuh, motor pompa P<sub>2</sub> akan berhenti secara otomatis, dan akan bekerja kembali secara otomatis jika bak penampungan atas kosong pada level tertentu yang dikehendaki proses tersebut akan berlangsung secara terus menerus selama suplay tenaga diberikan dan komponen kontrol dan pompa dalam keadaan baik.

Gambar 12. memperlihatkan gambar skema Pompa Reservoir PPPG Teknologi Medan.



**Gambar 12. Pompa Reservoir PPPG Teknologi Medan**

Berikut ini adalah data-data dan pompa yang digunakan pada pompa Reservoir PPPG Teknologi Medan.

**4.1.1. Motor**

- Nomor : 56765 x 0002 F
- Type : K11R. 152. S4
- Kw : 7,5 PS/5,5
- V :  $\Delta / \gamma$  380 / 660
- Cos  $\phi$  : 0,89
- A : 11,5 / 6,7
- Rpm : 1400
- Hz : 50

**4.1.2. Data Pompa**

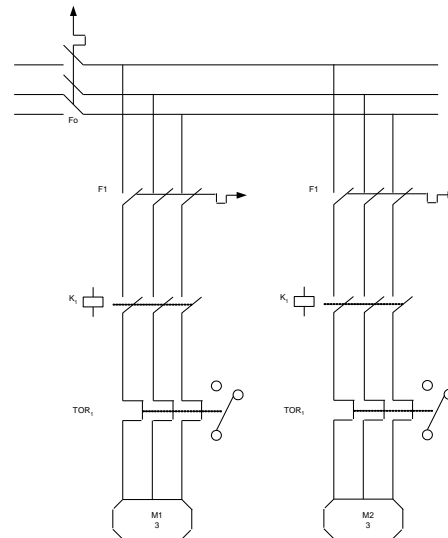
- Total Head : 21,5 – 23 m
- Capacity : 12 – 8 m<sup>3</sup> / h
- Speed : 1500 Rpm

**4.2 Diagram Rangkaian**

Diagram rangkaian untuk menjalankan motor Pompa Reservoir PPPG Teknologi Medan. Terdiri dari dua diagram, yaitu diagram utama dan diagram pengawatan.

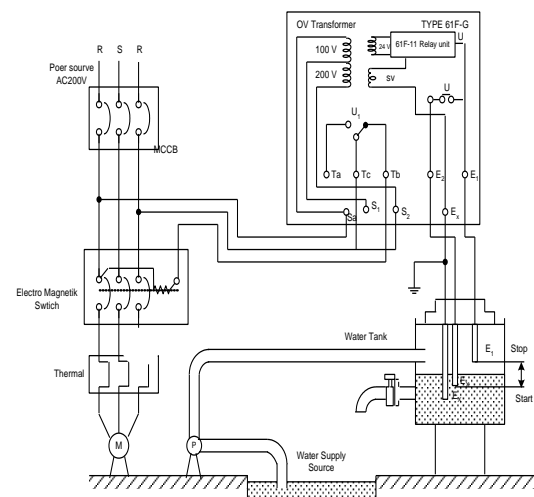
Diagram Utama adalah rangkaian yang menghubungkan sumber tegangan ke Rotor Pompa, sehingga motor dapat beroperasi. Pada diagram utama, komponen yang digunakan untuk menghubungkan sumber tegangan ke motor adalah terminal-terminal MCB, kontak utama Kontaktor Magnet, dan terminal utama thermal Over Load Relay. Diagram utama untuk menjalankan motor pompa reservoir PPPG Teknologi Medan dipellihatkan pada Gambar 13. Pada Gambar 13 tersebut. Kontaktor Magnet ( $K_1$ ) berfungsi sebagai penghubung (switch) untuk menjalankan Motor Pompa  $P_1$  untuk mengisi bak penampung bawah. Sedangkan Kontaktor Magnet ( $K_2$ ) berfungsi sebagai penghubung (switch) untuk menjalankan

Motor Pompa  $P_2$  untuk mengisi bak penampung atas. Kemudian untuk mengamankan motor pada motor Pompa  $P_1$  dipasang MCB ( $F_1$ ) dan Thermal Over Load Relay ( $TOR_1$ ), sedangkan pada motor pompa  $P_2$  dipasang MCB ( $F_2$ ) dan Thermal Over Load Relay ( $TOR_2$ ).



**Gambar 13. Diagram Utama**

Diagram pengawatan merupakan gabungan dari diagram utama dan diagram kontrol. Pada diagram pengawatan ini diperlihatkan hubungan rangkaian komponen-komponen secara keseluruhan. Gambar 14. memperlihatkan diagram pengawatan sistem kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan.



**Gambar 14. Diagram Pengawatan**

**Cara Kerja Rangkaian**

Cara kerja rangkaian dari diagram utama dan diagram kontrol serta diagram pengawatan diatas adalah sebagai berikut :

Jika MCB ( $F_0$ ) dan MCB ( $F_1$ ) dihubungkan, maka jika bak penampung pada kondisi kosong

(air dibawah elektroda  $E_2$ ) maka kontaktor magnet  $K_1$  akan bekerja melalui NC TOR<sub>1</sub> dan kontak "U" WLC<sub>1</sub>, sehingga pompa  $P_1$  bekerja mengisi bak penampung bawah. Kondisi ini akan berlangsung terus menerus sampai air di bak penampung melewati batas elektroda  $E_2$ . elektroda  $E_3$  berfungsi sebagai elektroda dasar. Cara yang sama juga akan terjadi pada pompa  $P_2$  jika MCB ( $F_2$ ) dihubungkan, sehingga Kontaktor Magnet  $K_2$  dan WLC 2 bekerja, dan akan mengatur kerja motor pompa  $P_2$  sesuai dengan prinsip kerja pada motor pompa  $P_1$ . Jika terjadi gangguan, maka TOR<sub>1</sub> dan MCB  $F_1$  akan memutuskan rangkaian ke motor pompa  $P_1$  dan TOR<sub>2</sub> dan MCB  $F_2$  akan memutuskan rangkaian ke motor pompa  $P_2$ .

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Arah putaran motor induksi tiga fasa akan selalu searah dengan putaran medan putar stator, namun putaran rotor motor induksi tiga fasa akan selalu lebih kecil dari putaran medan stator. Hal ini terjadi karena adanya slip antara putaran rotor dan putaran medan stator.
2. Pompa reservoir pada PPPG Teknologi Medan menggunakan motor induksi tiga fasa Rotor Sangkar sebagai motor penggerak, karena motor jenis ini mempunyai konstruksi yang relatif sederhana dan relatif mudah untuk mengendalikannya.
3. Peraba/sensor yang digunakan pada sistem kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan adalah Water Level Control (WLC) jenis elektronika, karena WLC jenis elektronika relatif lebih sensitif dan tahan lama dibandingkan dengan WLC jenis mekanik.
4. Penggunaan Kontaktor magnet pada pengontrolan kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan sangat tepat dan menguntungkan, karena dengan kontaktor magnet, sistem pengendalian dapat dilakukan secara otomatis menggunakan WLC. Disamping itu penggunaan kontaktor magnet juga dapat mengurangi percikan bunga api pada saat menjalankan dan menghentikan motor pompa.

5. Sistem Pengontrolan kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan, sepenuhnya bekerja secara otomatis dan tidak dapat dikendalikan secara manual, sehingga jika terjadi gangguan pada sistem sensor (peraba), maka keseluruhan sistem tidak dapat dioperasikan.
6. Dari diagram utama, diagram kontrol dan diagram pengawatan pada sistem kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan, dapat dilihat bahwa pada dasarnya sistem kontrol kedua pompa dibuat secara terpisah dan tidak saling berhubungan, yang berarti apabila terjadi gangguan pada salah satu motor pompa, maka motor pompa yang lain tidak terpengaruh.

### 5.2. Saran-saran

1. Sistem pengontrolan kelistrikan pompa reservoir PPPG Teknologi Medan, hendaknya dilengkapi dengan sistem pengendalian manual, sehingga jika terjadi gangguan sistem sensor, pompa masih dapat dioperasikan secara manual.
2. Untuk menjamin ketersediaan air di PPPG Teknologi Medan, hendaknya setiap pompa dilengkapi dengan pompa cadangan, masing-masing satu pompa untuk mengisi bak penampung bawah dan satu pompa untuk mengisi bak penampung atas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Djokosetyarjo, M.J, Ir. *Ketel Uap*, PT. Pradya Paramitha
- [2]. Frase, Howard, (1966), *Piping Design For Power Plant*, Jhon Willy and Sons. New York.
- [3]. F. T. Morse, MC. E.E. *Power Plang Engineering*"Holman, J.P, E, Jasjp. (19) "Perpindahan Kalor, edisi Keenam. Penerbit Erlanggan. Jakarta
- [4]. Kent's, *Mechanical Engineering Hand Book*
- [5]. Muin, Syamsyir A., 1994, *Pesawat – pesawat Konversi Energi*", edisi pertama. CV. Rajawali. Jakarta
- [6]. Nasution, A. Halim, 1982, *Konversi Energi*", Gamma Pistudisi Group Medan.
- [7]. Raswari. 1986, *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaian*, Cetakan Kedua. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- [8]. Sitompul, Tunggul M, 1933, *Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)*, Cetakan Pertama. PT. Raja Glafindo Rusada. Jakarta
- [9]. Skrotzkation, *Engineering And Economy*, Second Edition. Tata Mc. Graw Hill.