

## *Capacitor Bank Panel Design to Improve Industrial Power System Efficiency and Safety*

### **Rancangan Panel Kapasitor Bank untuk Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan Sistem Daya Industri**

Yogi Adhimanata<sup>1\*</sup>, Shazana Dhiya A<sup>2</sup>

\*Email corresponding author: [yogiadhimanata8@gmail.com](mailto:yogiadhimanata8@gmail.com)

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

**Abstract.** Industrial loads generally use control equipment and power electronics that use semiconductor materials that are very sensitive to voltage fluctuations. As reactive power compensation, industries usually use capacitor banks to increase power factor, reduce losses and increase line capacity. But it turns out that the use of capacitor banks also causes problems related to capacitor bank switching during the energizing process. During the energizing process, transient voltages and currents will be generated which can potentially damage control equipment, power electronic equipment, switching equipment and the capacitor bank itself. The Capacitor Bank panel assembly process involves the preparation of components such as MCB (Miniature Circuit Breaker), MCCB (Molded Case Circuit Breaker), Capacitor Bank, and other components. After that, these components are carefully assembled according to the pre-prepared design. Next, the installation of the Capacitor Bank panel involves mounting the panel to the location according to the plan and connecting it to the building's main power system. Accurate wiring and meticulous testing are required to ensure that the panels function properly. Therefore, a good understanding of the assembly and installation process of Capacitor Bank panels is essential to ensure efficient, and safety.

**Keywords -** Capacitor Bank, Low Voltage Main Distribution Panel, transient overvoltage.

**Abstrak.** Beban industri pada umumnya menggunakan peralatan kontrol dan elektronika daya yang menggunakan bahan semikonduktor yang sangat sensitif terhadap fluktuatif tegangan. Sebagai kompensasi daya reaktif, pada industri biasanya menggunakan capacitor bank untuk meningkatkan power factor, menurunkan rugi-rugi dan meningkatkan kapasitas saluran. Tapi ternyata penggunaan capacitor bank ini juga menimbulkan permasalahan yang berkaitan dengan capacitor bank switching selama proses energizing. Selama proses energizing akan dihasilkan tegangan dan arus transien yang bisa berpotensi merusak peralatan kontrol, peralatan elektronika daya, peralatan switching dan capacitor bank itu sendiri. Proses perakitan panel Kapasitor Bank melibatkan penyediaan komponen seperti MCB (*Miniature Circuit Breaker*), MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*), Kapasitor Bank, dan komponen lainnya. Setelah itu, komponen-komponen ini dirakit dengan hati-hati sesuai dengan desain yang telah disiapkan sebelumnya. Selanjutnya, instalasi panel Kapasitor Bank melibatkan pemasangan panel ke lokasi yang sesuai dengan perencanaan dan menghubungkannya ke sistem daya utama bangunan. Pengkabelan yang akurat dan pengujian yang teliti diperlukan untuk memastikan bahwa panel berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang proses *assembly* dan instalasi panel Kapasitor Bank sangat penting untuk memastikan efisien, dan aman.

**Kata Kunci -** Kapasitor Bank, Low Voltage Main Distribution Panel, tegangan lebih transien.

## I. PENDAHULUAN

Pendistribusian kebutuhan tenaga listrik dihitung berdasarkan besarnya aktivitas dan intensitas penggunaan tenaga listrik tentu dibutuhkan sesuatu yang bisa mengamankan (proteksi), menghitung besaran daya yang mengalir dan pemutus dalam sebuah sistem pendistribusian, hal ini untuk mendukung jalannya industri agar tercapainya sebuah produksi yang baik. Oleh karena itu dibutuhkan panel yang dapat menerima, menyalurkan, mengamankan, menghitung daya tersebut ke setiap sub distribusi. Panel ini biasa disebut panel Distribusi Tegangan Rendah (*Low Voltage Main Distribusi Panel/LVMDP*) [1]. Faktor daya dapat ditingkatkan dengan meminimalisir daya reaktif yang disuplai oleh PLN. Daya reaktif dapat dihasilkan oleh beban yang bersifat kapasitif. Upaya yang dilakukan oleh pihak Makassar New Port dalam meningkatkan faktor daya yaitu dengan memasang Kapasitor Bank terhadap beban yang bersifat induktif seperti pada reefer plug. Analisis perubahan faktor daya setelah beban dihubungkan dengan Kapasitor Bank perlu dilakukan guna mengetahui efektivitas penggunaan Kapasitor Bank dalam memperbaiki faktor daya [2].

Penggunaan Kapasitor Bank digunakan untuk memperbaiki atau menambah nilai faktor daya ( $\cos \phi$ ). Dalam 3 tahun terakhir terdapat 20 Kapasitor Bank yang diperbaharui dengan penyebab yang berbeda – beda yaitu faktor voltage kapasitor, temperatur ruangan, frequency kerja kapasitor dan quality power. Kerusakan Kapasitor Bank dapat menyebabkan turunnya nilai faktor daya dan mengakibatkan arus yang mengalir pada sistem jaringan tenaga listrik

mengalami kenaikan. Dengan tingginya nilai arus mengakibatkan rugi – rugi listrik, besarnya rating kva, voltage drop, dan biaya pemakaian listrik semakin besar. Faktor penyebab kerusakan Kapasitor Bank di lingkungan perusahaan, yaitu kurangnya sistem perawatan, pemeliharaan dan pemantauan panel Kapasitor Bank [3].

Panel distribusi atau LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) adalah panel yang mendistribusikan beban kepanel-panel yang lebih kecil kapasitasnya. Di dalamnya terdapat pemutus daya utama dan pemutus- pemutus beban yang tersambung dengan panel sub distribusi, membagi suplai listrik ke beban yang dibutuhkan dari transformer (*trafo*) dan mendistribusikan power tersebut lebih lanjut ke panel *Low Voltage Sub Distribusi (LVSDP)* menggunakan *Air Circuit Breaker (ACB)* atau *Mouled Case Circuit Breakers (MCCB)*. Panel sub distribusi mendistribusikan daya tersebut ke persalatan electrical [4].

## II. METODE

Metode deskriptif kuantitatif dalam penelitian sosial terutama sosiologi seni mengenal dua bentuk penelitian, yaitu penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Penelitian kuantitatif berkaitan dengan data yang dapat diukur secara kuantitatif, menggunakan simbol angka-angka, sementara penelitian kualitatif memerlukan data berupa informasi secara deskriptif. Jenis penelitian Kuantitatif seperti misalnya eksploratif, deskriptif statistik, eksplanatoris, survei, eksperimen, komparatif, dan korelasional [5].

Dalam periode satu bulan ini penulis mengambil data secara langsung dilapangan yaitu di CV. Bintang Pratama Teknik untuk mempelajari dan juga meneliti terkait panel Kapasitor Bank dari mulai proses pembuatan, proses perakitan, sampai dengan uji coba kelayakan panel Kapasitor Bank tersebut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembahasan

#### a. Panel Listrik

Panel listrik adalah suatu benda berbentuk kubus dengan berbagai ukuran bervariasi dengan sebelah sisi dibuat lubang selebar hampir sama dengan belakangnya, dan nantinya di baut penutup seperti daun pintu agar bisa dibuka dan ditutup, dan di dalam panel tersebut terdapat papan yang dikaitkan dengan sisi belakang pintu dipakai baut yang nantinya papan tersebut dapat dilepas dan dipasang kembali. Pada umumnya panel listrik adalah terbuat dari plat besi dengan ketebalan 0,5 – 1mm. Biasanya disesuaikan dengan ukuran atau besarnya panel, dan nantinya papan tersebut yang akan digunakan tempat pemasangan komponen- komponen listrik. Fungsi panel listrik adalah menempatkan komponen listrik sebagai pendukung dari mesin-mesin listrik agar bisa beroperasi sesuai dengan prinsip kerja dari mesin listrik itu sendiri. Untuk mengamankan komponen listrik supaya terlindungi dari pengaruh di sekelilingnya. Untuk menata komponen atau rangkaian listrik agar terlihat rapi dan aman. Fungsi dari panel listrik adalah untuk menempatkan komponen listrik sebagai pendukung dari mesin-mesin listrik agar bisa beroperasi sesuai dengan prinsip kerja dari mesin listrik itu sendiri. Untuk mengamankan komponen listrik supaya terlindungi dari pengaruh di sekelilingnya. Untuk menata komponen atau rangkaian listrik agar terlihat rapi dan aman.

#### b. Panel Kapasitor Bank

Panel ini merupakan komponen panel listrik yang terdiri dari beberapa kapasitor yang umumnya memiliki spesifikasi yang sama dan disambungkan secara seri atau paralel untuk mendapatkan nilai kapasitas tertentu. Besaran parameter yang sering digunakan adalah KVAR (Kilovolt Ampere Reaktif), meskipun pada kapasitor sendiri telah tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Selain itu, komponen ini berperan guna menyimpan energi listrik. Penyimpanan energi listrik yang dihasilkan tersebut kemudian digunakan untuk menetralkan atau memperbaiki kelambatan faktor daya dan meningkatkan jumlah keseluruhan energi yang tersimpan. Kapasitor Bank banyak digunakan untuk memperbaiki power factor atau faktor daya pada arus listrik AC, sementara untuk arus DC terutama Power Supply digunakan untuk meningkatkan arus riak catu daya serta meningkatkan jumlah energi yang tersimpan. Kapasitor Bank biasanya sering dipasang di industri atau pabrik-pabrik yang umumnya memiliki kebutuhan daya listrik besar. Namun, saat ini penggunaan kapasitor bank telah meluas pada rumah-rumah warga dengan tujuan menghemat daya listrik yang dikeluarkan.

### c. Komponen Kapasitor Bank

#### 1. MCCB

MCCB adalah singkatan dari *Moulded Case Circuit Breaker*, sebagai pengaman terjadinya hubung singkat short circuit dan beban lebih overload agar tidak terjadinya kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang disebabkan oleh short circuit yang selalu menimbulkan bunga api.

#### 2. Change Over Switch Manual (COS)

*Changeover Switch* atau yang sering disebut COS atau Ohm Saklar adalah alat listrik yang digunakan untuk memindahkan daya listrik dari sumber listrik utama (PLN) dengan sumber listrik cadangan (Genset) dan sebaliknya. *Changeover Switch* ini merupakan alat listrik yang penting untuk pemasangan instalasi dengan genset. *Changeover Switch Manual* akan berfungsi memindahkan daya listrik dengan dioperasikan secara manual, yaitu memutar handle ohm saklar ke arah PLN atau Genset. *Changeover Switch Manual* memiliki pilihan ampere yang lengkap, mulai dari 16 Ampere hingga 1250 Ampere, yang dapat disesuaikan dengan daya listrik PLN dan daya genset yang digunakan. Untuk pemasangan saklar genset di rumah, dapat menggunakan *Wisenheimer Changeover Switch* tipe GZ yang sudah dilengkapi dengan box, untuk mempermudah instalasi listriknya. *Changeover Switch* dengan box, tersedia pilihan 16 Ampere, 25 Ampere, 32 Ampere, 40 Ampere, 63 Ampere dan 100 Ampere. *Changeover switch* manual tanpa box, pada umumnya digunakan untuk dirakit pada Panel Change Over Switch dan memiliki pilihan ampere yang lebih besar.

#### 1. MCB

MCB atau *Miniature Circuit Breaker* adalah sebuah komponen listrik yang berguna untuk mengamankan beban lebih atau hubung singkat (*Short Circuit*) yang disebabkan oleh lonjakan listrik yang tidak disengaja maupun tidak disengaja.

#### 2. Kontaktor

Pengertian fungsi dan *wiring* dari kontaktor bisa disebut *Magnetic Contactor*, karena prinsip kerja dari kontaktor tersebut menggunakan medan magnet yang timbul oleh arus listrik yang didalam kontaktor tersebut ada sebuah kumparan untuk menjadi magnet karena dialiri oleh arus listrik.

#### 3. TOR

*Thermal Overload Relay* (TOR) adalah pengaman motor listrik dari bahaya arus lebih. Jika motor listrik dilewati arus yang lebih besar dari arus yang sesuai spesifikasi maka beban akan rusak, oleh karena itu fungsi komponen ini adalah memutuskan arus yang melewati rangkaian jika ada arus berlebih.

#### 4. Timer delay dan Soket

Timer atau kepanjangannya Time Delay Relay adalah sebuah komponen elektronik yang dibuat untuk menunda waktu yang bisa disetting sesuai range timer tersebut, dengan memutus sebuah kontak relay yang biasanya digunakan untuk memutus atau menyalakan sebuah rangkaian control.

#### 5. Relay

Komponen Relay adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak N/O atau N/C. terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi.

#### 6. Pilot Lamp

Pilot Lamp disini berfungsi untuk menunjukkan jika ada arus atau tegangan yang masuk dengan tanda bahwa pilot lamp tersebut menyala. Pilot lamp sendiri memiliki beberapa warna biasanya untuk tegangan distribusi seperti phase R, S, T menggunakan warna Biru, Kuning, Merah, tergantung sebuah perusahaan jika menganut puil lama biasanya menggunakan Merah, Kuning, Hijau. Tetapi ada juga yang pilot lampnya sama antara phase R, S, T menggunakan hijau yang membedakan adalah label dari panel listrik tersebut.

#### 7. Push Butom

Push Button adalah komponen penting berada pada panel listrik, fungsi dari push button ini adalah untuk menghubungkan arus jika ditombol akan nyambung N/O ( Normaly Open), biasanya push button ini berwarna merah. Jika ditombol lepas atau N/C (Normaly Close) maka tegangan akan lepas, push button ini biasanya identik dengan warna hijau.

#### 8. Selector Switch

Selector Switch adalah Komponen listrik yang berfungsi sebagai memilih atau select sebuah mode di panel listrik, selector switch memiliki kontak yaitu berupa kontak N/O atau N/C.

#### 9. Fuse

Fuse "Sekering" merupakan suatu komponen yang berfungsi ialah sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika ataupun juga perangkat listrik. Fuse (Sekering) ini pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat yang halus dan pendek yang akan meleleh serta terputus apabila dialiri oleh Arus Listrik yang berlebihan / juga apabila terjadi hubungan arus pendek (short circuit) Didalam sebuah peralatan listrik (Elektronika).

## 10. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah sebuah komponen panel listrik yang dihubungkan secara paralel atau seri antara power.

anak yang satu dengan power bank yang lain. Sebuah kapasitor bank adalah kumpulan dari beberapa kapasitor yang memiliki spesifikasi yang sama dan memiliki nilai kapasitas total untuk semua kapasitor. Bank kapasitor dapat memperbaiki nilai faktor daya rendah.

### 1. Arrester

Arrester ialah sebuah alat yang dipasang di suatu instalasi listrik yang berfungsi agar dapat melindungi berbagai macam peralatan listrik yang ada diinstalasi tersebut, pada saat terjadinya lonjakan tegangan (Over voltage) yang dimana melebihi batas toleransi yang dimana diperbolehkan.

### 2. Current Transformer / CT

Trafo arus adalah trafo instrumen, digunakan bersama dengan alat pengukur atau pelindung, di mana arus sekunder sebanding dengan arus primer (dalam kondisi operasi normal) dan berbeda darinya dengan sudut yang kira-kira nol.

### 3. Terminal Block

Terminal block adalah sebuah komponen arus listrik yang memiliki fungsi pengkabelan yaitu untuk menghentikan arus listrik secara sementara sebelum aliran listrik yang telah mengalir tersebut dihubungkan kepada komponen - komponen lainnya yang bersifat paralel. Karena Terminal block dapat menghubungkan sumber listrik kepada komponen lainnya, maka komponen yang menggunakan terminal block dapat berfungsi secara aman tanpa khawatir terjadinya kerusakan [6].

### 4. Kabel Duck

Kabel Duct adalah komponen penunjang dalam perakitan panel listrik sebagai rumah kabel untuk melindungi kabel dari benda benda yang berpotensi melukai kabel dan agar mudah saat pemeliharaan kabel.

### 5. Omega Rails atau Din Rails

Rel omega adalah alat yang dapat dipakai sebagaiudukan pemasangan pada komponen panel listrik seperti MCB, kontaktor dan TOR. Rel omega ini juga berfungsi untuk melekatkan kabel agar tidak saling mengikat satu sama lain yang akan menyebabkan kabel tersebut kusut.

## B. Hasil

### Proses Pembuatan Panel Listrik

#### 1. Omega Rails atau Din Rails

Dalam proses produksi pertama ini yang di kerjakan ialah proses cutting, pengerjaan membentuk dan memotong lembaran (plat) sehingga sesuai dengan bentuk dan ukuran yang sudah direncanakan. Kemudian di lakukan proses penyambungan plat dengan menggunakan las listrik dan proses grinda. Dan setelah itu plat di cat dengan cara Powder Coating.

#### 2. Seting Komponen

Didalam proses ini semua komponen utama dan pendukung dipasang agar sesuai dengan kegunaannya masing masing dalam sebuah panel. Cara ini dilakukan agar komponen dari panel terpasang di tempat yang telah ditentukan. Komponen akan dipasang pada rail omega agar komponen tidak terlepas dan terpasang dengan tetap ditempatnya.

#### 3. Pembuatan Busbar

Busbar merupakan susunan konduktor yang biasanya berupa pelat tembaga atau aluminium yang digunakan dalam sebuah panel kelistrikan untuk menghantarkan energi listrik. Busbar umumnya mempunyai bentuk seperti plat atau penampang tembaga persegi panjang ataupun juga berbentuk tabung dengan ukuran tertentu yang bisa menghantarkan arus yang sangat tinggi.

#### 4. Wiring

Wiring adalah sebuah cara penataan dan pengaturan kabel agar kabel tersebut dapat terlihat rapih dan aman dalam jangka panjang. Wiring panel listrik merupakan posisi vital dalam perangkat panel listrik. Semain kompleks perangkat panel listrik tersebut mamka semakin kompleks kapasitas panel listrik.

#### 5. QA dan QC

Proses QA dan QC sebenarnya merupakan dua proses yang dijadikan satu kesatuan. QA sendiri adalah

Quality Assembling, dimana pada proses ini panel akan dicek tentang kelengkapan komponennya apakah sudah sesuai dengan yang diminta. Tentang kualitas pengencangan mur bautnya apakah sudah sesuai prosedur perusahaan apa belum. Cat dari box panel apakah ada yang cacat apa tidak. Serta pemasangan stiker pemberitahuan sesuai prosedur perusahaan. Untuk QC adalah singkatan dari Quality Control.

Dalam proses ini panel akan dites bagian kontrolnya. Meliputi alur arusnya apakah sudah sesuai dengan yang diminta dan akan di tes apakah panel dapat bekerja sesuai semestinya apa belum. Bila sudah panel akan lanjut ke proses selanjutnya. Dan apabila masih ditemui kesalahan maka akan kembali ke proses sebelumnya.

## 6. Finishing Dan Packing

Proses Finishing dan Packing yang dilakukan di akhir produksi, hal ini merupakan suatu proses akhir produksi yang meliputi pembersihan panel listrik dari kotoran, debu, gram, serta menempelkan striker pada panel listrik. Untuk proses peacking sendiri merupakan proses yang dilakukan setelah proses finishing. Proses finishing ini untuk melindungi panel listrik dari debu, goresan pada panel dan sebagainya.

### a. Cara Kerja Kapasitor Bank

Dalam skala rumahan, permasalahan faktor daya ini mungkin bisa diabaikan karena kapasitas daya memang kecil. Tapi, pada industri dengan beban motor listrik yang besar maka akan sangat berpengaruh yaitu kalo cos ( $\phi$ ) lebih rendah dari 0.85. Maka, pada daya reaktif dari industri ini akan ada biaya tambahan daya reaktif berdasarkan pengukuran oleh kVARh-meter.

### b. Keuntungan menggunakan Panel CAPASITOR BANK

Fungsi utama pada kapasitor bank ini tidak hanya berfungsi dalam memperbaiki *power factor*, adapun beberapa fungsi lainnya yaitu:

1. Mengurangi terjadinya Voltage drop atau turun tegangan
2. Mencegah kenaikan temperatur suhu kabel
3. Meminimalisir terjadinya rugi – rugi pada suatu jaringan listrik
4. Mencegah denda dari PLN, karena adanya daya reaktif



**Gambar 1.** Proses pemasangan komponen – komponen dan peng-kabelan serta *wiring control panel*

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas, penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa rancangan panel LVMDP dan panelKapasitor Bank yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dalam perancangan suatu panel listrik, khususnya panel kendali sistem kelistrikan, antara lain, panel LVMDP/panel distribusi listrik merupakan suatu peralatan listrik yang terdiri dari unit panel penghubung daya dan kendali pada sistem penyaluran tegangan listrik. Beberapa fungsi yang dimiliki berfungsi untuk mengumpulkan dan meneruskan daya ke setiap beban dimasing- masing substation maupun beban, menghubungkan dan memutuskan rangkaian penyaluran daya serta pengaman dan kontrol sistem penyaluran daya dan panel Kapasitor Bank merupakan komponen yang berperan menyimpan energi listrik yang dihasilkan tersebut kemudian digunakan untuk menetralkan atau memperbaiki kelambatan faktor daya dan meningkatkan jumlahkeseluruhan energi yang tersimpan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu dan perhatian Anda dalam membaca Artikel ini. Semoga artikel tentang Merakit dan Memasang Panel Capacitor Bank ini dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang betapa pentingnya panel ini dalam mendukung efisiensi dan keamanan. Jangan lupa Kami mengucapkan terima kasih kepada jurnal yang telah membantu proses review dan publikasi Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam proses penelitian, dan juga CV. Bintang Pratama Teknik yang telah memberi kami fasilitas untuk meneliti dan mempelajari panel Capacitor Bank.

### REFERENSI

- [1] A. Tanjung, "Analisis Sistem Distribusi 20 kV untuk Memperbaiki Kinerja dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.* 4, p. ISSN :2085-9902, 2012.
- [2] R. Pasangkunan, S. A. Karim, and H. Hasrul, "Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Reefer Plug Di Pt. Pelindo Iv Cabang Makassar New Port," *J. Media Elektr.*, vol. 19, no. 1, p. 27, 2021, doi: 10.26858/metrik.v19i1.22231.
- [3] K. Agung Syahputra and F. R. A Bukit, "Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 101, no. 2, pp. 1–9, 2022.
- [4] D. Hendarto and B. P. Gumilang, "Penerapan Sistem Proteksi Under Over Voltage Relay pada Low Voltage Main Distribusi Penel ( LVMDP ) di Gedung IR H Prijono UIKA Bogor," *Jutek*, vol. 3, no. 2, pp. 16–22, 2016.
- [5] Subandi, "Deskriptif Kualitatif sebagai Salah Satu Metode Penelitian Pertunjukan," *Harmonia*, vol. 11, no. 2, pp. 173–179, 2011, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/62082-ID-deskripsi-kualitatif-sebagai-satu-metode.pdf>
- [6] M. H. Prasetya, "Rancang Bangun Safety Device dan Rangkaian Kontrol untuk Mesin Pengupas Kabel," *J. Instrumentasi dan Teknol. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–16, 2022.