

PROTOTIPE REDUKSI DAYA REAKTIF SECARA OTOMATIS DENGAN *ADJUSTABLE CURRENT LIMITER* DAN MONITORING BESARAN LISTRIK MELALUI *SMS GATEWAY*

Herlambang Setya Ardhiansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : herlambangardhiansyah@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Daya reaktif yang berlebihan menyebabkan rendahnya nilai faktor daya yang akan berdampak pada buruknya kualitas daya listrik serta pemborosan pemakaian daya listrik. Selain itu, untuk lebih memaksimalkan efisiensi pemakaian daya listrik diperlukan suatu manajemen energi yang dapat dilakukan salah satunya dengan menerapkan sistem pembatasan arus (*current limiter*) dan juga untuk memenuhi gaya hidup manusia modern, sistem informasi/monitoring dan pengendalian jarak jauh merupakan suatu hal yang mutlak.

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat yang mampu mereduksi daya reaktif secara otomatis sesuai kondisi beban, dan dilengkapi dengan *adjustable current limiter*, serta sistem monitoring besaran listrik. Semua fitur yang tersemat pada alat dapat diakses secara *on-site* maupun secara jarak jauh menggunakan *SMS gateway* dengan perangkat utama pusat pengendalian, pemrosesan, dan pengolahan data menggunakan Arduino Mega2560. Penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen dengan cara merekayasa dan memberi perlakuan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian dan untuk mencari pengaruh perlakuan yang telah diberikan secara terkendali.

Hasil penelitian menunjukkan alat hasil perancangan mampu mereduksi daya reaktif dari kelima variasi beban yang diujikan dengan presentase tingkat reduksi sebesar 78.14% sampai dengan 90.63%. Fitur alat yang lainnya yaitu berupa *adjustable current limiter*, sistem monitoring besaran listrik, serta kontrol line beban yang memiliki kemampuan untuk dapat diakses dan dioperasikan melalui *SMS gateway* juga telah berfungsi dengan baik sesuai rancangan yang telah ditentukan.

Kata Kunci: *Arduino Mega2560, Current Limiter, Faktor Daya, Sistem Monitoring, SMS Gateway.*

Abstract

Excessive reactive power will cause low power factor and have an impact on the poor quality of electric power also waste electric power consumption. In addition, to maximize efficiency of electric power consumption needed an energy management that can be done by applying current limiting system and also to fulfill the modern human lifestyle, information/monitoring and remote control system is an absolute thing.

Goal of this research is to create a device which has a capability for reducing reactive power automatically according to load conditions, also equipped with an *adjustable current limiter* and electrical quantities monitoring system. All features embedded in the device can be accessed and operated on-site or remotely using an *SMS gateway* with the main control unit, management, and data processing center using Arduino Mega2560. Meanwhile, research's method conducted using experimental research methods by manipulating and giving systematic treatment to achieve research's goals and to find out the effects of treatment that has been given in a controlled manner.

Result of this research shows that the device were able to reduce the reactive power of the five load variations tested with a percentage reduction rate of 78.14% to 90.63%. Other features of the device like an adjustable current limiter, electrical quantities monitoring system, and power line controller that has the ability to be accessed and operated by *SMS* has also functioned very well according to the design that has been determined.

Keywords: *Arduino Mega2560, Current Limiter, Monitoring System, Power Factor, SMS Gateway.*

PENDAHULUAN

Penggunaan beban-beban induktif seperti motor induksi, trafo, kipas, pendingin ruangan (AC), kulkas, serta peralatan lainnya yang menggunakan penggerak berupa motor listrik akan membutuhkan daya reaktif

yang ditandai dengan menurunnya nilai faktor daya. Salah satu upaya untuk mengatasi rendahnya nilai faktor daya tersebut yaitu dilakukan dengan pemasangan kapasitor yang bertujuan untuk melakukan reduksi daya reaktif sehingga akan meningkatkan nilai faktor daya

yang pada akhirnya akan tercapai peningkatan efektifitas pemakaian daya listrik dan peningkatan kualitas daya listrik.

Efektifitas pemasangan kapasitor akan mencapai tingkat yang tinggi ketika pemilihan nilai kapasitansi dilakukan dengan tepat sesuai dengan perhitungan pada beban yang terpasang. Kapasitor tersebut dipasang paralel dengan beban secara permanen. Metode pemasangan kapasitor seperti ini memiliki kelemahan yaitu pada saat beban tidak sepenuhnya mencapai rating daya reaktif dari perhitungan, maka akan terjadi reduksi daya reaktif yang berlebihan (Tony Prasetyo dkk, 2010).

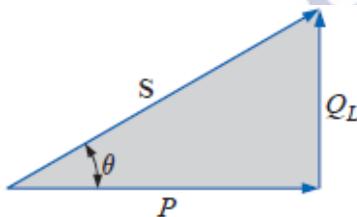
Satu fakta lain yaitu modernisasi dan globalisasi telah mengubah tingkat mobilitas dan pola kegiatan manusia. Kondisi ini menuntut akses menjadi harus bersifat mudah dan praktis sehingga pada akhirnya dapat menghemat waktu, tenaga, dan juga efektifitas dalam melakukan suatu kegiatan.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat yang dapat melakukan reduksi daya reaktif secara otomatis sesuai keadaan beban yang dilengkapi dengan *adjustable current limiter* serta monitoring besaran listrik pada *display LCD* dan *SMS gateway*.

KAJIAN PUSTAKA

Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah laju energi yang terserap atau terpakai oleh beban listrik. Dalam sistem kelistrikan AC, daya listrik terdiri dari tiga jenis yaitu daya aktif (Watt), daya nyata (VA), dan daya reaktif (VAR). Ketiga jenis daya listrik tersebut memiliki hubungan yang akan membentuk suatu segitiga daya seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 (Boylestad, 2002).



Gambar 1. Segitiga Daya (Sumber: Boylestad, 2002)

Dari segitiga daya tersebut terlihat bahwa,

$$S^2 = P^2 + Q^2 \text{ sehingga } S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{1}$$

sedangkan,

$$\cos\theta = \frac{P}{S} \text{ dimana } P = V I \cos\theta \tag{2}$$

Keterangan:

S = Daya nyata (VA)

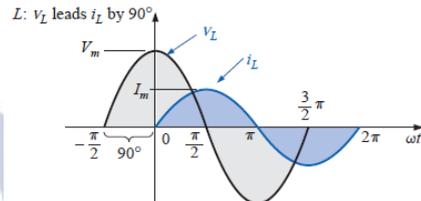
P = Daya aktif (W)

Q = Daya reaktif (VAR)

Cos Θ = Faktor daya

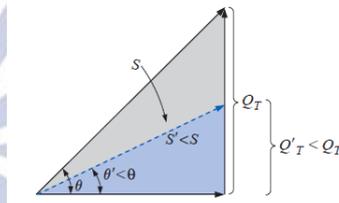
Reduksi Daya Reaktif

Pada sistem kelistrikan AC, penggunaan elemen yang bersifat induktif akan menyebabkan arus tertinggal sebesar 90° terhadap tegangan (*lagging*) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Gelombang Elemen Induktif (Sumber: Boylestad, 2002)

Sedangkan reduksi daya reaktif berarti mengurangi besarnya daya reaktif (Q) dengan cara melakukan reduksi tingkat *lagging* melalui pemasangan elemen yang bersifat kapasitif (kapasitor) sehingga nilai faktor daya dapat dikoreksi menjadi bernilai mendekati *unity* atau bernilai 1 (satu) (Sankaran, 2002).



Gambar 3. Ilustrasi Reduksi Daya Reaktif (Sumber: Boylestad, 2002)

Pada Gambar 3 terlihat ketika kapasitor dihubungkan paralel dengan beban induktif maka daya reaktif akan berkurang dari Q_T menjadi Q'_T dan diikuti pula oleh penurunan daya nyata dari S menjadi S' . Persamaan yang dapat digunakan untuk melakukan reduksi daya reaktif yaitu (Boylestad, 2002),

$$P = S \times \cos \Theta_{awal} \tag{3}$$

$$\text{atau } P = V I \cos \Theta_{awal} \tag{4}$$

Nilai daya reaktif kapasitor dicari dengan persamaan,

$$Q_{cap} = P \times \tan (\cos^{-1}\theta_{awal} - \cos^{-1}\theta_{baru}) \tag{5}$$

Dan nilai kapasitansi yang diperlukan,

$$C = \frac{Q_{cap}}{V^2\omega} \tag{6}$$

Keterangan:

- Q_{cap} = Daya reaktif kapasitor (VAR)
- C = Kapasitansi kapasitor (Farad)
- $\cos \theta_{awal}$ = Faktor daya sebelum reduksi daya reaktif
- $\cos \theta_{baru}$ = Target faktor daya setelah reduksi

Current Limiter

Current limiter merupakan pembatas arus seperti halnya sebuah *circuit breaker* yang akan membatasi besarnya arus yang mengalir menuju beban. *Current limiter* juga memiliki fungsi proteksi terhadap beban lebih, dan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu upaya untuk melakukan suatu manajemen energi dengan cara mengatur penggunaan pemakaian daya listrik.

Perangkat yang digunakan berupa suatu *circuit breaker* mekanik. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, *current limiter* menjadi lebih baik yaitu dibuat menggunakan *Solid State Relay (SSR)* dan memiliki kemampuan seperti menjadi bersifat otomatis serta lebih fleksibel karena memungkinkan batasan arus dapat diatur sendiri oleh pengguna (Meyer dkk, 2004).

Monitoring Besaran Listrik

Monitoring besaran listrik merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengukur besarnya energi dan daya listrik serta besaran listrik lainnya pada suatu jaringan listrik dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara *remote*, lebih mudah, dan juga efisien.

Dengan adanya sistem monitoring ini maka pengguna maupun penyedia layanan energi listrik dapat lebih mudah dalam melakukan pemantauan, pengendalian, serta pemerolehan informasi *real-time* yang dapat digunakan untuk keperluan lebih lanjut.

Arduino Mega

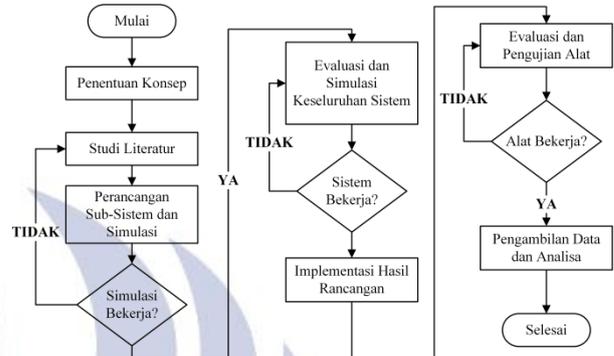
Arduino Mega merupakan *board* mikrokontroler dengan *chip* mikrokontroler berbasis Atmega2560. Arduino Mega memuat *minimum system* yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler untuk bisa bekerja. Arduino Mega memiliki 54 pin digital I/O, 16 pin analog, 256 kb *flash memory*, 8 kb SRAM, dan 4 kb EEPROM. Arduino Mega bekerja pada tegangan operasi 5 V dan didukung dengan komunikasi serial.



Gambar 4. Arduino Mega (Sumber : Arduino, 2018)

METODE

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan jalan melakukan rekayasa atau perlakuan yang sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Metode penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang dipakai untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain secara terkendali (Sugiyono, 2008).

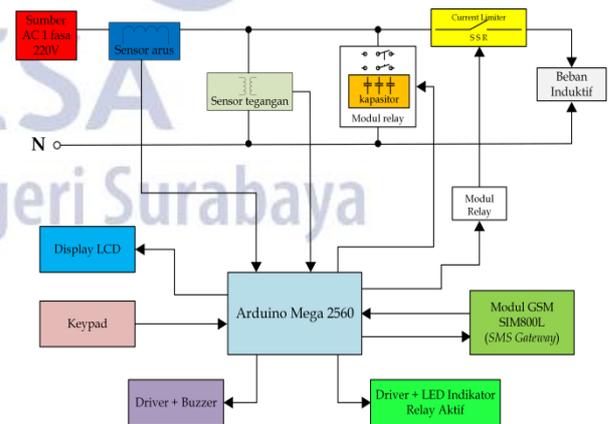


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian (Sumber: Data Primer, 2018)

Gambar 5 menunjukkan diagram alir perancangan penelitian. Penelitian diawali dengan menentukan konsep, kemudian melakukan studi literatur, dan dilanjutkan dengan implementasi alat hasil perancangan, pengujian, hingga analisa data.

Perancangan Sistem

Rancangan cara kerja sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem mula-mula akan mendeteksi gelombang sinus tegangan dan arus melalui sensor tegangan dan sensor arus untuk diproses agar menghasilkan besaran listrik yang diperlukan.



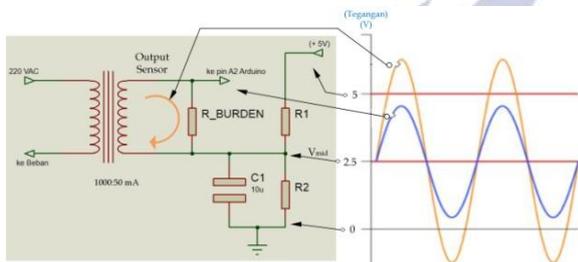
Gambar 6. Diagram Fungsional Sistem (Sumber: Data Primer, 2018)

Selanjutnya Arduino akan mengendalikan modul relay yang telah dihubungkan dengan kapasitor untuk melakukan reduksi daya reaktif sesuai kebutuhan. Arduino juga bertugas untuk mengendalikan *SSR* yang difungsikan sebagai *current limiter*.

Kemudian modul GSM SIM800L berperan sebagai *SMS gateway* dirancang agar dapat berkomunikasi secara dua arah dengan Arduino. *Keypad* difungsikan sebagai media input dan navigasi, sementara *LCD* berperan sebagai media *interface*.

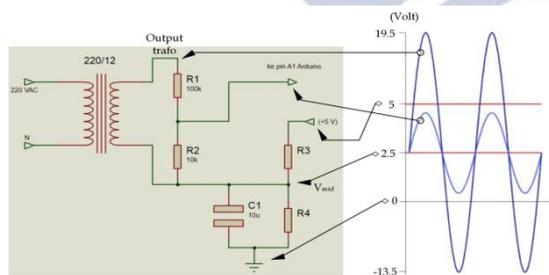
Perangkat Keras

Perangkat keras utama pada penelitian ini yang pertama adalah sensor arus dan sensor tegangan. Sensor arus menggunakan YHDC SCT-013-020 yang memiliki kemampuan mengukur arus maksimal sebesar 20 A dan akan memberikan output sebesar 1 V. Output sensor arus dikondisikan sedemikian rupa agar sesuai dengan *range* nilai yang dapat diterima oleh Arduino. Rangkaian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Sensor Arus (Sumber: Data Primer, 2018)

Sedangkan sensor tegangan menggunakan trafo *step-down* 220/12 200mA. Seperti halnya sensor arus, Output sensor tegangan harus dikondisikan agar sesuai dengan *range* nilai yang dapat diterima oleh Arduino. Rangkaian sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Sensor Tegangan (Sumber: Data Primer, 2018)

Perancangan perangkat keras yang berikutnya yaitu perancangan modul relay dan kapasitor. Besarnya nilai kapasitor yang digunakan ditentukan dari hasil observasi terhadap motor induksi yang terdapat di Laboratorium Konversi Energi Listrik.

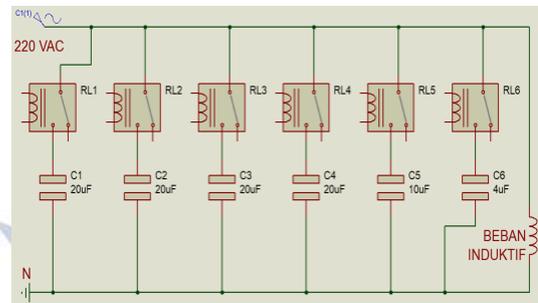
Diketahui:

Beban = (1 x MI ¼ HP) dan (2 x MI ½ HP)

$\cos\theta_{awal} = 0.495$; $\cos\theta_{baru} = 1$; $P = 820 \text{ Watt}$

Menggunakan persamaan 5, maka besarnya daya reaktif yang harus direduksi yaitu sebesar 1439.1 VAR.

Kemudian dengan menggunakan persamaan 6 maka didapatkan besarnya kapasitansi kapasitor yang diperlukan sebesar 94.68 μF . Agar besarnya kapasitansi bervariasi, maka digunakan kapasitor berjumlah enam buah kapasitor. Rangkaian relay dan kapasitor ditunjukkan pada Gambar 9. Sedangkan daftar kombinasi kapasitor ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 9. Rangkaian Relay-Kapasitor (Sumber: Data Primer, 2018)

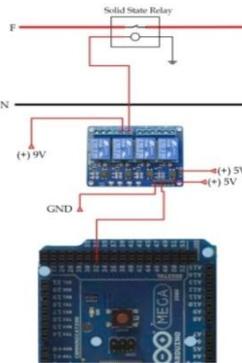
Tabel 1. Variasi Kombinasi Kapasitor

Kombinasi Ke-	Kapasitansi	Relay Aktif
1	4 μF	6
2	10 μF	5
3	14 μF	5-6
4	20 μF	4
5	24 μF	1-6
6	30 μF	4-5
7	34 μF	1-5-6
8	40 μF	2-3
9	44 μF	2-3-6
10	50 μF	3-4-5
11	54 μF	2-4-5-6
12	60 μF	1-3-4
13	64 μF	1-2-4-6
14	70 μF	2-3-4-5
15	74 μF	1-2-3-5-6
16	80 μF	1-2-3-4
17	84 μF	1-2-3-4-6
18	90 μF	1-2-3-4-5
19	94 μF	1-2-3-4-5-6

Perangkat keras berikutnya yang diperlukan oleh alat yaitu perancangan *current limiter* yang berfungsi sebagai pembatas nilai arus maksimal yang diperbolehkan mengalir pada beban dan dirancang agar nilai batasan arus dapat diatur melalui tombol keypad yang terdapat pada alat dan bisa juga diatur (*di-update*) melalui *SMS*. Skema rancangan *current limiter* ditunjukkan pada Gambar 10.

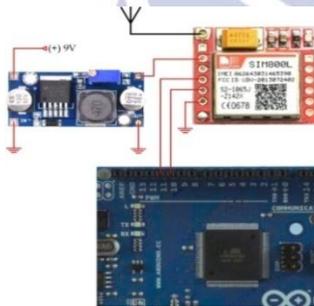
Cara kerjanya yaitu apabila nilai arus yang mengalir ke beban melebihi batas yang telah ditentukan, maka Arduino akan mengirim sinyal kepada modul relay 4

channel untuk memutus tegangan input (tegangan kontrol) dari *Solid State Relay* (SSR).



Gambar 10. Rangkaian *Adjustable Current Limiter* (Sumber: Data Primer, 2018)

Dengan putusnya tegangan input SSR maka SSR akan merubah kondisinya menjadi *open circuit* sehingga hubungan antara beban dan sumber akan terputus. SSR dipilih karena SSR meredam arus *start* dari beban dan juga untuk menghindari terjadinya percikan bunga api (surja) pada saat penyalaan beban.



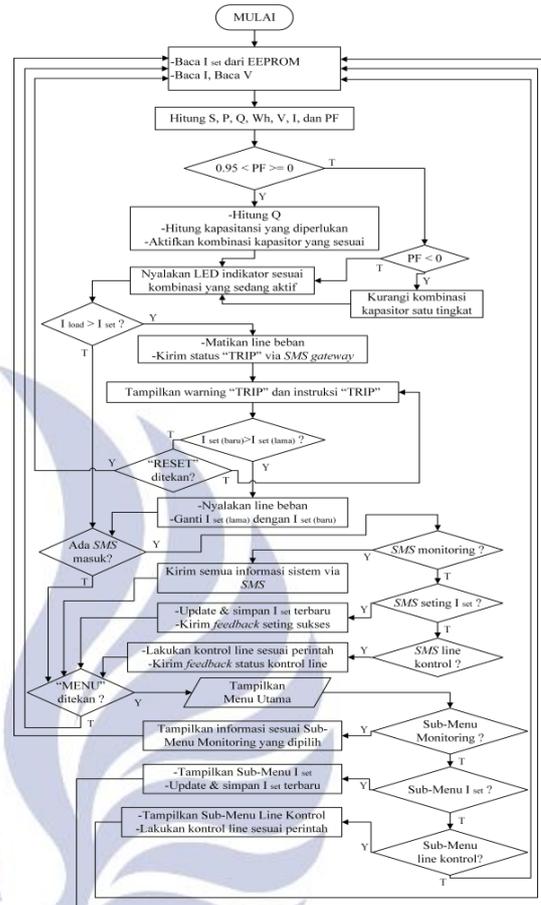
Gambar 11. Rangkaian Modul SMS (Sumber: Data Primer, 2018)

Perangkat keras utama yang terakhir yaitu perancangan modul *SMS gateway* yang bertujuan agar alat dapat dioperasikan dan diakses secara *remote* dan bersifat *wireless*. Gambar 11 menunjukkan rangkaian dari perancangan modul SMS. Modul SMS yang digunakan yaitu SIM800L yang mendapat input tegangan dari dc-dc converter. Pin Tx SIM800L dihubungkan dengan pin 11 dan pin 10 Arduino. Antena digunakan untuk memperkuat tangkapan sinyal.

Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (*sketch program*) merupakan tahapan yang sangat penting karena menentukan keberhasilan dari pengolahan data dan seluruh proses pengendalian alat. Diagram alir perancangan program yang di-*upload* ke Arduino ditunjukkan pada Gambar 12. Mula-mula Arduino akan menerima input berupa sinyal arus dari sensor arus, sinyal tegangan dari sensor tegangan, dan membaca batasan arus yang disimpan di memori EEPROM

Arduino. Arduino kemudian melanjutkan kerjanya untuk melakukan perhitungan besaran-besaran listrik yang diperlukan.



Gambar 12. Diagram Alir Program (Sumber: Data Primer, 2018)

Apabila nilai faktor daya kurang dari batas yang telah ditentukan, maka akan dilakukan perhitungan daya reaktif yang harus direduksi dan selanjutnya Arduino akan menyalakan sejumlah relay sehingga dihasilkan kombinasi kapasitor sesuai dengan kebutuhan.

Lalu ketika terjadi “TRIP”, line beban akan dimatikan, status “TRIP” akan dikirim melalui SMS, dan LCD akan secara terus-menerus menampilkan peringatan “TRIP” dan juga pilihan (instruksi) yang bisa dilakukan oleh pengguna disertai bunyi *buzzer*.

Arduino secara kontinu juga akan memeriksa adanya SMS yang masuk dan akan melakukan perintah sesuai dengan instruksi yang diberikan melalui SMS yang meliputi permintaan informasi besaran listrik dari sistem (beban), perintah untuk merubah/*update* batas arus, dan juga perintah untuk melakukan kontrol line beban.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian telah menghasilkan suatu alat yang berfungsi dengan

baik sesuai dengan perancangan. Alat yang telah dibuat mampu melakukan reduksi daya reaktif secara otomatis yang ditandai dengan meningkatnya nilai faktor daya. Alat yang dibuat juga telah berhasil melaksanakan fungsinya sebagai pembatas arus (*current limiter*) yang dapat diatur sesuai keinginan pengguna baik menggunakan *keypad* maupun melalui *SMS*.

Fungsi alat sebagai sistem monitoring juga dapat bekerja dengan baik dengan tingkat *error* yang kecil. Secara keseluruhan, seluruh hasil perancangan yang telah dibuat telah dapat diimplementasikan dengan unjuk kerja yang sesuai dengan apa yang telah ditentukan pada tahap perancangan. Gambar 13 menunjukkan fisik dari alat hasil perancangan.



Gambar 13. Alat Hasil Perancangan (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Pengujian Sensor Arus dan Tegangan

Setelah dilakukan serangkaian proses kalibrasi, didapatkan hasil pengujian sensor arus yang ditunjukkan pada Tabel 2. Pengujian pembacaan nilai arus dari sensor arus dibandingkan dengan pembacaan nilai arus dari alat ukur pabrikan (D52-2047 Meter). Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *error* yang relatif kecil yaitu sebesar 0.99%.

Tabel 2. Pengujian Sensor Arus

No	D52-2047 Meter	CT	Error (%)
1	0,11	0,11	0
2	0,22	0,22	0
3	0,3	0,31	3,333333333
4	0,41	0,42	2,43902439
5	0,55	0,56	1,818181818
6	1,4	1,42	1,428571429
7	1,55	1,56	0,64516129
8	1,71	1,72	0,584795322
9	1,81	1,83	1,104972376
10	1,91	1,92	0,523560209
11	2,07	2,08	0,483091787
12	2,81	2,82	0,355871886
13	3,22	3,24	0,621118012
14	3,44	3,46	0,581395349
Rata-rata error			0,9942198

Sedangkan untuk pengujian sensor tegangan ditunjukkan pada Tabel 3. Pengujian pembacaan nilai tegangan dari alat hasil perancangan dibandingkan

dengan pembacaan nilai tegangan dari alat ukur pabrikan (D52-2047 Meter). Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *error* yang relatif kecil yaitu sebesar 0.25%. Hal ini menunjukkan tingkat keberhasilan proses kalibrasi sehingga sensor arus dan sensor tegangan layak untuk digunakan karena nilai *error* dari keduanya relatif kecil.

Tabel 3. Pengujian Sensor Tegangan

No	D52-2047 Meter	PT	Error (%)
1	113,2	114,63	1,263250883
2	208,5	208,53	0,014388489
3	209,1	209,28	0,086083214
4	210,5	210,71	0,09976247
5	212,7	212,88	0,084626234
6	214,5	214,69	0,088578089
7	215,4	215,86	0,213556175
8	216	216,33	0,152777778
9	217	217,21	0,096774194
10	217,7	217,58	0,055121727
11	227,7	229,32	0,711462451
Rata-rata error			0,250558023

Unjuk Kerja Fungsi Reduksi Daya Reaktif

Pengujian dari fitur reduksi daya reaktif dilakukan menggunakan lima variasi beban berupa MI (motor induksi) dengan kondisi awal yang berbeda yaitu,
 Beban 1 : MI ¼ PK
 Beban 2 : MI ½ PK
 Beban 3 : (MI ¼ PK) + (MI ½ PK)
 Beban 4 : 2 × MI ½ PK
 Beban 5 : (MI ¼ PK) + (2×MI ½ PK)

Tabel 4. Kondisi Sebelum Dilakukan Reduksi

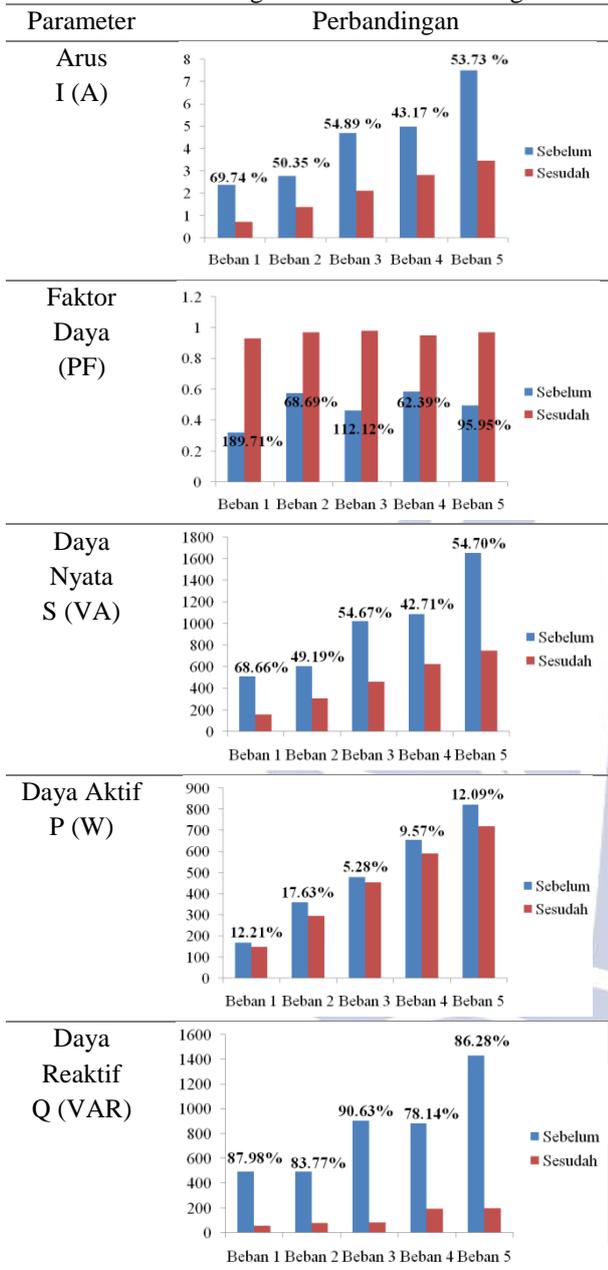
Variasi beban ke-	Sebelum Pemasangan Alat					
	V (V)	I (A)	PF	S (VA)	P (W)	Q (VAR)
1	219.17	2.38	0.321	512.62	170.00	494.01
2	217.13	2.78	0.575	603.62	359.32	493.85
3	217.3	4.70	0.462	1021.31	480.30	905.74
4	218.17	4.98	0.585	1086.48	655.20	881.09
5	220.03	7.50	0.495	1650.22	820.00	1433.86

Tabel 5. Kondisi Setelah Dilakukan Reduksi

Variasi beban ke-	Setelah Pemasangan Alat						
	V (V)	I (A)	PF	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	C (µF)
1	222.91	0.72	0.93	160.64	149.24	59.36	34
2	218.36	1.38	0.97	306.64	295.94	80.11	24
3	219.27	2.12	0.98	462.93	454.90	84.82	64
4	216.53	2.83	0.95	622.38	592.46	192.56	54
5	214.96	3.47	0.97	747.53	720.79	196.62	84

Kondisi beban pada saat sebelum dilakukan pemasangan alat hasil perancangan ditunjukkan pada Tabel 4. Sedangkan pada Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian pada beban pada kondisi setelah dilakukan reduksi daya reaktif menggunakan alat hasil rancangan.

Tabel 6. Perbandingan Kondisi Beban Sebelum dan Setelah Pemasangan Alat Hasil Perancangan



Untuk mengetahui perbandingan kondisi beban pada saat sebelum dan setelah pemasangan alat maka, dari Tabel 4 dan Tabel 5 disajikan dalam bentuk grafik perbandingan seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Dari Tabel 6 menunjukkan untuk parameter arus mengalami penurunan antara 43.17% sampai 69.74%; nilai PF meningkat antara 62.39% sampai 189.71%; nilai daya nyata mengalami penurunan antara 42.71% sampai 68.66%; nilai daya aktif mengalami penurunan antara 5.28% sampai 17.63%; dan nilai daya reaktif mengalami penurunan antara 78.14% sampai 90.63%.

Nilai arus yang turun sama halnya dengan mengurangi besarnya rugi-rugi daya dan penghematan konduktor. Sedangkan nilai PF yang semakin tinggi

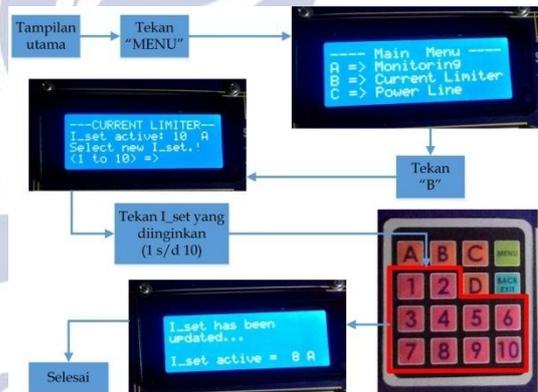
diikuti oleh penurunan daya nyata (efisiensi pemakaian kapasitas daya terpasang), diikuti juga oleh penurunan daya aktif (penghematan biaya tagihan listrik), serta diikuti oleh turunya daya reaktif.



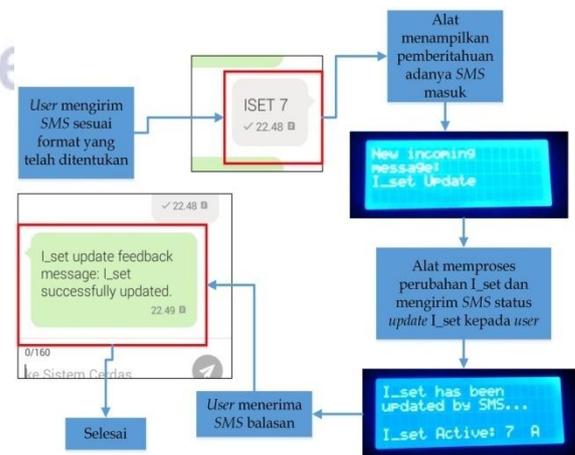
Gambar 14. Unjuk Kerja Reduksi Daya Reaktif (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Unjuk Kerja Fungsi *Current Limiter*

Proses/ prosedur dari alat ketika melakukan *update I_{set}* secara *on-site* ditunjukkan oleh Gambar 15. Sedangkan prosedur untuk melakukan *update I_{set}* melalui *SMS* ditunjukkan pada Gambar 16. *User* hanya perlu mengirimkan *SMS* ke nomor seluler alat (089617462175) dengan format “ISET<spasi>(batas arus yang diinginkan)” (contoh: “ISET 7”).

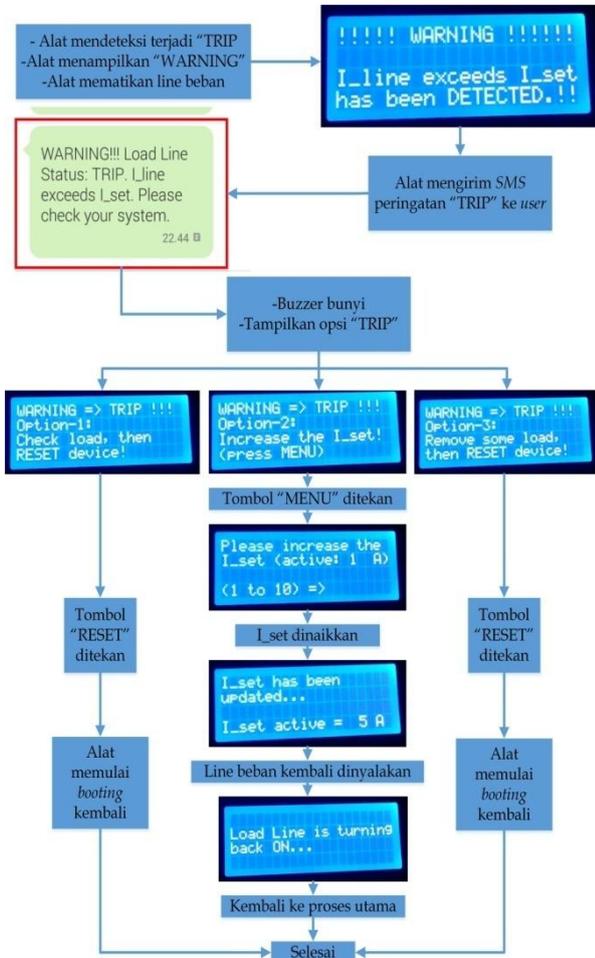


Gambar 15. Prosedur *Update I_{set}* Secara *on-site* (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 16. Prosedur *Update I_{set}* Via *SMS* (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Kemudian ketika terjadi “TRIP”, kinerja dari alat hasil perancangan ditunjukkan oleh Gambar 17. Alat akan menampilkan peringatan bahwa alat telah mendeteksi terjadinya “TRIP”, kemudian line beban akan dimatikan, alat akan mengirim SMS peringatan “TRIP” kepada *user*, setelah itu alat akan menampilkan tiga pilihan (opsi) yang dapat dilakukan oleh *user* untuk mengatasi kondisi tersebut.



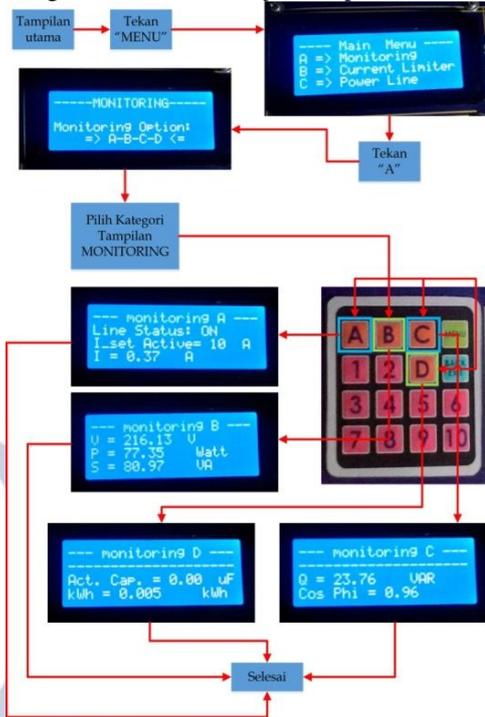
Gambar 17. Kinerja Alat Saat TRIP (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Unjuk Kerja Fungsi Monitoring Besaran Listrik

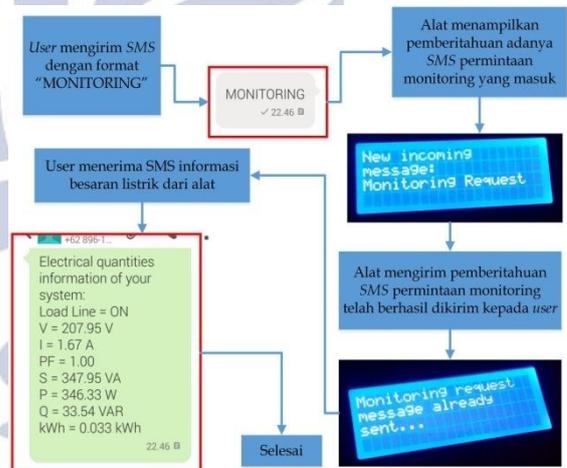
Kinerja alat ketika *user* mengakses fungsi monitoring secara *on-site* ditunjukkan pada Gambar 18. Alat memiliki empat kategori tampilan monitoring yaitu Monitoring A yang meliputi status line beban, nilai I_{set} , dan juga nilai arus. Selanjutnya pada Monitoring B terdapat tampilan tegangan, daya aktif, dan daya nyata. Pada tampilan Monitoring C terdapat tampilan daya reaktif dan juga nilai PF. Sedangkan pada Monitoring D terdapat tampilan kapasitansi yang sedang aktif (Act. Cap) dan juga nilai kWh.

Selain secara *on-site*, fungsi monitoring dapat diakses menggunakan SMS. Untuk dapat mengakses fungsi monitoring melalui SMS dapat dilakukan dengan cara mengirim SMS ke nomor seluler alat (089617462175) dengan format “MONITORING”.

Unjuk kerja alat ketika menerima permintaan monitoring melalui SMS ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 18. Akses Fungsi Monitoring Secara *on-site* (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 19. Akses Fungsi Monitoring Via SMS (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa perancangan dan implementasi alat yang dapat melakukan reduksi daya reaktif secara otomatis telah berhasil dilakukan. Dari Tabel 6 menunjukkan daya reaktif mengalami reduksi atau penurunan dengan presentase sebesar 78.14% sampai dengan 90.63% (tergantung dari kondisi/variasi beban).

Fitur pelengkap alat yang lainnya yaitu berupa *adjustable current limiter*, sistem monitoring besaran

listrik, serta kontrol line beban yang memiliki kemampuan untuk dapat diakses dan dioperasikan melalui *SMS* juga telah berhasil diwujudkan dan berfungsi dengan baik.

Saran

Agar alat ini memiliki performa dan kinerja yang lebih baik terdapat beberapa saran yang pertama agar dikembangkan kembali kapasitas dari alat sehingga penggunaannya dapat lebih mendekati kondisi yang sebenarnya. Yang kedua diperlukannya pengembangan dalam hal penggunaan teknologi komunikasi sehingga tetap handal dan bisa lebih murah. Dan saran terakhir yaitu perlu perbaikan dalam hal teknik *switching* kapasitor untuk mengatasi fenomena *inrush current* yang dapat dilakukan dengan menggantikan relay mekanik menjadi relay elektronik (SSR).

DAFTAR PUSTAKA

- Boylestad, Robert L. 2002. *Introductory Circuit Analysis*. Tenth Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Christoph Meyer, Stefan Schroder, Rik W. 2004. "Solid-State Circuit Breaker and Current Limiter for Medium-Voltage System Having Distributed Power System". *IEEE Transaction on Power Electronics*. Vol. 19 (5): hal. 1333-1340.
- K.Bowya, I.S.Pradeeba Levina, K.Arana. 2017. "GSM Based Smart Meter Energy". *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*. IJMTST. Vol. 3: hal. 162-168.
- M. Tony Prasetyo, Luqman Assafat. 2010. "Efektifitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik". *Jurnal Media ElektriKa Universitas Muhammadiyah Semarang*. Vol. 3 (2): hal. 22-32.
- Sankaran, C. 2012. *Power Quality*. New York: CRC Press LLC.
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suhadi. 2009. *Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Unesa University Press.