

OPTIMASI NILAI SETELAN EFEKTIF RELE TERMAL SEBAGAI PENGAMAN MOTOR LISTRIK TERHADAP BEBAN LEBIH

Oleh : Lukas Joko D.

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

Abstrak

Motor listrik banyak digunakan diberbagai sektor sebagai penggerak mesin-mesin, baik sektor industri, komersial sampai rumah tangga. Ketika motor listrik memutar beban mekanik, terutama untuk beban mekanik yang berubah-ubah atau tidak tetap sehingga memungkinkan sekali ia akan memutar beban melebihi kapasitasnya. Dengan demikian, motor listrik terjadi beban lebih atau over load. Keadaan ini jika berlangsung lama akan merusak belitan motor atau belitan motor dapat terbakar, karena pada keadaan ini ia akan meyerap arus jala-jala yang melebihi kemampuan hantar arus belitannya. Dalam kasus ini, penting sekali motor harus diamankan terhadap arus akibat beban lebih. Pengaman arus beban lebih pada motor yang biasa digunakan sebagian besar adalah rele yang bekerja secara termal dengan penundaan waktu. Namun untuk penyetelan rele ini tidak ada cara penyetelan yang akurat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian waktu pemutusan rele beban lebih, sehingga dapat digunakan sebagai acuan setelan rele beban lebih termal. Dengan demikian, dapat diketahui nilai setelan optimum untuk rele termal sebagai pengaman motor terhadap beban lebih.

Kata kunci : motor beban lebih, rele beban lebih termal, setelan optimum rele beban lebih termal.

1. Pendahuluan

Sebagian besar mesin-mesin yang digunakan di sektor industri maupun di sektor lain sebagai penggeraknya (*prime mover*) adalah motor listrik. Seperti halnya pada manusia, adakalanya manusia ketika mengangkat barang terasa ringan, berat dan sangat berat, demikian pula pada motor listrik sebagai penggerak beban mekanik, terutama pada pembebanan yang berubah-ubah. Hanya saja, motor listrik ketika memutar atau mengangkat beban mekanik yang berat melebihi kapasitasnya ia tidak dapat *sambat*. Pada keadaan ini, motor listrik terjadi beban lebih atau *over load*.

Perlu diketahui, bahwa ketika motor listrik memutar beban mekanik ia menyerap arus listrik dari jala-jala penyulang tenaga listrik. Sehingga, apabila motor listrik ini terjadi beban lebih maka arus yang mengalir pada belitan motor juga berlebih. Jika arus lebih yang mengalir pada belitan motor sangat besar dan melebihi kemampuan hantar arus pada belitannya serta berlangsung cukup lama, maka pada belitan motor akan panas dan isolasinya dapat terbakar sehingga motor menjadi rusak. Bagi produsen, jika terjadi kasus ini maka akan merugikan bagi perusahaannya, karena diperlukan biaya perbaikan motor selain itu juga diperlukan

waktu dalam perbaikan, sehingga akan menghambat proses produksi, hal ini akan berdampak pada target produksi atau target produksinya tidak tercapai. Oleh karena itu, motor listrik harus diamankan terhadap beban lebih. Peralatan pengaman beban lebih ketika motor jalan yang banyak digunakan adalah *thermally-delayed overload relay* yang disingkat TOR atau juga dikenal dengan nama rele beban lebih thermal dengan bahan utama bimetal.

Bertolak dari keterangan di atas, maka perlu dilakukan penelitian secara teknis pada rele beban lebih termal seperti tersebut di atas. Penelitian ini dilakukan semata-mata demi tercapainya Keselamatan Kerja pada peralatan permesinan yang digerakkan oleh motor listrik.

Motor listrik adalah salah satu mesin listrik yang berfungsi sebagai penggerak mekanik mesin-mesin di permesinan industri dan sebagainya. Ada dua bagian utama pada motor listrik, yaitu rotor yang berputar untuk menggerakkan beban mekanik dan stator yang dihubungkan pada jala-jala listrik. Secara fisik bagian stator ini adalah berupa penghantar listrik yang berisolasi yang di belitkan pada rumah stator, jadi

belitan stator ini mempunyai kemampuan hantar arus sesuai dengan rancangan dayanya. Nilai arus listrik yang mengalir pada belitan stator proporsional dengan beban mekanik yang diputar oleh rotor. Jika beban mekanik yang diputar oleh rotor besar, maka arus jala-jala I_{line} yang mengalir ke stator juga besar. Selain itu, bahan isolasi penghantar pada belitan motor listrik sifat isolasinya cenderung dipengaruhi oleh panas terlebih pada saat penghantar dialiri arus listrik. Dalam PUIL 2000 ps. 9.12.2 [3], jika pemanasan ini berlebihan dan bertahan lama, maka akan terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan sifat isolasinya berubah, dan bahkan dapat rusak. Apabila terjadi kerusakan isolasi, maka resiko gangguan tinggi dan sangat berbahaya.

Hal ini senada dengan yang dikatakan oleh Kissel (1990), kerusakan isolasi ini dapat mengakibatkan terjadinya hubung singkat pada titik kerusakan, dan ini sangat berbahaya, dapat saja terjadi ledakan hebat. Sehingga belitan stator ini harus diamankan terhadap arus yang berlebihan agar motor listrik tidak rusak ketika ia memutar beban mekanik.

Pada dasarnya, penghantar pada belitan motor listrik mempunyai kemampuan hantar arus atau KHA. Jika arus yang mengalir padanya melebihi KHA-nya akibat beban lebih motor, maka pada penghantar tersebut akan terjadi panas yang berlebih pula. Panas yang berlebih ini akan merusakkan bahan isolasi penghantar. Apabila isolasi penghantar rusak atau dalam istilah teknik terjadi kegagalan isolasi, maka akan menyebabkan hubung singkat. Hubung singkat ini akan mengakibatkan arus yang sangat besar dan mengakibatkan fenomena busur listrik (*arc*) yang besar, bahkan dapat terjadi ledakan hebat. Jika di sekitar mesin ada bahan yang mudah terbakar, maka tidak menutup kemungkinan terjadi kebakaran.

Menurut Wildi (1985), bahwa belitan motor listrik akan mulai rusak (*breakdown*) pada

beban lebih sekitar 125% dari rating nominalnya. Sementara rele beban lebih thermal untuk dapat memutuskan rangkaian diperlukan penundaan waktu. Siemens (1986), salah satu pabrikan peralatan listrik, salah satu produk rele thermal adalah dengan 3 kutub elemen thermal, ia akan *tripping* dalam waktu ± 10 menit dengan arus sekitar $1,20 \times I_e$ (*rating current*) dan dalam waktu 50 menit dengan arus $\pm 1,05 \times I_e$ (*rating current*-setelan arus). Dan mulai *tripping* dalam order detik pada setelan $\pm 2,25 \times I_e$ dengan waktu *tripping* 50 detik.

Sedangkan pada PUIL 2000 pasal 5.5.4.3 (2000) dikatakan, bahwa setelan alat ini tidak boleh lebih tinggi dari yang diperlukan untuk pengasutan motor pada beban penuh, dan waktu tunda perangkat proteksi ini tidak boleh lebih lama dari waktu yang diperlukan. Jadi, agar motor listrik tidak rusak, maka alat pengaman beban lebih thermal sebaiknya disetel pada arus yang diperlukan motor.

Karena tidak ada acuan yang tepat untuk setelan rele beban lebih ini dan belum ada penelitian tentang besar arus lebih dan lamanya waktu mengalir yang dapat mengakibatkan motor rusak atau terbakar, maka pada penelitian ini akan dicari karakteristik nyata hubungan antara nilai arus yang mengalir dengan waktu penundaan pemutusan. Dengan demikian dapat ditentukan optimasi nilai setelan efektif rele thermal.

Sedangkan rele termal yang banyak digunakan adalah dari bahan logam bimetal, logam-logam pada bimetal ini mempunyai koefisien muai yang berbeda. Selain itu, rele ini mempunyai kontak-kontak listrik yang dioperasikan oleh mekanisme perangkat yang digerakkan oleh akibat pemuaian logam bimetal tadi. Jika bimetal ini dipanasi oleh sebab aliran arus listrik yang lebih, maka ia akan memuai. Karena koefisien muai logam pada bimetal ini berbeda, maka akibat pemuaian tadi bentuk bimetal akan melengkung, mekanisme

proses bimetal ini dimanfaatkan oleh penggerak mekanik untuk pengoperasian kontak-kontak listriknya.

Proses pelengkungan bimetal ini hingga terjadinya pengoperasian kontak-kontak listrik membutuhkan waktu, tidak seketika. Jadi dengan kata lain, proses pengoperasian kontak-kontak tadi mengalami penundaan waktu, sehingga rele ini dikenal dengan istilah *thermally-delayed relay* atau rele tertunda secara thermal. Karena perangkat ini digunakan untuk memproteksi motor listrik terhadap beban lebih, maka ia lebih dikenal dengan istilah *thermal overload relay* (TOLR).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri atas bahan, alat, cara penelitian dan analisis hasil.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai variabel bebas yang adalah salah satu produk rele termal yang ada di pasar bebas dan arus yang mengalir. Sedangkan variabel tak bebasnya adalah setelan rating arus rele termal. Bahannya adalah sebagai berikut.

Nama bahan : Termal overload relay

TOLR

Merek : Telemecanique

Tipe : LRD 05

Range : 0,63 – 1,0 A dengan tiga kutub elemen termal.

Pada penelitian ini, TOLR disetel pada range 0,63 A sebagai variable tetap.

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Listrik Polines.

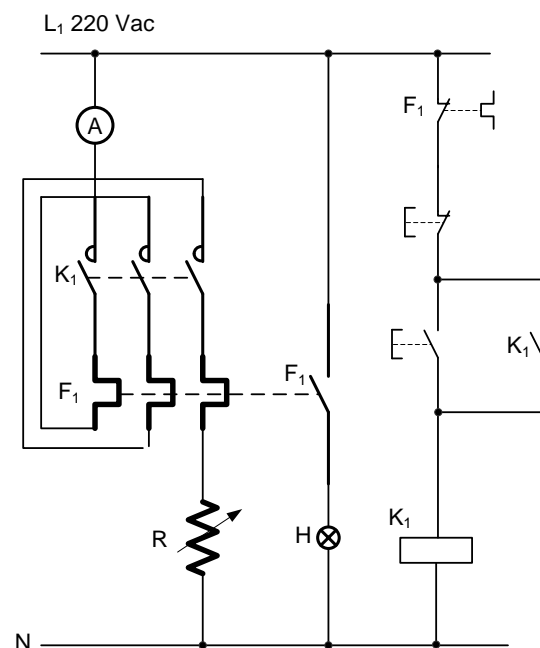
2.2 Alat Penelitian

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontaktor 3 kutup, kontak tekan, lampu tanda 5 W/220 Vac, tahanan geser 320Ω/1,5 A/220 Vac merek Hochstbelastung dan multi meter ELAVI 15 serta alat-alat bantu seperti *lead wire*,

pengukur waktu (*stopwacht*), penyulang listrik 220 Vac, alat tulis kantor.

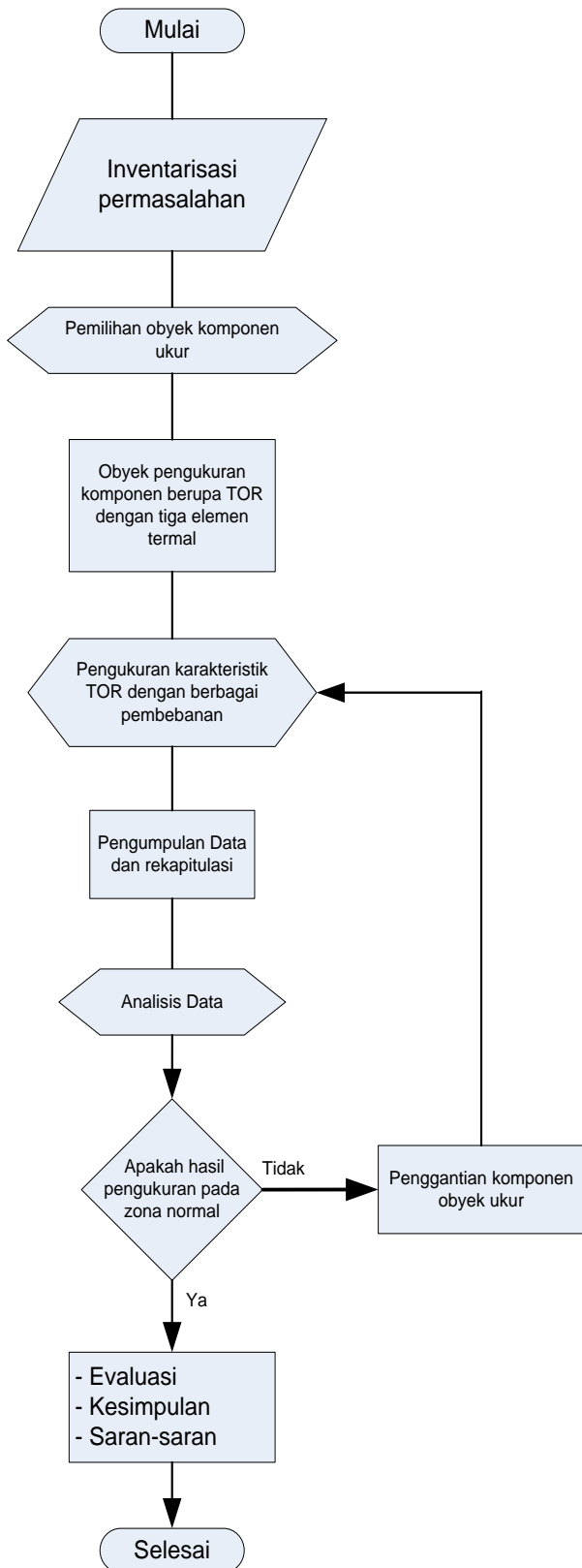
2.3 Cara Penelitian

Cara penelitian ialah dengan pengukuran besaran listrik khususnya arus listrik yang mengalir pada TOLR. Pemasangan alat ukur dan bahan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan algoritma proses penelitian ditunjukkan seperti Gambar 2.



Gambar 1. Diagram rangkaian pengukuran

Dari hasil metode penelitian di atas, dapat dianalisis dan diketahui karakteristik sebuah rele beban lebih thermal yang sebenarnya. Dengan demikian dapat memberikan kontribusi seperti telah dikemukakan di atas.

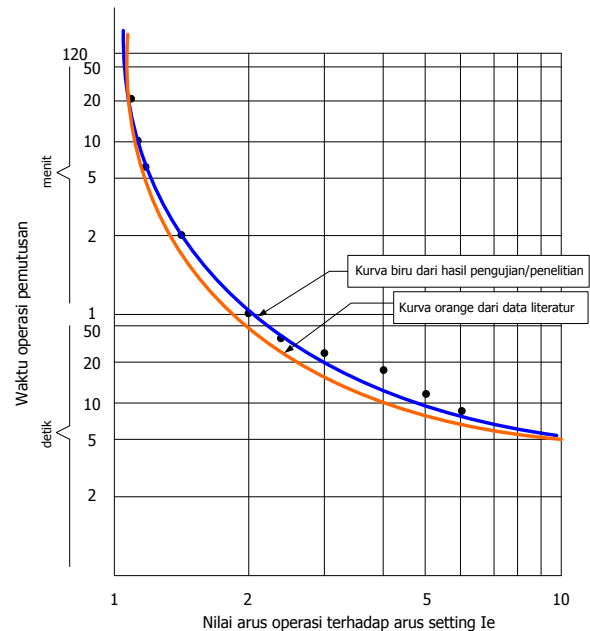


Gambar 2. Algoritma proses penelitian

Tabel 1. Hasil pengukuran pengujian

Nilai setting TOLR (A)	Prosentasi terhadap arus setting (%)	Nilai arus operasi (A)	Waktu operasi pemutusan		Ket.
			menit	detik	
0,63	110	0,70	20'	15''	
	120	0,75	10'	15''	
	125	0,82	07'	30''	
	150	0,95	02'	31''	
	200	1,26	01'	5,30''	
	250	1,58	00'	40''	
	300	1,90	00'	30''	
	400	2,52	00'	18''	
	500	3,15	00'	12''	
	600	3,78	00'	9''	

Dari data pengujian di atas, maka dapat digambar kurva karakteristik TOLR seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Kurva karakteristik pemutusan TOLR berdasarkan hasil pengujian

3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Seperti dijelaskan di muka, bahwa tidak ada acuan yang tepat untuk nilai setelan rele termal sebagai proteksi motor listrik terhadap beban lebih. Demikian pula belum ada ketepatan kemampuan isolasi motor listrik untuk menahan panas akibat nilai arus lebih yang mengalir padanya. Namun dari seperti yang tersiarat pada literatur yaitu dari salah satu produk peralatan listrik Siemen [4], untuk 3 kutub elemen termal, ia

akan mulai tampak *tripping* dalam waktu 50 menit dengan arus $\pm 1,05 \times I_e$ (*rating current*-setelan arus). Dan mulai *tripping* dalam order detik pada setelan $\pm 2,25 \times I_e$ dengan waktu *tripping* 50 detik.

Dari hasil pengujian yang tersirat pada Tabel 1 dan juga dari kurva karakteristiknya yang ditunjukkan pada Gambar 3 di atas, rele termal mulai dapat terukur atau diamati waktu pemutusannya adalah pada 110% atau 1,1 kali terhadap arus *setting* atau setelannya, yaitu dalam waktu 20 menit 15 detik. Jika diperhatikan pada kurva pemutusan yang ditunjukkan pada Gambar 3 di atas, bahwa antara hasil pengujian dengan informasi yang ditunjukkan di dalam literatur tidak ada perbedaan yang signifikan. Jadi informasi yang disampaikan oleh pabrikan di dalam katalognya benar adanya, sehingga data teknis yang dikeluarkan pabrik dapat dipertanggungjawabkan.

Karena belum diketahui secara pasti berapa besar dan berapa lama arus yang dapat merusakkan isolasi belitan motor, maka sebaiknya setelan rele termal yang optimal adalah sama dengan atau tertinggi pada 105% dari nilai rating arus nominal atau nilai arus motor yang akan diamankan. Nilai setelan ini untuk mengantisipasi nilai panas yang belum diketahui dengan tepat dan juga lamanya waktu terhadap panas yang dimaksud yang dapat merusakkan belitan motor. Walaupun ada rekomendasi yang dianjurkan oleh produser untuk tiga kutub elemen termal sebagai pengaman beban simetris (motor listrik termasuk beban simetris) arus pemutus maksimum adalah 105 hingga 120% kali setelan arus.

Untuk lebih akuratnya setelan alat pengaman motor terhadap beban lebih, maka perlu sekali diteliti kemampuan isolasi belitan motor listrik menahan panas akibat beban lebih yang berhubungan besarnya panas dan lamanya waktu pemanasan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasannya di atas dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Waktu pemutusan rele termal yang digunakan sebagai sampel tidak jauh berbeda dengan yang diinformasikan di dalam katalog pabrikan.
- Setelan ideal arus pemutusan rele termal untuk tiga elemen termal adalah sama dengan rating arus nominal motor.

4.2 Saran-saran

Dari hasil penelitian ini perlu disarankan hal-hal sebagai berikut.

- Sebaiknya setelan rele termal jangan lebih tinggi dari 105% terhadap rating arus nominal motor.
- Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk rele termal dengan dua elemen termal.
- Perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan kelas-kelas isolasi belitan motor listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Kissel, E. Thomas, *Modern Industrial/ Electrical Motor Controls*, 1990, Printice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Wildi Theodore, *Electrical Power Technology*, 1985, Sperika Enterprises Ltd, Canada.
- YAYASAN PUIL, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, Jalan HR Rasuna Said Kav. No. 01, Kuningan, Jakarta 12980.
- , *Control Devices, Low Voltage Equipment Catalog NS-2*, 1986, Siemens