

# PEMAKAIAN TIMER PADA Pengereman Dinamik Motor Induksi Rotor Sangkar Tiga Fasa

Dwi Aryono, Mislan  
Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Surabaya

## Abstrak

Pengereman dinamik motor induksi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk menghentikan putaran rotor. Pemakaian TDR pada pengereman dinamik motor induksi rotor sangkar dapat digunakan untuk mengatur waktu pengereman motor. Penelitian ini membahas pengaruh pengereman dinamik yang dilengkapi TDR terhadap waktu berhenti rotor pada motor induksi rotor sangkar tiga fasa. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemakaian TDR pada pengereman dinamik, semakin besar beban, semakin cepat berhenti rotor. Berarti semakin besar selisih waktu berhenti rotor, antara tanpa pengereman dengan menggunakan pengereman semakin besar, jadi semakin banyak waktu yang dihemat.

Kata kunci: motor induksi, pengereman dinamik, TDR, variasi beban, pengukuran

## Abstract

*Dynamic braking of induction motor is once method to stopping rotor's rotation. TDR is used to controlling motor's braking period in dynamic braking of induction motor with squirrel cage rotor. This research discussed about effect of dynamic braking using TDR toward motor's braking period on three-phase induction motor with squirrel cage rotor. From this research we can summarize, when dynamic braking with TDR applied, increasing motor's load will be increasing braking motor period. In the other word difference of motor's braking depending with using braking or without braking method. Using braking method will saving a lot of time to stopping rotor rotation.*

**Key word:** induction motor, dynamic braking, TDR, load variation, measurement

## 1. Pendahuluan

Motor induksi dikenal sebagai mesin listrik yang handal. Motor induksi merupakan mesin listrik yang banyak menyerap energi, tetapi di industri banyak digunakan sebagai penggerak untuk mesin produksi. Dengan ciri-ciri banyak digunakan pada industri dan mempunyai jangka waktu umur 15-20 tahun, sistem pengoperasian dan pengontrolan menjadi hal yang sangat penting sehingga diperoleh efisiensi yang baik [2], [3]. Pengontrolan motor dapat dilakukan dengan cara sangat sederhana sampai pada sistem pengontrolan yang cukup rumit.

Bila motor listrik saat operasi dilepaskan dari sumber tegangannya, motor tidak langsung berhenti, tetapi masih berputar karena energikinetis dari rotor dan beban motor., sehingga diperlukan beberapa lama waktu sampai motor berhenti. Hal ini akan menyebabkan pemborosan waktu. Oleh karena itu diperlukan upaya agar motor cepat berhenti, yaitu dengan pengereman.

Pengereman pada motor listrik khususnya motor listrik tiga fasa, dapat dilakukan dengan rem geser ( cara mekanis) dan dengan rem listrik. Dengan cara mekanis motor dapat berhenti karena adanya gesekan yang terjadi. Tentu hal ini membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk

menghentikan motor dalam waktu singkat dapat dilakukan metode pengereman secara listrik. Salah satunya ialah menggunakan metode dinamik atau pengereman dengan arus searah. Metode pengereman dinamik sering digunakan di industri, sebab untuk pengereman dengan metode dinamik hanya memasukkan arus DC ke salah satu kumparan fasa motor listrik tiga fasa.

Dalam penelitian ini terdapat permasalahan, yaitu bagaimana pengaruh penggunaan TDR (*Time Delay Relay*) pada cara pengereman dinamik terhadap waktu berhenti motor dengan beban bervariasi.

Didalam penelitian ini terdapat batasan masalah, yaitu motor induksi yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa, 3 HP, 220/380V yang dihubungkan Y (bintang) dengan tipe rotor sangkar (*squirrel cage motor*), pengukuran dilakukan empat tahap; yaitu satu kali tanpa pengereman dan tiga kali dengan pengereman, dan setiap kali pengukuran dengan beban yang bervariasi.

## 2. Teori

### a. Prinsip Kerja Motor Induksi

Secara umum motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Dalam motor dc energi listrik diambil langsung dari kumparan *armature* (jangkar) dengan melalui sikat dan komutator. Oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Lain halnya dengan motor AC, pada motor AC kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor Induksi diidentikkan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau *armature* dan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor. Jika sumber listrik 3 fasa dihubungkan ke kumparan stator, maka pada kumparan tersebut timbul medan putar.

Medan putar ini, memotong batang-batang konduktor dari kumparan rotor yang mengakibatkan pada ujung-ujung dari masing-masing kumparan rotor timbul gaya listrik induksi sebesar :

$$E_r = 4,44 \cdot f_r \cdot N_r \cdot \phi_m \quad (1)$$

dimana,

$E_r$  = tegangan induksi saat motor start (volt)

$f_r$  = frekuensi sumber listrik (Hz)

$\phi_m$  = Fluks putar maksimum (Weber)

$N_r$  = Jumlah belitan rotor

Pada motor induksi rotor sangkar, kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, sehingga dengan adanya gaya gerak listrik (ggl) Induksi rotor ( $E_r$ ) akan menghasilkan arus rotor  $I_r$ . Dengan adanya  $I_r$ , yang terdapat didalam medan magnet putar, maka pada rotor timbul Gaya Lorentz ( $F$ ) sebesar :

$$F = B \cdot I \cdot L \quad (2)$$

dimana,

$F$  = Gaya Lorentz (Newton)

$B$  = kerapatan fluks ( $Wb/m^2$ )

$L$  = Panjang kumparan rotor (m)

$I$  = Kuat arus rotor (Amp)

Jika jari-jari kumparan rotor sebesar  $r$ , maka pada rotor timbul momen putar sebesar :

$$T_r = F \cdot r \quad (N.m) \quad (3)$$

Bila kopel awal rotor yang dihasilkan oleh  $F$  cukup besar untuk mengatasi kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Adapun besar ggl kumparan rotor saat kumparan rotor sedang berputar adalah :

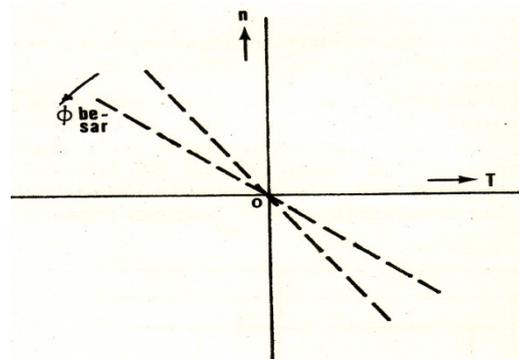
$$E_{rs} = 4,44 \cdot f_r \cdot N_r \cdot \phi_m \cdot S \quad (4)$$

### b. Pengereman dinamik.

Persoalan rem atau berhenti sebuah motor adalah sama pentingnya dengan persoalan jalan. Sebuah motor listrik tidak akan dapat dipakai untuk misalnya keperluan traksi, bila motor itu tidak dapat dihentikan dengan baik. Ataupun untuk keperluan alat yang digunakan untuk mengangkat, seperti kran (*crane*) dan lift.

Bila sebuah motor berputar, maka dapat dibayangkan bahwa rotor digerakkan dengan putaran  $n$  oleh sebuah medan putar yang mempunyai kecepatan putar  $n_s$ , yaitu putaran sinkron. Bilamana medan putar ini dihilangkan maka tidak ada lagi suatu daya dorong yang menggerakkan rotor, sehingga lambat laun rotor akan berhenti berputar. Proses berhenti atau proses rem ini akan dipercepat, bila misalnya dalam kumparan stator dialirkan arus searah. Arus searah ini akan menghasilkan suatu medan statis. Karena rotor berputar dalam medan statis itu, maka dalam rotor akan diinduksikan suatu gaya gerak listrik  $E$ , yang pada gilirannya akan mengalirkan arus induksi  $I$ . Baik  $E$  maupun  $I$  berbanding lurus dengan  $n$ . Kopel yang dihasilkan adalah sebanding dengan arus  $I$  dan fluksi  $\Phi$ . Mesin bekerja sebagai generator, karena  $T_b \propto I \cdot \Phi \cdot n$

$$\text{Atau } T_b \propto n \quad (5)$$

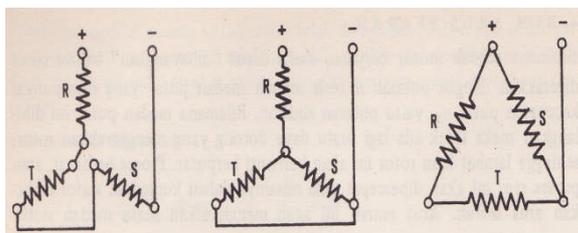


Gambar 1

Karena kopel  $T_b$  berbanding lurus dengan  $n$ , maka lengkung kopel rem ini sebagai fungsi dari putaran  $n$  merupakan garis lurus melalui titik nol (lihat gambar1). Lebih besar fluksi  $\Phi$  atau lebih besar tegangan searah yang dipakai, lebih kuat kopel rem yang diperoleh, dan lebih cepat motor akan berhenti.

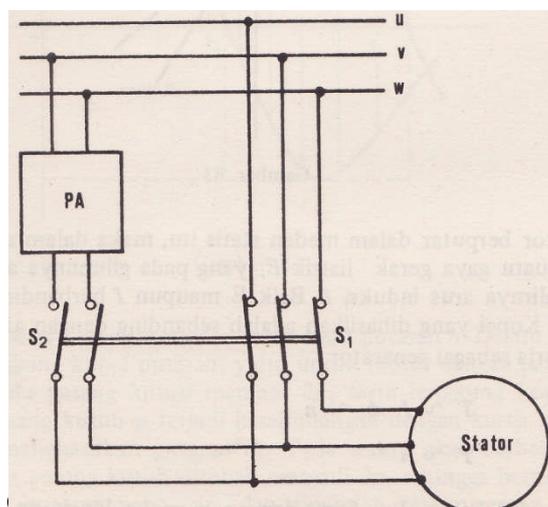
Cara menyambung kumparan-kumparan stator pada tegangan searah dapat dilakukan sebagaimana terlihat dalam gambar 2. Gambar 2a memperlihatkan ketiga kumparan R, S, dan T yang semula berada dalam rangkaian bintang (Y), dirangkai seri dan dihubungkan pada jaringan tegangan searah. Gambar 2b,

memperlihatkan bahwa kumparan S dan T dirangkai paralel, kemudian dirangkai seri dengan kumparan R, dihubungkan pada jaringan tegangan searah. Sedangkan gambar 2c memperlihatkan kumparan-kumparan stator dalam rangkaian delta ( $\Delta$ ), dihubungkan pada jaringan tegangan searah, dimana R dan T disambung seri, sedangkan kumparan S mendapat tegangan searah sepenuhnya.



2a 2b 2c  
Gambar 2. Skematis untuk mendapatkan arus searah

Gambar 3 memperlihatkan secara skematis cara untuk mendapatkan arus searah. Saklar  $S_1$  merupakan saklar utama yang menghubungkan stator dari motor pada jaringan tiga fasa. PA adalah penyearah, yang menyediakan arus searah dengan mendapatkan pengisian dari jaringan. Bilamana motor dihentikan, saklar  $S_1$  dibuka, dan pada saat yang bersamaan saklar  $S_2$  masuk, dan kumparan stator mendapat pengisian dengan tegangan searah menurut rangkaian yang diinginkan. Sebaiknya saklar  $S_2$  juga berhubungan dengan sisi primer penyearah PA, sedemikian rupa, sehingga penyearah PA tersambung pada jaringan hanya selama saklar  $S_2$  masuk. Dengan demikian maka diperoleh penghematan kerugian. Untuk kesederhanaan gambar hal ini tidak diperlihatkan [13].



Gambar 3.

### 3. Metode

#### a. Membuat panel kontrol

Panel kontrol ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1). **Main Circuit Breaker (MCB) 16 A**, berfungsi sebagai pemutus hubungan listrik secara otomatis bilamana daya/tegangan melampaui standar yang ditentukan. Gunanya untuk mencegah terjadinya korsleting/hubungan pendek ataupun kerusakan peralatan listrik akibat melonjaknya tegangan listrik.

2). **Push Button tipe NO dan NC**, merupakan suatu jenis saklar yang banyak dipergunakan dalam rangkaian pengendali dan pengaturan. Tipe ini kontak memiliki 4 buah terminal baut, sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan NC dan kontak lain akan NO, bila tombol ditekan maka kontak tertutup akan membuka dan kontak yang membuka akan tertutup. *Push button* akan bekerja bila ada tekanan pada tombol dan saklar ini akan memutuskan atau menghubungkan sesuai dengan jenisnya. Bila tekanan dilepas maka kontak akan kembali ke posisi semula karena ada tekanan pegas. *Push Button* pada umumnya memiliki konstruksi yang terdiri dari kontak bergerak dan kontak tetap.

#### 3). **Kontaktor 220 V/20 A**

Kontaktor magnet yaitu suatu alat penghubung listrik yang bekerja atas dasar magnet yang dapat menghubungkan antara sumber arus dengan muatan. Bila inti koil pada kontaktor diberikan arus, maka koil akan menjadi magnet dan menarik kontak sehingga kontakannya menjadi terhubung dan dapat mengalirkan arus listrik. Kontaktor magnet atau sakelar magnet merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan prinsip kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja jika ada gaya kemagnetan pada penarik kontakannya. Magnet berfungsi sebagai penarik dan sebagai pelepas kontak-kontaknya dengan bantuan pegas pendorong.

#### 4). **Over load Relay, 4 A**

*Overload relay* merupakan pengamanan peralatan listrik terhadap gangguan beban lebih. Prinsip kerja dari *overload relay* ini adalah berdasarkan perubahan panas karena adanya arus yang melebihi batas dari harga nominalnya. Apabila ada suatu arus yang mengalir terlalu besar pada motor melebihi batas arus nominal dari *overload relay* tersebut maka pada lempengan bimetalnya melalui arus tersebut akan timbul panas sehingga lempengan bimetal itu akan mengembang dan akan menggeser plat 1 dan plat 2, karena ujung plat akan menggeser tuas yang akan memutuskan hubungan kerangkain utama. Hal tersebut akan melindungi motor dari kerusakan karena suhu yang terlalu tinggi akan melebihi batas kemampuan yang disebabkan adanya

beban lebih. Tuas tersebut akan menggerakkan atau merubah kedudukan. Kedudukan dari kontak-kontak NO dan NC pada *overload relay* yang dipergunakan pada rangkaian kendali.

**5). TDR (*Time Delay Relay*), tipe Omron H3BA-8**  
*Relay timer* atau relay penunda batas waktu, banyak digunakan dalam instalasi motor listrik terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (*Magnetic Contactor*), *Thermal Over Load Relay*, dan lain-lain. Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor. Timer dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu timer yang bekerja menggunakan induksi magnet dan menggunakan rangkaian elektronik. Timer yang bekerja dengan prinsip induksi motor listrik akan bekerja bila motor listrik mendapat tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan relay yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka relay akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor.

#### **6). Dioda Pengereman Dinamik, 400 V/10 A**

Metode yang dipergunakan sebagai pengereman adalah dengan metode dinamik dengan penyearah Dioda dengan tegangan *breakdown* 400 V, 10 A prinsip kerja dari dioda ini adalah dengan penguatan pada stator pemasangan dengan rangkaian jembatan *wheatstone* guna mendapat sistem gelombang penuh maka dioda dihubungkan langsung pada jala-jala tiga fasa yaitu fasa S dan fasa T. Apabila *Foward* dan *Reverse* Dioda dihubungkan dengan kumparan motor akan terjadi pertemuan arus AC dan arus DC yang dapat membalik arus putaran sisa pada motor.

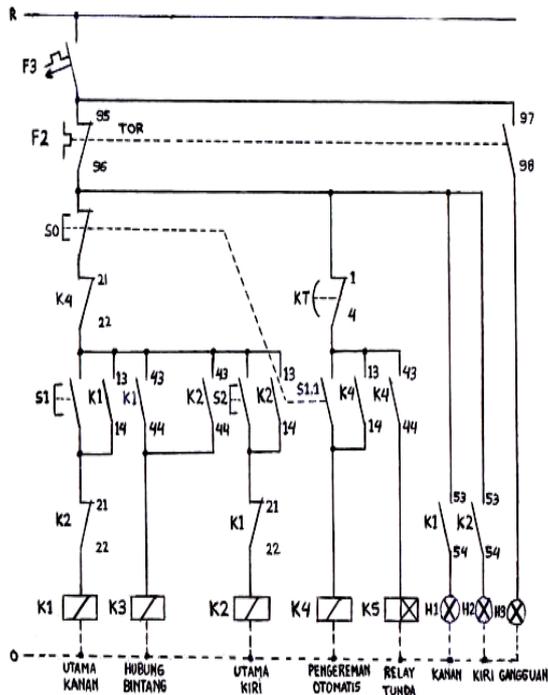


Gambar 4. Rangkaian kontrol didalam box panel  
**Prinsip kerja alat**

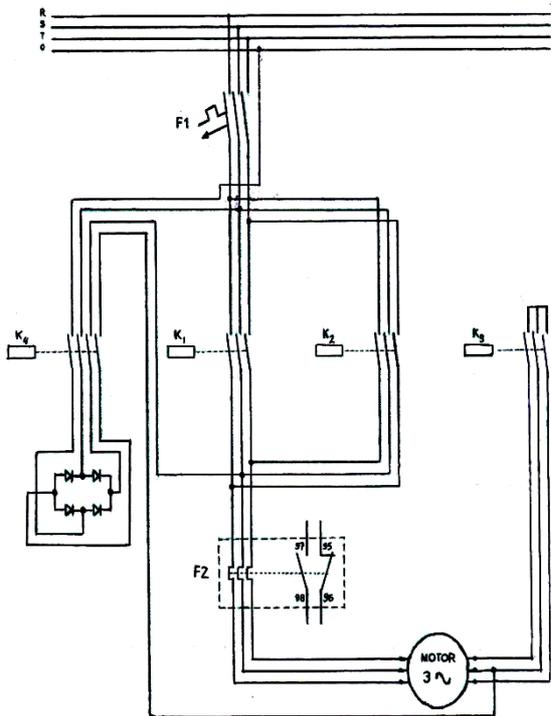
Prinsip kerja dari sistem pengoperasian pengereman dinamik secara otomatis menggunakan relay penunda waktu adalah sebagai berikut. Menyiapkan sumber tegangan pada panel kontrol. Selanjutnya aktifkan MCB, maka arus akan mengalir ke kontak utama, kontaktor 1, kontaktor 2, kontaktor 3, dan kontaktor 4. Setelah itu tekan tombol start putar kanan, sehingga koil kontaktor 1 dan kontaktor 3 bekerja dan motor berputar dalam hubung bintang (lampu 1 menyala). Sebaliknya apabila ditekan tombol start putar kiri, maka koil kontaktor 2 dan kontaktor 3 bekerja dan motor berputar dalam hubung bintang (lampu 2 menyala). Apabila terjadi beban lebih, maka pengaman beban lebih yaitu *over load relay* akan bekerja secara otomatis memutus rangkaian kontrol (lampu 3 menyala) sehingga motor berhenti bekerja. Jika tidak terjadi beban lebih, maka tekan tombol stop untuk mengakhiri pengoperasian motor, yang secara otomatis motor akan berhenti berputar secara singkat bersamaan dengan beban yang dikopel menggunakan sistem pengereman dinamik, dan menggunakan variasi beban berupa besi barbell yang tersusun secara sejajar untuk menguji coba seberapa lama motor dapat berhenti dengan menggunakan variasi beban.

#### **b. Prosedur Percobaan**

Gambar 5 menunjukkan *single line* diagram pengereman dinamik motor induksi tiga fasa dan gambar 6 Rangkaian daya pengereman dinamik menggunakan dioda. Adapun tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari beban terhadap waktu berhenti rotor dari motor induksi.



Gambar 5. Single line diagram pengereman dinamik motor induksi tiga fasa



Gambar 6. Rangkaian daya pengereman dinamik menggunakan diode

**Spesifikasi motor yang diperlukan untuk percobaan**

- a. Model : IM3 JS1594
- b. Tegangan : 220V / 380V
- c. Arus nominal : 9,2A / 5,4A
- d. Putaran nominal: 1425 rpm
- e. Daya motor : 3 Hp
- f. Frekuensi : 50 Hz
- g. Phase : 3 phase
- h. Poles : 4
- i. Inst. Class : B



Gambar 7. Motor induksi tiga fasa



Gambar 8. Beban berupa lempengan besi



Gambar 9. Motor dikopel dengan beban

Cara pengoperasian panel kontrol pengereman dinamik secara otomatis motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Menghubungkan input panel dengan sumber tegangan 380 Volt.
3. Mengatur relay penunda waktu.
4. Menghubungkan motor dengan output panel.
5. Mengaktifkan panel kontrol dengan cara menekan ON pada MCB.
6. Mengoperasikan panel kontrol untuk menjalankan motor listrik beserta beban yang dikopel dengan menekan tombol start. Beban diatur mulai beban 1 sampai beban penuh (9 lempeng besi) pada gambar 8.
7. Mengamati dan mencatat kecepatan motor listrik yang dikopel dengan beban menggunakan tachometer.
8. Untuk mematikan pengoperasian motor listrik dengan menekan tombol stop, dan secara otomatis pengereman terjadi dengan lama waktu pengaturan pada relay penunda waktu dalam memutuskan pengereman dinamik tersebut.
9. Mengamati dan mencatat lama waktu pengereman motor listrik yang dikopel dengan beban menggunakan stopwatch.
10. Untuk setiap perubahan beban dilakukan pengukuran sebanyak empat kali, satu kali tanpa pengereman dan tiga kali dengan pengereman.
11. Memutus hubungan panel kontrol dengan meng-off kan MCB.
12. Mematikan sumber tegangan tiga fasa. Melepaskan hubungan antara input panel dengan sumber tegangan tiga fasa dan output panel dengan motor.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### a. Hasil

Data dari hasil percobaan ditabulasi dalam tabel 1 untuk selanjutnya dibuatkan grafik waktu berhenti rotor - beban motor (gambar 10)

##### b. Pembahasan

Dari tabel 1 dapat dibaca, untuk beban satu lempeng besi waktu yang diperlukan untuk menghentikan rotor, 25 detik bila tanpa pengereman dan 0,783 detik dengan pengereman. Berarti bila tanpa pengereman tidak dibangkitkan kopel rem. Tidak ada yang melawan energi kinetis yang dihasilkan oleh beban dan sisa putaran rotor. Rotor akan berhenti karena terjadinya gesekan dengan bantalan dan dibutuhkan waktu 25 detik.. Sebaliknya bila dengan pengereman akan dibangkitkan kopel rem  $T_b$  yang besarnya berbanding lurus dengan  $n$  (pers. 5). Kopel rem ini akan melawan energi kinetis yang dibangkitkan rotor dan beban, sehingga rotor cepat berhenti dan hanya dibutuhkan waktu 0,783 detik. Jadi menghemat waktu  $(25 - 0,783) = 24,217$  detik. Pada beban 9 lempeng besi, waktu yang dihemat  $(192 - 4,576) = 187,426$  detik. Semakin besar arus  $I$  dan fluks  $\Phi$  semakin besar kopel rem  $T_b$  maka semakin cepat rotor berhenti, semakin banyak waktu yang dihemat.

Demikian juga untuk beban-beban yang lain dengan menggunakan pengereman dinamik lebih cepat rotor berhenti dibandingkan tanpa pengereman sehingga lebih banyak waktu yang dihemat.

Penggunaan relay penunda waktu (TDR) dimaksudkan agar pada saat motor dalam keadaan bebas dari jala-jala atau motor dalam keadaan mati, masih terdapat sisa putaran motor pada saat mematikan motor, secara otomatis pengereman terjadi selama selang waktu yang telah diatur pada relay penunda waktu.

#### 5. Penutup.

##### a. Simpulan

Dari hasil percobaan pengereman dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pada pengereman dinamik yang dilengkapi TDR, semakin besar beban, semakin cepat rotor berhenti. Berarti semakin besar selisih waktu berhenti rotor, antara tanpa pengereman dengan menggunakan pengereman semakin besar, jadi semakin banyak waktu yang dihemat.

##### b. Saran

Disarankan pada peneliti selanjutnya untuk meneliti model pengereman dengan tipe pengereman yang berbeda, sehingga hasilnya bisa digunakan untuk studi banding.