

Rancang Bangun Dynamometer Model Prony Brake untuk Alat Uji Motor Listrik

Dea Belinda¹, Siswoyo², Budi Setiadi³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : dea.belinda.tlis19@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : siswoyo@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : budi.setiadi@polban.ac.id

ABSTRAK

Dynamometer merupakan suatu alat uji yang digunakan untuk mengukur torsi dari motor listrik. Terdapat beberapa jenis *dynamometer* yang saat ini ada, diantaranya adalah *dynamometer Prony Brake*, *dynamometer Water Brake*, *dynamometer Rope Brake*, *dynamometer Arus Eddy*, dan *dynamometer Motor Generator*. *Dynamometer* yang ada di laboratorium mesin listrik Politeknik Negeri Bandung jumlahnya hanya ada dua buah dengan jenis motor generator yang memiliki rentang daya yang cukup besar yaitu 1,5 – 5 kW. *Dynamometer* tipe motor generator memiliki beberapa kekurangan yaitu harganya yang mahal, memiliki rentang pengukuran torsi terbatas dan tidak dilengkapi dengan pengaman beban lebih serta pengaman temperatur. Sedangkan *dynamometer* jenis *Prony Brake* secara konstruksi sederhana, bisa dipakai untuk berbagai jenis motor maupun generator, dan rentang daya motor bisa dipakai dari daya kecil hingga daya besar. Prinsip kerja pada *Prony Brake* adalah dengan menggunakan prinsip pengereman. Pengereman dilakukan dengan mengatur sekrup yang mengencangkan tegangan sabuk *dynamometer* yang bergesekan dengan poros motor. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan dan merealisasikan pengukur torsi motor jenis *Prony Brake* yang dilengkapi dengan pengaman beban lebih serta pengaman temperature kerja motor. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan melakukan uji coba di laboratorium mesin listrik Polban. Hasil torsi maksimum yang terukur pada saat pengujian adalah 12,7 Nm.

Kata Kunci

Dynamometer, Prony Brake, sabuk dynamometer

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi mengenai motor harus diimbangi dengan diadakannya penelitian mengenai teknologi tersebut. Kegiatan penelitian ini salah satunya bisa dilakukan di kegiatan perkuliahan praktikum termasuk juga di Politeknik Negeri Bandung. Salah satu kegiatan penelitian yang dilakukan pada motor adalah untuk mengukur kinerja pada motor tersebut. Parameter kinerja motor meliputi daya, torsi, putaran dan tegangan motor. Hal tersebut dilakukan menggunakan alat uji yang bernama *dynamometer*. Terdapat beberapa jenis *dynamometer* yang saat ini digunakan, diantaranya adalah *dynamometer Prony Brake*, *Arus Eddy*, *Motor Generator*, *Water Brake*, dan *Rope Brake*.

Saat ini, laboratorium di Politeknik Negeri Bandung memiliki dua *dynamometer*, dengan

tipe motor generator. *Dynamometer* tipe motor generator memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah harga yang mahal, memiliki rentang pengukuran torsi terbatas dan tidak dilengkapi dengan pengaman beban lebih serta pengaman temperatur. Sedangkan pada *dynamometer* jenis *Prony Brake* secara konstruksi sederhana, bisa dipakai untuk berbagai jenis motor maupun generator dan rentang daya yang dipakai dari daya kecil hingga daya besar. Mengingat saat ini jumlah *dynamometer* terbatas, maka perlu pembuatan *dynamometer* untuk alat uji karakteristik motor listrik atau generator listrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Merujuk pada penelitian D. Prijatna dan kawan - kawan pada tahun 2019 tentang *Prony*

Brake dynamometer pada kebanyakan dynamometer pengukuran seringkali mengharuskan operator supaya berada didekat motor yang diukur, termasuk pada motor dengan ukuran besar yang umumnya memiliki suara yang bising. sehingga penelitian ditujukan untuk merancang bangun uji kinerja dynamometer Prony Brake dengan transmisi data nirkabel. pengereman yang digunakan merupakan tipe rem cakram dan akuisisi data dikendalikan dengan mikrokontroler yang sekaligus melakukan pengolahan dan pengiriman data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak maksimum pengiriman data dengan penerimaan 100% adalah 16 m. Meskipun jaraknya lebih pendek, hasil pengukuran menunjukkan bahwa transmisi datanya 86%. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data dengan bluetooth menghendaki tidak adanya halangan fisik.[1]

Merujuk pada penelitian P.R. Ansyah dan H. Irawansyah dengan judul Pengujian Dynamometer Prony Brake untuk Praktikum Prestasi motor Diesel. Pengujian alat dynamometer tipe prony brake dilakukan dengan menggunakan mesin Diesel Thaisan tipe R175A di laboratorium Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat. Bahan bakar yang digunakan adalah biosolar dengan variasi pembebanan pada tuas penekan rem sebesar 100 g, 200 g, 300 g, 400 g, dan 500 g, kemudian dilanjutkan dengan mengukur putaran mesin menggunakan tachometer digital. Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa Dynamometer Prony Brake hanya bisa digunakan pada putaran mesin diesel yang rendah karena factor keamanan dan keselamatan, sementara untuk putaran mesin tinggi perlu adanya perbaikan desain dan konstruksi. Namun alat ini dapat digunakan sebagai sarana praktikum prestasi mesin serta parameter prestasi mesin yang dapat diukur dengan menggunakan alat ini adalah torsi dan power mesin. [2]

Merujuk pada penelitian M. Yahya, T. Sukmadi, dan B. Winardi yang berjudul *Perancangan Modul Prony Brake Untuk Penentuan Karakteristik Mekanik (Torsi Terhadap Kecepatan) Dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa* dikatakan bahwa modul pembebanan *Prony Brake* motor induksi 3 fasa telah dirancang dan dapat berjalan dengan baik. Dari hasil percobaan, *Prony Brake* mampu memberikan pembebanan dari 191,02 W (25,47% beban penuh) hingga mencapai 660,79 W (88,11% beban penuh). Nilai torsi

keluaran terkecil sebesar 0,9893 Nm. Torsi keluaran terbesarnya adalah 5,7293 Nm. [4]

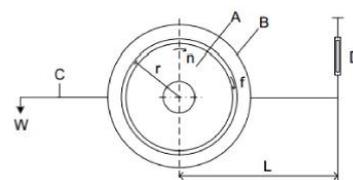
Berdasarkan kajian pustaka yang menjadi referensi penulis, *state of the art* atau pembeda penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ialah dengan ditambahkan pengaman beban lebih dan pengaman temperature kerja motor. Hal ini dilakukan untuk menghindari motor dari kebakaran saat pengoperasian akibat panas berlebih.

2.3 Dasar Teori

2.2.1 Dynamometer

Dynamometer adalah suatu alat uji yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya pada motor. terdapat dua tipe *dynamometer* yang digunakan untuk mengukur daya dari suatu motor. tipe pertama yaitu *absorption dynamometer* / dynamometer absorpsi, dan tipe kedua yaitu *transmission dynamometer*. Pada dynamometer absorpsi energi atau daya yang dihasilkan oleh mesin diserap oleh adanya tahanan gesekan dari pengereman dan diteruskan menjadi energi panas. Dynamometer absorpsi mengubah energi mekanik mesin menjadi torsi yang diukur, sehingga sangat berguna untuk mengukur daya atau torsi yang dihasilkan sumber daya seperti motor bakar atau motor listrik. Sementara pada tipe *transmission dynamometer*, energi tidak dilepas melalui gesekan namun digunakan untuk kerja. Pada dynamometer transmisi daya mesin ditransmisikan melalui peralatan yang telah diukur. Peralatan tidak berupa generator daya maupun pengabsorpsi daya, sehingga *dynamometer* ini menggunakan poros transmisi daya antara penggerak utama dan beban. *Dynamometer* dapat digunakan sebagai bagian dari pengujian untuk berbagai aktivitas membangun mesin seperti kalibrasi pengontrol manajemen mesin dan pengembangan sistem pembakaran.

Seperti yang sudah disebutkan, *dynamometer* memiliki beberapa tipe. Tetapi meskipun begitu prinsipnya tetap sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. [3]



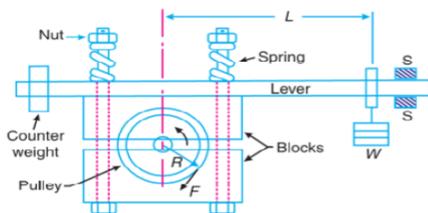
Gambar 1. Prinsip kerja *dynamometer*

Keterangan:

- W = Beban pengimbang (kg)
- L = Panjang lengan pengimbang (m)
- f = Gaya kopel (N)
- r = Jari-jari rotor (m)

2.2.2 Prony Brake

Dynamometer Prony Brake atau yang terkadang disebut dynamometer rem jepit dynamometer yang akan dirancang oleh penulis pada tugas akhir kali ini. Prinsip dasar yang digunakan dalam *dynamometer Prony Brake* adalah pemanfaatan hambatan yang didapatkan dari gesekan mekanik oleh pengereman. Besarnya hambatan mekanik dapat diatur berdasarkan berat beban yang ditumpu oleh tuas. Torsi akan diketahui dari hasil perkalian antara berat beban dengan panjang tuas penumpu. [2]



Gambar 2. Dynamometer Prony Brake

Pada saat *dynamometer Prony Brake* dioperasikan, ujung tuas diberikan pembebanan menggunakan pemberat sesuai dengan variabel yang telah ditentukan dan kemudian baut dikencangkan hingga poros motor berputar pada kecepatan konstan. Mekanisme alat uji dynamometer terdiri dari kerangka alat dengan dudukan mesin sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar 2.

2.2.3 Batas kenaikan suhu pada kumparan

Bila arus listrik (I) mengalir dalam rangkaian dengan tahanan (R) selama t detik, nilai kalorifik atau panas J (Joule) adalah: [5]

$$J = I^2 \cdot R \cdot t$$

Oleh karena itu, bila motor listrik dioperasikan, suhu motor akan naik sebanding dengan waktu kerjanya sehingga jika motor beroperasi kenaikan suhunya dapat diketahui dengan mengukur tahanan kumparan sebelum

dan sesudah dioperasikan selama beberapa jam dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{R_C}{R_H} = \frac{1 + a(t_1)}{1 + a(t_2)}$$

Keterangan:

R_C = Tahanan kumparan sebelum dioperasikan (Ohm).

R_H = Tahanan kumparan setelah dioperasikan (Ohm).

a = Koefisien temperature tahanan tembaga (0,00428 Ohm/ Ohm/°C)

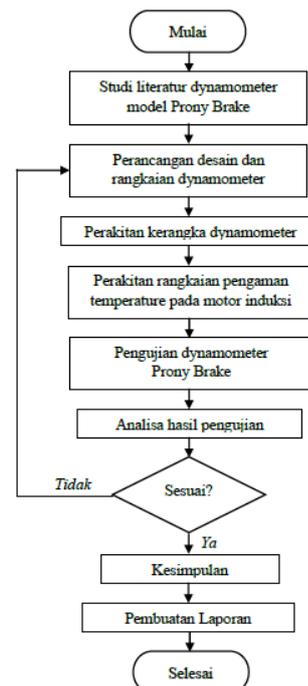
t_1 = Temperatur ruang awal (°C)

t_2 = Temperatur ruangan setelah beroperasi (°C)

saat motor listrik dalam kondisi mati, keadaan suhu kumparan motor sama dengan suhu ruangan. Ketika motor listrik berjalan stabil, suhu kumparannya sekitar 60°C. suhu maksimum kumparan motor listrik saat beroperasi adalah 95,2°C.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui metodologi baku yang ditunjukkan dengan urutan tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

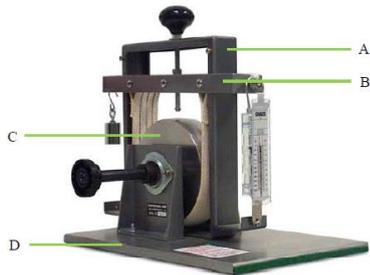


Gambar 3 Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian dimulai identifikasi permasalahan, dilanjut dengan studi literature dan perumusan masalah dan tujuan. pada perancangan dan implementasi proses yang dilakukan adalah perancangan model *dynamometer* serta integrasi dan implementasi *dynamometer*. Lalu pada bagian terakhir yaitu pengujian dan laporan, proses yang dilakukan ialah pengujian *dynamometer*, dilanjut dengan pengambilan data dan analisis hasil, serta pembuatan kesimpulan dan laporan akhir. Pada proses pengujian *dynamometer*, jika berhasil maka dapat dilanjut ke proses pengambilan data dan analisis hasil, sedangkan jika tidak berhasil maka akan kembali ke proses perancangan model *dynamometer*. Juga pada proses pengambilan data dan analisis hasil, jika dirasa cukup maka dapat dilanjut ke proses kesimpulan dan pembuatan laporan akhir. Sedangkan jika data dirasa tidak cukup maka akan dilakukan pengujian kembali

4. DESAIN

4.1 Spesifikasi Prony Brake



Gambar 4. *Dynamometer Prony Brake*

Tabel 1. Spesifikasi *Prony Brake*

<i>Prony Brake</i>	
Material	Besi
A. Bingkai <i>dynamometer</i>	
Panjang (cm)	20
Lebar (cm)	7
Tinggi (cm)	25
Tebal besi (cm)	1
B. Lengan <i>dynamometer</i>	
Panjang (cm)	295.2
Lebar (cm)	2
Tinggi (cm)	1.5
Tebal besi (cm)	
C. Poros besi	
Diameter (cm)	12.5
Tebal besi (cm)	4
D. Alas <i>dynamometer</i>	
Panjang (cm)	40
Lebar (cm)	30
Tinggi (cm)	0.8

4.2 Motor listrik 3 phasa



Gambar 5. Motor Listrik 3 phasa

Motor listrik 3 phasa pada gambar 5 merupakan motor listrik yang digunakan dalam penelitian. Motor listrik dengan merk Terco yang memiliki kapasitas daya 1,5 kW. motor dirangkai dengan hubungan bintang sesuai yang tertera pada nameplate, jika sumber tegangan 380V maka motor harus dirangkai dengan hubungan bintang. Arus nominal motor bernilai 6,6A saat dihubung delta dan 3,8A saat dihubung bintang. Putaran motor bernilai 1415 RPM, frekuensi bernilai 50 Hz dan cosphi senilai 0,79.

4.3 Prinsip Kerja

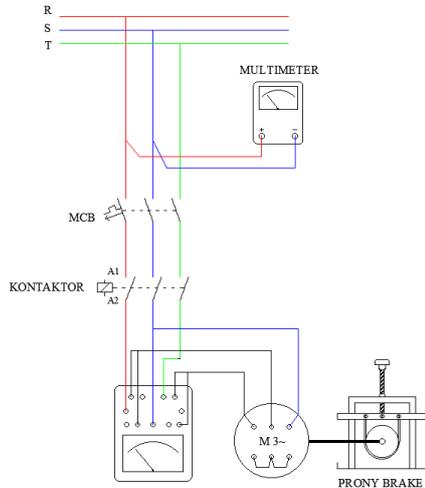
Dynamometer Prony Brake adalah alat untuk melakukan pengukuran parameter motor induksi atau motor DC dengan kapasitas motor sampai dengan 2 HP. Pengereman dilakukan dengan mengatur sekrup yang mengencangkan tegangan sabuk yang bergesekan dengan poros motor. pengujian dilakukan dengan mengukur putaran poros motor, mengukur daya listrik ke motor, dan mengukur gaya torsi pada meter berat (N). dapat dilakukan analisis parameter motor listrik meliputi torsi mekanik dengan satuan Nm, dan Braking Capacity.

5. DATA HASIL PENGUJIAN

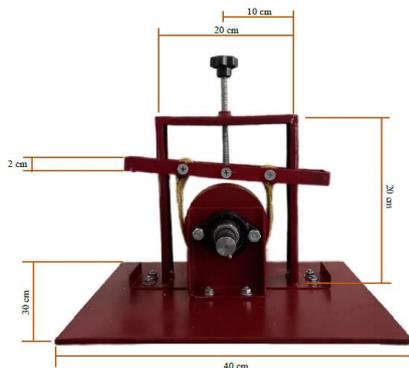
5.1 rangkaian pengujian

Pengujian dynamometer Prony Brake dilakukan dengan pengambilan data tegangan motor, putaran poros motor, daya motor, temperature dan torsi. Alat ukur yang digunakan adalah multimeter, wattmeter, tachometer dan rangkaian monitor

temperature menggunakan sensor suhu DS18B20.



Gambar 7. Rangkaian pengujian dynamometer



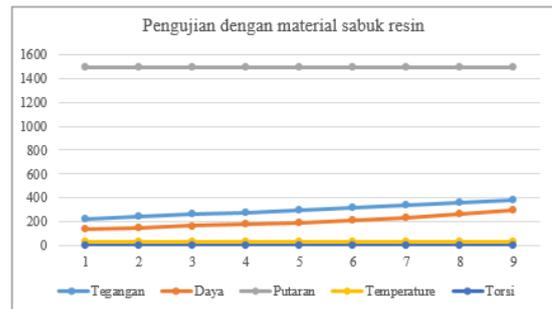
Gambar 8. Realisasi Prony Brake

5.2 Hasil pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan sabuk dengan material resin. Pengambilan data dilakukan mulai tegangan 220V hingga 380V dengan range pengambilan data setiap 20V. Data hasil pengujian tersaji dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian

No	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)
1	220	138	1489	0,63
2	240	146	1493	0,66
3	260	164	1491	0,73
4	280	176	1491	0,81
5	300	188	1492	0,88
6	320	216	1491	0,98
7	340	232	1494	1,08
8	360	264	1492	1,2
9	380	298	1493	1,37



Gambar 9. Grafik pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tegangan, daya, putaran, dan torsi menunjukkan kenaikan setiap tegangan dinaikkan. Artinya, tegangan, daya, putaran, temperature dan torsi memiliki perbandingan yang berbanding lurus. Hasil nilai daya menunjukkan setiap tegangan dinaikkan maka daya juga naik, namun kenaikan tidak signifikan karena nilai perbedaan selalu dibawah 50 W. Hasil pengukuran putaran menunjukkan nilai yang cukup konstan yaitu 1490. Pengujian *Prony Brake* juga dilakukan untuk melihat fungsi kerja alat dari *Prony Brake*.

Tabel 3. Pengujian Prony Brake

No	Tegangan (V)	Daya (Watt)	Beban (N)	Torsi (Nm)
1	380	0	0	0
2	380	200	0,1	2,12
3	380	210	0,2	4,24
4	380	276	0,3	6,37
5	380	350	0,4	8,49
6	380	400	0,5	10,6
7	380	880	0,6	12,7

Perhitungan *Brake Power*

$$BP = \frac{(W \times l)2\pi N}{60000}$$

Keterangan;

BP = *Brake Power* (Nm)

W = gaya (N)

L = panjang lengan (m)

π = konstanta (3,14)

N = putaran (RPM)

6. KESIMPULAN

Hasil pengujian motor listrik menggunakan dynamometer dapat terealisasi dengan baik sesuai dengan rencana yang telah dibuat sebelumnya. Dynamometer dirancang dengan kapasitas maksimum 5 Nm. Hasil torsi maksimum yang terukur pada saat pengujian adalah 1,76 Nm, hal ini berartikan dynamometer dapat berfungsi sesuai rancangan

yaitu mengukur torsi pada motor dengan kapasitas maksimum 5 Nm. Hasil pengujian dynamometer Prony Brake menggunakan motor 3 phase dengan daya 1,5 kW dan nilai putaran 1400 RPM diperoleh torsi Prony Brake senilai 12,7 Nm.

Realisasi perancangan monitoring temperature untuk motor listrik dapat berfungsi sesuai dengan kinerja yang sesuai, dimana fungsi utamanya adalah untuk mengamankan motor listrik dari panas berlebih. Sistem monitoring temperature dapat diterapkan sebagai proteksi motor dari panas berlebih agar terhindar dari kebakaran saat pengujian. Saat temperature terdeteksi oleh sensor suhu DS18B20 diatas 55°C maka MCB akan trip sehingga tegangan ke motor juga terputus dan motor berhenti beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Prijatna, M. Saukat, M. Muhaemin, S. Nurjanah, T. Herwanto, Handarto, A. Mutangad, L. Dwinastiti, and R. Yulianingsih (2019), "Rancang Bangun Prony Brake Dinamometer Untuk Pengukuran Daya Motor Secara Nirkabel," *Prosiding Seminar Nasional Perteta 2018*, vol. 1 no. 1.
- [2] P. R. Ansyah, and H Irawansyah (2019), "Pengujian Dinamometer Prony Brake Untuk Praktikum Prestasi Mesin Motor Diesel," *Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur*, vol. 7 no. 02, pp. 9-12.
- [3] Supriyo, S. (2012). Perancangan Dan Pembuatan Dinamometer Arus Eddy Untuk Pengujian Kendaraan Bermotor Kapasitas 130 kW (Doctoral dissertation, Program Pascasarjana Undip).
- [4] M. Yahya, T. Sukmadi, and B. Winardi, "Perancangan Modul Prony Brake Untuk Penentuan Karakteristik Mekanik (Torsi Terhadap Kecepatan)

Dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 5, no. 4, pp. 417-424, Jul. 2017.

- [5] Putro, S. M., Warsito, A., & Sukmadi, T. (2011). *Perancangan Sistem Kontrol Kompresor AC Berbasiskan PC* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik).