

Analisa Performa Motor Hy-2750b, Motor Mg995, Motor Ds3225mg, dan Motor 24h2a4428 sebagai Penggerak *Portable Continuous Passive Motion* (CPM)

I Wayan Angga Wijaya Kusuma¹⁾, dan Sugeng Santoso²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Widya Dharma

e-mail: anggaelectro@gmail.com¹⁾, sugeng.santoso@unwidha.ac.id²⁾

ABSTRACT

Continuous Passive Motion (CPM) is a therapeutic tool to assist patients in moving their joints after the patient has experienced trauma or underwent joint surgery. The CPM machine is used to avoid joint stiffness in the patient. Joint stiffness can be caused because patients who have undergone joint surgery are reluctant to move their joints due to pain. The design of the CPM machine that will be carried out has motion in flexion and horizontal abduction. The choice of the type of DC motor as the driving force for the CPM machine will determine the ability (performance) of the CPM in carrying out the rehabilitation process for postoperative knee fractures. Movements in restoring and improving the range of motion of the elbow are flexion movements, extension movements, pronation movements and supination movements. From the results of the study, it can be concluded that there is one motor that meets the standards that can be used as a driving motor for Portable Continuous Passive Motion (CPM), namely the HY-2705B type motor. The HY-2705B motor meets minimum standards in terms of motor torque, motor rotation angle, working voltage, motor working temperature, and motor weight. For the other three motors Motor MG995, Motor 24H2A4428, and Motor DS3225MG there is one standard that is not met.

Keywords: *Continuous Passive Motion, CPM, Fracture, HY-2705B, MG995, 24H2A4428, DS3225MG*

ABSTRAK

*Continuous Passive Motion (CPM) merupakan alat terapi untuk membantu pasien dalam menggerakkan sendi setelah pasien mengalami trauma atau menjalani operasi sendi. Mesin CPM digunakan untuk menghindari terjadinya kekakuan sendi pada pasien. Kekakuan sendi dapat disebabkan karena pasien yang telah menjalani operasi sendi enggan menggerakkan sendinya akibat rasa nyeri. Perancangan mesin CPM yang akan dilakukan memiliki gerak secara fleksi dan horisontal abduksi. Pemilihan jenis motor DC sebagai penggerak mesin CPM sangat menentukan kemampuan (performa) CPM dalam melakukan proses rehabilitasi fraktur lutut pasca operasi. Gerakan-gerakan dalam mengembalikan dan memperbaiki lingkup gerak siku tangan adalah gerakan *flexion*, gerakan *extention* gerakan *pronation* dan gerakan *supination*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat satu motor yang memenuhi standar yang dapat digunakan sebagai motor penggerak untuk *Portable Continuous Passive Motion* (CPM) yaitu motor jenis HY-2705B. Motor HY-2705B memenuhi standar minimal baik dari torsi motor, sudut putar motor, tegangan kerja, suhu kerja motor, maupun berat motor. Untuk tiga motor yang lain Motor MG995, Motor 24H2A4428, dan Motor DS3225MG ada salah satu standar yang tidak terpenuhi.*

Kata Kunci: *Continuous Passive Motion, CPM, Fraktur, HY-2705B, MG995, 24H2A4428, DS3225MG*

I. PENDAHULUAN

Continuous Passive Motion (CPM) merupakan alat terapi untuk membantu pasien dalam menggerakkan sendi setelah pasien mengalami trauma atau menjalani operasi sendi. Mesin CPM digunakan untuk menghindari terjadinya kekakuan sendi pada pasien. Kekakuan sendi terjadi karena pasien yang telah menjalani operasi sendi enggan untuk menggerakkan sendinya karena nyeri. Desain mesin CPM yang dilakukan memberikan gerakan fleksi dan abduksi horisontal. Sudut kerja dalam fleksi adalah 20° hingga 120°, dan sudut kerja dalam pergerakan horisontal adalah 0° hingga 80°.

Motor CPM ini menggunakan rangkaian roda gigi yang digunakan untuk meningkatkan torsi motor. Roda gigi adalah dua silinder yang bersentuhan, dan ketika satu silinder berputar, yang lain berputar ke arah yang berlawanan. Sensor encoder digunakan sebagai alat pendeteksi perubahan kecepatan putaran motor dan sudut putaran. Sensor encoder itu sendiri terdiri dari dua

komponen: piringan penghitung dan optocoupler. Kecepatan gerak dari mesin CPM ini dikontrol dengan PID, sehingga kecepatan gerak dari alat dapat dipertahankan. Keluaran dari kontrol PID merupakan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar dari motor DC. Pilihan kecepatan pergerakan dari mesin CPM adalah 1 RPM, 2 RPM, dan 3 RPM. Mesin yang telah berhasil dibuat ini memiliki 2 mode pergerakan, yakni: mode manual dan mode preset. Pada mode preset, alat dapat diatur pergerakannya secara fleksi (mode 1), horisontal abduksi (mode 2), dan mode simpan posisi (mode 3).

Pemilihan jenis motor DC sebagai penggerak mesin CPM sangat menentukan kemampuan (performa) CPM dalam melakukan proses rehabilitasi fraktur lutut pasca operasi. Gerakan-gerakan dalam mengembalikan dan memperbaiki lingkup gerak siku tangan adalah gerakan *flexion*, gerakan *extention* gerakan *pronation* dan gerakan *supination*.

Pada penelitian ini membandingkan performa 3 jenis motor DC yang dapat digunakan sebagai penggerak dalam perancangan CPM. Motor DC yang digunakan adalah *Motor Hy-2750b*, *Motor Mg995*, dan *Motor 24h2a*. Dari hasil penelitian dapat dijadikan rujukan jenis motor yang dapat digunakan sebagai *Portable CPM*.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang uji performa motor DC sudah banyak dilakukan diantaranya penelitian yang dilakukan oleh R. Harahap dan S. Nofriadi [1]. Penelitian yang telah dilakukan perbandingan efisiensi dan torsi yang dihasilkan menggunakan metode pergeseran sikat yang kemudian dibandingkan dengan metode penyadapan sejajar. Dengan melanjutkan penelitian ini maka dapat diperoleh metode yang efektif digunakan. Dari hasil penelitian, penggunaan metode pergeseran sikat mempunyai efisiensi tinggi 79,0% dibanding dengan metode penyadapan sejajar diperoleh efisiensi tinggi 91,8%. Akan tetapi dari torsi yang dihasilkan penggunaan metode pergeseran sikat menghasilkan nilai lebih tinggi yaitu 0,88 Nm dibandingkan dengan metode penyadapan sejajar yaitu 0,58 Nm. Dari grafik dan tabel diperoleh lebih stabil dan optimal menggunakan penyadapan sejajar dan penambahan kutub bantu jika memperhitungkan efisiensi dan torsi. Akan tetapi putaran motor arus searah menurun sangat cepat.

Penelitian berikutnya oleh A. Wahid Ibrahim, T. Wahyu Widodo, dan T. Wahyu Supardi [2]. Penelitian ini menjelaskan sistem kontrol torsi yang dibuat dengan memodulasi arus jangkar motor DC lain yang dikuatkan pada kondisi arus medan konstan. Sistem kontrol torsi ini memiliki dua level, sistem kontrol kecepatan dan sistem kontrol arus, dan output dari sistem kontrol kecepatan menjadi sinyal perintah arus. Pengujian dilakukan dengan beban maksimal 3690 gram dan arus nominal sebesar 0,8 A atau torsi nominal sebesar 0,323 Nm. Hasil menunjukkan torsi efektif motor mampu diatur dengan kisaran 0,182 Nm - 0,243 Nm. Diharapkan dengan harga torsi efektif yang diatur mampu menahan beban seberat apapun tanpa merusak motor tersebut.

Penelitian berikutnya oleh N. Nugroho dan S. Agustina [3]. Pada penelitian ini, penulis menganalisa motor dc yang dapat menggerakkan mobil listrik. Analisis yang dilakukan meliputi pemilihan motor DC dan kinerja motor DC yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan listrik. Pilihan motor DC yang baik untuk digunakan pada kendaraan listrik adalah motor DC seri. Hal ini dikarenakan motor DC seri memiliki karakteristik memiliki nilai torsi yang sama dengan kuadrat arus. Dengan karakteristik tersebut, motor dc seri memiliki torsi starting yang baik untuk menggerakkan beban mobil listrik. Dalam analisa ini, daya yang dibutuhkan pada sudut kemiringan 30° adalah sebesar 21,6kW dengan kecepatan gerak 16,3 m/s atau sebanding dengan 59

km/jam dengan berat beban total 270kg. Jika dibandingkan mobil hybrid secara umum yang memiliki kecepatan 50 km/jam, maka analisa ini sudah memenuhi persyaratan. Namun, untuk lintasan yang datar, dengan daya 3,1kW mobil mampu bergerak hingga kecepatan 2,35 m/s atau sebanding dengan 85 km/jam. Dengan kata lain, hanya diperlukan daya 3,1kW untuk menggerakkan mobil listrik dengan kecepatan normal.

2.2 Teori

1. Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan membuat perbedaan tegangan antara kedua terminal, motor akan berputar dalam satu arah, dan membalikkan polaritas tegangan juga akan membalikkan arah putaran motor. Polaritas tegangan pada kedua terminal menentukan arah putaran motor, dan besarnya perbedaan tegangan antara kedua terminal menentukan kecepatan motor [4]. Gambar di bawah ini adalah contoh motor DC yang digunakan sebagai penggerak ban berjalan.



Gambar 1 Motor DC

2. *Motor Stepper*

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang mengubah impuls listrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak sesuai dengan rangkaian pulsa yang diberikan ke motor. Oleh karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan driver motor stepper yang membangkitkan pulsa secara periodik [4]. Berdasarkan struktur rotor dan stator pada motor stepper, maka motor stepper dapat dikategorikan dalam 3 jenis sebagai berikut: *Motor Stepper Variable Reluctance* (VR), *Motor Stepper Permanent Magnet* (PM), dan *Motor Stepper Hybrid* (HB). Sedangkan berdasarkan metode perancangan rangkaian pengendaliannya, motor stepper dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu motor stepper unipolar dan motor stepper bipolar.



Gambar 2 Motor Stepper

3. Motor Servo MG995

Motor servo adalah perangkat penggerak putar (motor) yang dirancang dengan mempertimbangkan kontrol loop tertutup (servo) dan dapat diatur atau disesuaikan untuk menentukan dan memastikan posisi sudut poros keluaran motor [4]. Servomotor adalah perangkat yang terdiri dari motor DC, gearset, rangkaian kontrol, dan potensiometer. Serangkaian roda gigi yang melekat pada poros motor DC memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo. Potensiometer mengubah resistansi saat motor berputar dan bertindak sebagai penentu posisi servo putaran poros motor.

Ada dua jenis motor servo: motor servo AC dan motor servo DC. Servomotor AC sering digunakan pada mesin industri karena dapat menangani arus yang besar dan beban yang berat. Motor servo DC umumnya cocok untuk digunakan dalam aplikasi kecil. Dan membedakan dengan rotasi, umumnya ada dua jenis motor servo di pasaran: motor servo rotasi 180 ° dan motor servo rotasi kontinu 360 °.



Gambar 3 Motor Servo MG996

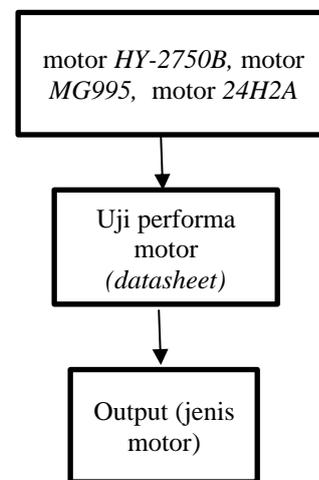
Motor servo DC memiliki sistem umpan balik loop tertutup di mana posisi rotor diumpungkan kembali ke rangkaian kontrol motor servo. Motor ini terdiri dari motor DC, rangkaian roda gigi, potensiometer dan rangkaian kontrol. Sebuah potensiometer digunakan untuk mengatur batas sudut rotasi servo. Sudut poros motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal kabel motor servo.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan kajian studi literatur terhadap motor *HY-2750B*, motor *MG995*, dan motor *24H2A* yang akan digunakan sebagai penggerak *Portable Continuous Passive Motion (CPM)*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *datasheet* motor *HY-2750B*, motor *MG995*, dan motor *24H2A*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: motor *HY-2750B*, motor *MG995*, dan motor *24H2A*.

Portable CPM merupakan alat bantu rehabilitasi yang dirancang untuk terapi pada fraktur lutut pasca operasi. Pembuatan *Portable CPM* membantu rehabilitasi pasien dalam meningkatkan ROM hingga 130°.

Rancangan penelitian uji performa motor sebagai penggerak *Portable CPM* dapat dilihat pada blok diagram berikut:



Gambar 4 Blok diagram uji performa motor

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data hasil penelitian. Data hasil penelitian diperoleh dari *datasheet* spesifikasi masing-masing motor yang digunakan sebagai penggerak *Portable Continuous Passive Motion (CPM)*. Data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Berat motor (gram)
2. Dimensi motor (mm)
3. Tegangan kerja motor (V)
4. Torsi motor (N.cm)
5. Sudut putar motor (°)
6. Suhu kerja motor (°C)

Tabel 1. Data Spesifikasi Motor Penggerak

| No | Jenis Motor | Spesifikasi | | |
|----|-----------------|-------------|----------------|--------------------|
| | | Berat (g) | Dimensi (mm) | Tegangan Kerja (V) |
| 1 | Motor HY-2750B | 600 | 188*111,5*39,2 | 12 |
| 2 | Motor 24H2A4428 | 570 | 60*60*45 | 12 - 25 |
| 3 | Motor MG995 | 55 | 40,7*19,7*42,9 | 4,8 - 6 |
| 4 | Motor DS3225MG | 60 | 40*20*40,5 | 4,8 - 6,8 |

Tabel 1. Data Spesifikasi Motor Penggerak (Lanjutan)

| No | Jenis Motor | Spesifikasi | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Torsi (N.cm) | Sudut Putar (°) | Suhu Kerja (°C) |
| 1 | Motor HY-2750B | 1300 | 360 | -30° ~ 80° |
| 2 | Motor 24H2A4428 | 90 | 360 | 80° |
| 3 | Motor MG995 | 83,35 - 98,06 | 120 | 0° ~ 55° |
| 4 | Motor DS3225MG | 205,93 - 240,26 | 270 | -15° ~ 70° |

Menurut data Riskesdas pada tahun 2018, penduduk Indonesia umumnya memiliki berat badan di kisaran 40kg – 81kg. *Ratio* berat kaki 7% dari berat badan. Beban kaki maksimal yang perlu diangkat adalah 5,67 Kg (Kementerian Kesehatan RI Badan Penelitian dan Pengembangan, 2018). Beban yang ditanggung motor adalah berat kaki ditambah berat kerangka betis dan perekat betis sebesar 1,45 Kg dengan titik berat berkisar 25cm dari lutut. Karena motor merupakan sebagai penggerak utama, maka diperlukan motor yang memiliki dimensi, tegangan kerja dan torsi sesuai dengan kebutuhan. Pembuatan *Portable CPM* membantu rehabilitasi pasien dalam meningkatkan ROM hingga 130°. Perhitungan jumlah beban yang akan digerakan oleh motor adalah sebagai berikut:

- Beban I = 44,8 Kg; 7% x Beban I = 3,136 Kg
- Beban II = 50,8 Kg; 7% x Beban II = 3,556 Kg
- Beban III = 59,2 Kg; 7% x Beban III = 4,144 Kg
- Beban IV = 72,5 Kg; 7% x Beban IV = 5,075 Kg

Tabel 2 Total beban pada motor

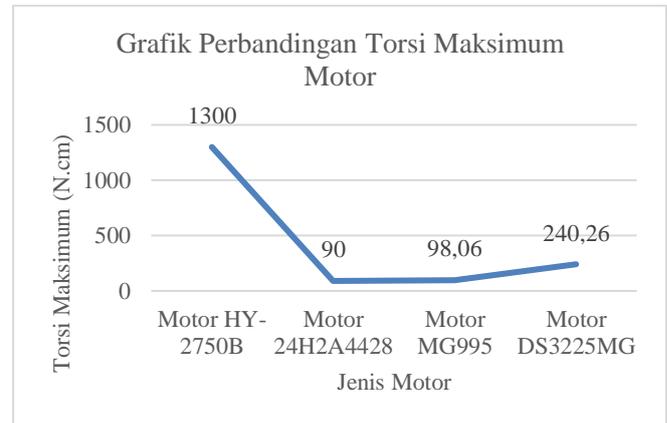
| No | Jenis Beban | Beban Kaki (Kg) | Beban Kerangka + Perekat (Kg) | Beban Total (Kg) |
|----|-------------|-----------------|-------------------------------|------------------|
| 1 | Beban I | 3,136 | 1,45 | 4,586 |
| 2 | Beban II | 3,556 | 1,45 | 5,006 |
| 3 | Beban III | 4,144 | 1,45 | 5,594 |
| 4 | Beban IV | 5,075 | 1,45 | 6,525 |

1. Analisa torsi motor

Torsi motor yang diperlukan untuk menggerakkan kaki dapat dilihat di persamaan berikut:

$$\tau_{max} = m \cdot g \cdot r \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan $\tau_{max} = m \cdot g \cdot r$ diatas dengan asumsi nilai g dan r adalah konstan, maka nilai masa dan τ_{max} adalah sebanding. Jika τ_{max} motor semakin besar, maka semakin besar juga beban yang mampu diangkat oleh motor. Gambar 10 menunjukkan perbandingan torsi dari motor HY-2050B, motor 24H2A4428, motor MG995, dan motor DS3225MG.



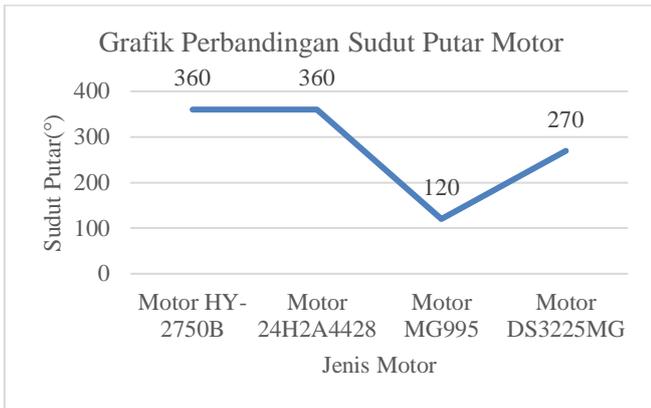
Gambar 5 Grafik Perbandingan Torsi Maksimum Motor

Dari grafik perbandingan torsi maksimum motor diatas, motor yang memiliki torsi maksimum terbesar adalah motor jenis HY-2050B dengan τ_{max} sebesar 1300 N.cm dan motor dengan torsi maksimum terkecil adalah motor jenis 24H2A4428 dengan τ_{max} sebesar 90 N.cm

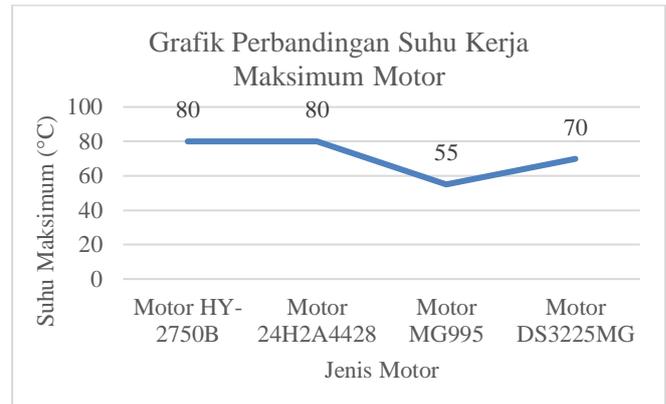
2. Analisa sudut putar motor

Pembuatan *Portable CPM* membantu rehabilitasi pasien dalam meningkatkan ROM hingga 130°. Gambar 11 menunjukkan radius sudut putar masing-masing motor HY-2050B, motor 24H2A4428, motor MG995, dan motor DS3225MG.

Dari grafik perbandingan sudut putar motor diatas, motor yang memiliki sudut putar terbesar adalah motor jenis HY-2050B dan motor 24H2A4428 yaitu sebesar 360°. Hal ini berarti memenuhi standar dari sudut putar yang ditentukan yaitu 130°. Sedangkan motor yang memiliki sudut putar terkecil adalah motor jenis MG995 yaitu sebesar 120°. Hal ini berarti motor jenis MG995 tidak dapat digunakan sebagai penggerak *Portable CPM*.



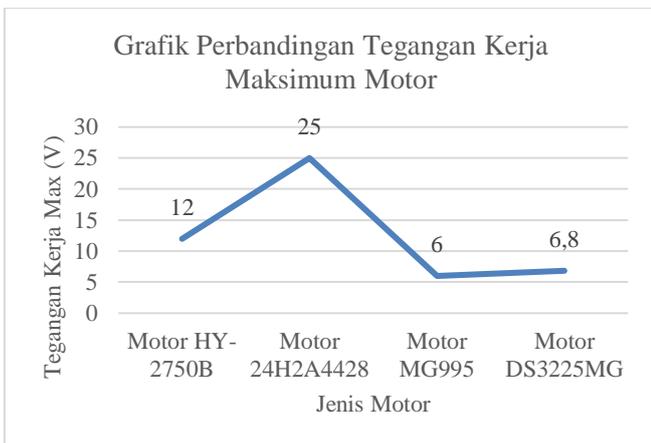
Gambar 6 Grafik Perbandingan Sudut Putar Motor



Gambar 8 Grafik Perbandingan Suhu Kerja Maksimum Motor

3. Analisa tegangan kerja maksimum motor

Faktor pertimbangan dalam memilih motor penggerak untuk *Portable CPM* yaitu, dimensi, tegangan kerja dan torsi. Tegangan kerja sangat berpengaruh terhadap konsumsi baterai yang akan digunakan sebagai sumber energi dari *Portable CPM*. Gambar 12 grafik perbandingan tegangan kerja maksimum motor.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Tegangan Kerja Maksimum Motor

Dari grafik perbandingan tegangan kerja maksimum motor diatas, motor yang memiliki tegangan kerja maksimum terbesar adalah motor jenis 24H2A4428 yaitu sebesar 25V dan motor yang memiliki tegangan kerja maksimum terkecil adalah motor jenis MG995 yaitu sebesar 6V.

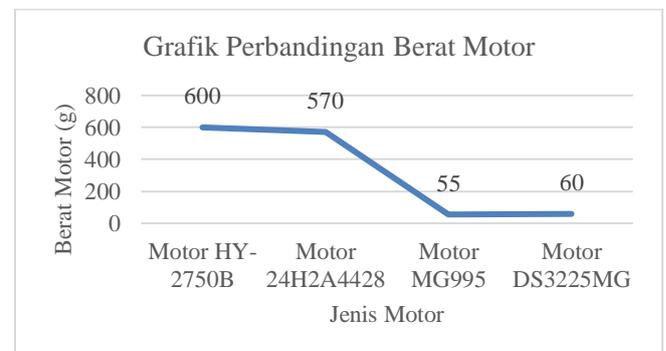
4. Analisa suhu kerja maksimum

Suhu kerja motor adalah suhu maksimal motor mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi. Gambar 13 menunjukkan grafik perbandingan suhu kerja maksimum dari masing-masing motor HY-2050B, motor 24H2A4428, motor MG995, dan motor DS3225MG. Semakin besar nilai suhu kerja maksimum semakin bagus motor tersebut jika digunakan sebagai penggerak.

Dari grafik perbandingan suhu kerja maksimum motor diatas, motor yang memiliki suhu kerja maksimum terbesar adalah motor jenis HY-2050B dan motor 24H2A4428 yaitu sebesar 80°C. Sedangkan motor yang memiliki suhu kerja maksimum terkecil adalah motor jenis MG995 yaitu sebesar 55°C.

5. Analisa berat motor

Faktor lain yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan motor penggerak yang akan digunakan sebagai *Portable CPM*. Berat motor akan mempengaruhi kenyamanan pasien dalam melakukan terapi. Selain itu juga karena digunakan sebagai *Portable CPM* maka akan sedikit kesulitan jika dibawa kemana-mana. Gambar 14 menunjukkan grafik perbandingan berat motor HY-2050B, motor 24H2A4428, motor MG995, dan motor DS3225MG.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Berat Motor

Dari grafik perbandingan berat motor diatas, motor yang memiliki berat paling besar adalah motor jenis HY-2050B yaitu sebesar 600 gram, sedangkan motor yang memiliki berat paling ringan adalah motor jenis MG995 yaitu sebesar 55 gram. Meskipun motor jenis MG995 memiliki bobot paling ringan, motor jenis ini tidak bisa digunakan sebagai penggerak *Portable CPM* karena memiliki sudut putar dibawah standar spesifikasi.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Analisa Performa Motor HY-2750B, Motor MG995, Dan Motor 24H2A4428 Sebagai Penggerak *Portable Continuous Passive Motion* (CPM) dapat disimpulkan bahwa terdapat satu motor yang memenuhi standar yang dapat digunakan sebagai motor penggerak untuk *Portable Continuous Passive Motion* (CPM) yaitu motor jenis HY-2705B. Motor HY-2705B memenuhi standar minimal baik dari torsi motor, sudut putar motor, tegangan kerja, suhu kerja motor, maupun berat motor. Untuk tiga motor yang lain Motor MG995, Motor 24H2A4428, dan Motor DS3225MG ada salah satu standar yang tidak terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Harahap and S. Nofriadi, "Analisa Perbandingan Efisiensi Dan Torsi Dengan Menggunakan Metode Penyadapan Sejajar Terhadap Metode Pergeseran Sikat Pada Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Kutub Bantu," *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 105–111, 2019.
- [2] A. Wahid Ibrahim, T. Wahyu Widodo, and T. Wahyu Supardi, "Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 6, no. 1, p. 93, 2016, doi: 10.22146/ijeis.10775.
- [3] N. Nugroho and S. Agustina, "(22) Perancangan Setting Rele Proteksi Arus Lebih Pada Motor Listrik Industri," *Transmisi*, vol. 15, no. 1, pp. 40–46, 2013.
- [4] A. Mujadin and D. Astharini, "Uji Kinerja Modul Pelatihan Motor Penunjang Mata Kuliah Mekatronika," *Al-Azhar Indones. Seri Sains Dan Teknol.*, vol. 3, no. 3, pp. 127–133, 2016.
- [5] M. N. Yuski, W. Hadi, and A. Saleh, "Rancang Bangun Jangkar Motor DC," *Berk. Sainstek*, vol. 5, no. 2, p. 98, 2017, doi: 10.19184/bst.v5i2.5700.
- [6] A. Teknik, E. Universitas, R. Jurusan, T. Elektro, and U. Riau, "Perancangan dan Pembuatan Starting Motor DC Shunt 4 Step Menggunakan Variasi Tahanan Berbasis Mikrokontroler Sultoni Amni *, Noveri Lisbetty Marpaung **, Edy Ervianto ** The need for knowledge will never become the student , students , and the society . , " vol. 2, no. 2, 2015.
- [7] F. Setiono, F. Rofii, and S. Setiawidayat, "Rancang Bangun Alat Terapi Lengan Continuous Passive Motion (CPM) dengan Control Electromyograph (EMG) Untuk Pasien Pasca Operasi dan Stroke," *Teknik*, vol. 40, no. 3, p. 176, 2019, doi: 10.14710/teknik.v40i3.25119.
- [8] Erlina dan C. Borromeus, "Sistem Pengontrolan Motor Dc Dan Katup Otomatis," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 64–70, 2015, [Online]. Available: <https://stt-pln.ejournal.id/energi/article/download/583/345>.
- [9] M. Sunarhati, "ANALISA PENGATURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR DC PENGUAT DENGAN MENGGUNAKAN THYRISTOR Marliyus Sunarhati Dosen Tetap Yayasan Perguruan Tinggi Palembang Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang," pp. 24–34, 2018.
- [10] A. P. Y. Waroh, "Analisa Dan Simulasi Sistem

- Pengendalian Motor Dc," *J. Ilm. Sains*, vol. 14, no. 2, p. 80, 2014, doi: 10.35799/jis.14.2.2014.5935.
- [11] D. R. Pattiapon, J. J. Rikumahu, and M. Jamlay, "Penggunaan Motor Sinkron Tiga Fasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron," *J. Simetrik*, vol. 9, no. 2, p. 197, 2019, doi: 10.31959/js.v9i2.386.
 - [12] Q. Hidayati and M. E. Prasetyo, "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Fuzzy-PID," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 4, no. 1, pp. 12–17, 2016, doi: 10.32487/jtt.v4i1.123.