



Penerapan Hukum Newton dalam Menghitung Sudut Efektif pada Gerakan *Bench Press*

Niken Ari Safitri¹, Adrianus Inu Natalisanto¹, Rahmawati Munir^{1,*})

¹Laboratorium Fisika Teori dan Material Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Klimantan Timur 75123 Indonesia

*E-mail korespondensi: rahmawati@fmipa.unmul.ac.id

Abstract

Bench press is a form of powerlifting exercise that aims to increase the strength and endurance of the muscles of the upper body, that is, the muscles of the chest, arms, and shoulders. The characteristic of the bench press exercise is to lift or push the weight using both hands in a supine position. The purpose of this research is to determine the effective angle required for lifting weights with the least amount of thrust (biomechanics aspects). The research steps were carried out in four stages, namely: first, designing biomechanics mathematical equations; second, experiments on people doing bench press movements; third, processing biomechanics data; and fourth, analysis and discussion of biomechanics data. According to the study's findings, an effective angle was obtained by analyzing the thrust to lift the barbell, that is, the angle flanked by the upper and lower arms, which is approximately 89°-114° for those who use the smallest thrusts on the grip: 0.4 m, 0.5 m, and 0.6 m. It can be concluded that the wider the distance between the grips, the greater the thrust required.

Keywords: Bench Press, Biomechanics, Newton's Law

PENDAHULUAN

Ilmu Fisika sangat melekat pada aktivitas sehari-hari manusia, misalnya olahraga banyak menerapkan konsep biomekanika. Olahraga merupakan salah satu kebutuhan manusia yang bermanfaat untuk memberikan kesegaran jasmani, memiliki tubuh yang sehat dan bugar dan membuat kinerja tubuh menjadi lebih baik. Konsep biomekanika dalam olahraga menjelaskan tentang aspek mekanika dari gerakan tubuh manusia dengan memahami gaya dan momen yang terjadi [1]. Salah satu cabang olahraga yang cukup populer, yaitu *powerlifting* atau disebut juga angkat berat. *Powerlifting* dilakukan dengan mengangkat *barbell*, namun tidak vertikal diatas kepala. *Powerlifting* terdiri dari 3 jenis, yaitu *squat*, *deadlift* dan *bench press*. *Bench press* yaitu di mana seseorang dalam posisi terlentang diatas bangku datar dan horizontal dengan mengangkat beban ke atas [2].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Larsen, Gomo, dan Tillaar pada tahun 2021 mengenai biomekanika *bench press*, penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh lebar pegangan (*grip*) pada sendi yang dianalisis dengan aktivasi otot dalam satu pengulangan maksimum (1-RM). Berdasarkan penelitian tersebut menyimpulkan bahwa dalam melakukan 1-

RM, *grip* lebar dan *grip* menengah lebih spesifik untuk momen sendi siku dan bahu dari pada *grip* sempit [3].

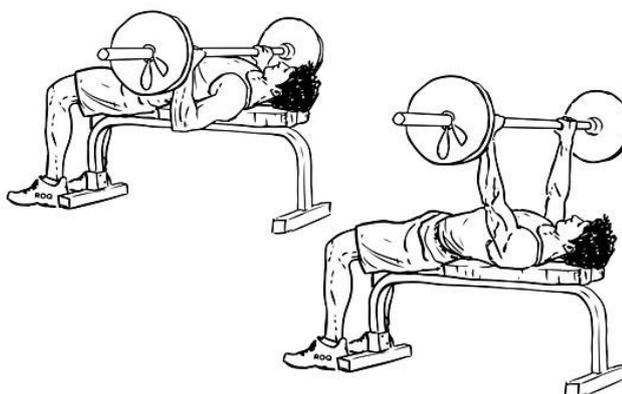
Berdasarkan penelitian sebelumnya, analisis ini diperlukan karena belum adanya kajian terperinci mengenai biomekanika gerakan *bench press* secara teoritis. Pada penelitian terdahulu aspek biomekanika belum dibahas secara rinci sampai pada perumusan persamaan fisika. Oleh sebab itu, penelitian ini akan membahas biomekanika sampai pada perumusan persamaan fisika dan akan dibuktikan secara eksperimen.

Berdasarkan penjelasan tentang pentingnya aspek biomekanika, maka dilakukan penelitian tentang “Penerapan Hukum Newton dalam Menghitung Sudut Efektif pada Gerakan *Bench Press*”. Tujuannya, untuk mengetahui aspek biomekanika dari gerakan *bench press* yang ditinjau dari lebarnya pegangan tangan pada *barbell* dengan menganalisis sudut efektif (sudut α), yaitu sudut yang diapit lengan atas dan lengan bawah pada gerakan *bench press* yang membutuhkan gaya dorong terkecil untuk mengangkat beban. Melalui kajian ini, penelitian ini akan memberikan hasil yang dapat dijadikan referensi untuk memprediksi besar gaya dorong yang diberikan untuk mengangkat beban.

TINJAUAN PUSTAKA

Bench Press

Bench press adalah salah satu latihan paling populer yang digunakan untuk memperkuat otot-otot tubuh bagian atas, terutama dada, bahu, dan lengan. *Bench press* dilakukan dengan posisi telentang yang didukung oleh bangku datar dan horizontal.



Gambar 1. Gerakan *Bench Press*

Beban yang digunakan dalam latihan *bench press* dapat berupa *barbell*, *dumbbell*, atau berbagai jenis mesin [4]. *Bench Press* merupakan suatu latihan kekuatan otot dengan menggunakan *barbell* dan bangku khusus. Latihan ini bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan otot-otot tubuh bagian atas, yaitu umumnya otot dada (*pectoral*), otot bahu (*deltoid*), bagian belakang dari lengan atas (*tricep*) serta *latissimus dorsi* [5]. Adapun alat-alat yang digunakan untuk latihan *bench press* adalah beban berupa piringan beban dan *barbell*, serta bangku khusus yang mampu menahan beban berat.

Biomekanika

Biomekanika adalah kajian ilmu yang mempelajari mengenai gerakan mekanik pada makhluk hidup. Hukum dasar dalam biomekanika, yaitu Hukum Newton tentang gerak [6]. Dalam kajian ilmu biomekanika memberikan gambaran ataupun solusi yang berguna untuk meminimumkan gaya yang dibebankan oleh individu saat beraktivitas. Biomekanika merupakan kombinasi disiplin ilmu diantaranya yaitu mekanika terapan, antropometri dan ilmu kedokteran (biologi dan fisiologi) [7]. Hukum Newton dirangkum dalam “tiga hukum gerak” yang merupakan hukum-hukum klasik dasar dalam mendeskripsikan gerak. Hukum Newton

menghubungkan percepatan suatu benda dengan massanya dan gaya-gaya yang bekerja padanya. Hukum Newton banyak digunakan dalam berbagai bidang, yaitu biomekanika, teknik, astronomi, geologi, kimia, dan biologi [6].

Hukum Newton Pertama menyatakan bahwa “suatu benda dalam keadaan diam atau dalam keadaan bergerak dengan laju tetap akan tetap diam atau terus bergerak dengan laju tetap kecuali ada gaya yang bekerja pada benda itu”. Pernyataan tersebut menggambarkan bahwa benda tersebut mempunyai kelembaman. Oleh karena itu, Hukum Pertama Newton seringkali disebut hukum kelembaman. Secara matematis, Hukum Newton Pertama dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (1)$$

dengan \vec{F} dinyatakan sebagai gaya dalam Newton, sehingga $\sum \vec{F}$ didefinisikan sebagai resultan gaya [8].

Hukum Newton Kedua disusun dalam bentuk momentum. Hukum Newton Kedua menyatakan bahwa jika gaya resultan (\vec{F}) bekerja pada suatu benda dengan massa (m) adalah bukan nol, benda tersebut akan mengalami percepatan dengan arah yang sama dengan gaya. Percepatan (\vec{a}) berbanding lurus dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \text{ atau } \sum \vec{F} = m \vec{a} \quad (2)$$

dengan \vec{F} dalam Newton, m dalam kilogram, dan \vec{a} dalam m/s^2 [9].

Hukum Newton Ketiga menyatakan bahwa “setiap aksi selalu dilawan oleh reaksi yang sama besarnya atau interaksi timbal-balik antara dua benda yang senantiasa sama besarnya dan arahnya berlawanan”. Jika salah satu gaya yang terjadi diantara dua buah benda tersebut gaya “aksi”, maka gaya yang lainnya disebut gaya “reaksi”. Yang mana “aksi” maupun “reaksi” tidaklah penting, karena kedua gaya ini bukan timbul sebagai sebab akibat, namun dua gaya yang selalu timbul bersama-sama. Sehingga gaya manapun dari kedua gaya tersebut dapat dipandang sebagai “aksi” dan satunya sebagai “reaksi”. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\vec{F}_{\text{aksi}} = -\vec{F}_{\text{reaksi}} \quad (3)$$

dengan gaya aksi besarnya sama dengan gaya reaksi, namun arahnya berlawanan [10].

Torsi (torque) yang dikenal juga dengan momen gaya sebagai peubah gerak rotasi alias berperan sebagai gaya pemutar. Jika momen gaya resultan yang dialami benda tidaklah nol, maka benda akan melakukan gerak putar yang mempunyai percepatan sudut yang tidak nol, sedangkan apabila momen gaya resultan bernilai nol, maka benda tidak melakukan gerak putar atau kalau bergerak putar terjadi frekuensi sudut tetap (percepatan sudutnya nol). Keadaan dimana momen gaya resultan bernilai nol, maka benda disebut dalam kesetimbangan rotasi. Besar momen gaya (τ) didefinisikan sebagai hasil kali gaya (\vec{F}) dengan lengan gaya (\vec{r}), secara umum momen gaya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{\tau} = \sum \vec{F} \times \vec{r} \quad (4)$$

dengan momen gaya dalam satuan Nm [11].

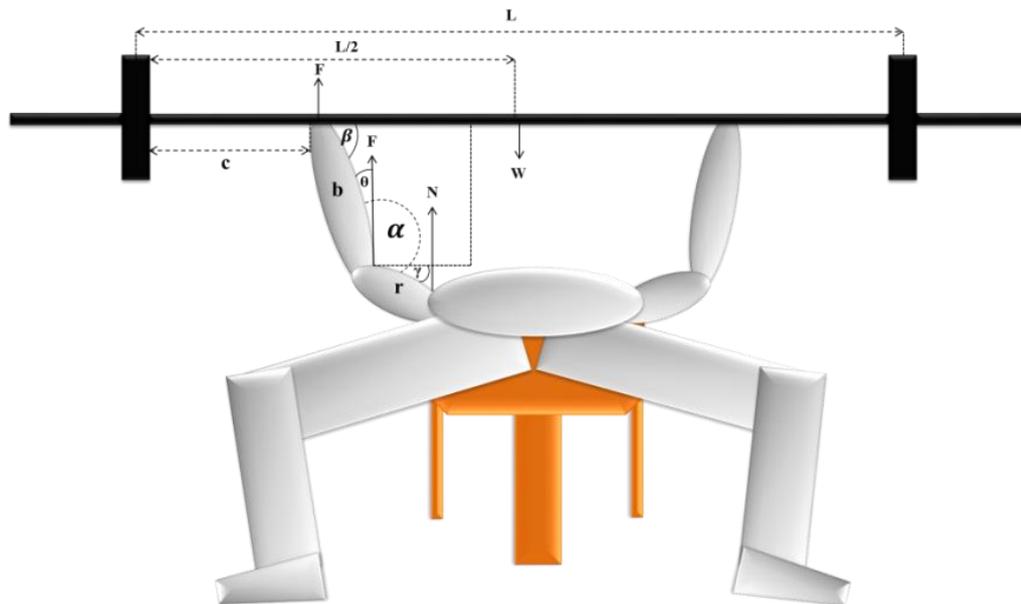
METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilaksanakan di Fitness Jones Jl. Pramuka Komp PK Blok A No 1 Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda. Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2022 hingga Agustus 2022 mulai pukul 10.00 hingga 12.00 WITA. Adapun alat yang digunakan adalah satu set alat olahraga *bench press*. Kriteria subjek atau orang yang akan diamati minimal telah melakukan latihan gerakan *bench press* selama 3 bulan.

Pada tahap eksperimen ini dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama, menyiapkan alat penelitian terlebih dahulu. Adapun massa *barbell* yang digunakan adalah 40 kg dan 50 kg. Kemudian, dilakukan pengukuran panjang *barbell* dengan membagi panjang *barbell* menjadi 4 bagian yaitu: 40 cm; 50 cm; 60 cm; 70 cm; dan 80 cm dari titik tengah batang *barbell* yang akan digunakan sebagai lebar *grip* dan menandai 4 bagian tersebut dengan selotip, mengukur panjang lengan atas dan lengan bawah orang yang akan diamati. Kemudian, orang yang diamati melakukan gerakan *bench press* dengan repetisi (pengulangan) sebanyak 3 kali pada masing-masing lebar *grip*. Ketiga, mencatat hasil data eksperimen yang telah diperoleh.

Rancangan Persamaan Matematis Gaya Dorong

Adapun rancangan persamaan biomekanika untuk menghitung gaya dorong beban ke atas pada gerakan *bench press* berdasarkan ilustrasi berikut ini.



Gambar 2. Analisis Gaya pada Olahraga Bench Press

Dengan menggunakan persamaan torsi, yaitu:

$$\vec{\tau} = \sum \vec{F} \times \vec{r} \quad (5)$$

Karena pada saat menahan beban ke atas dalam keadaan diam sejenak, maka

$$\tau_o = 0 \quad (6)$$

dengan $\vec{\tau}$ adalah torsi, $\sum \vec{F}$ adalah gaya dorong *barbell* ke atas dan r adalah lengan gaya serta τ_o torsi dalam keadaan diam. Untuk mengetahui sudut yang diapit antara tangan dengan *barbell* dan sudut yang diapit antara lengan atas dan lengan bawah, yaitu :

$$\begin{aligned} 180^\circ &= \beta + 90^\circ + \theta \\ \theta &= 90^\circ - \beta \end{aligned} \quad (7)$$

dengan β adalah sudut antara lengan atas dengan batang *barbell*. Maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \alpha &= \theta + 90^\circ + \gamma \\ \alpha &= (90^\circ - \beta) + 90^\circ + \gamma \\ \gamma &= (\alpha + \beta) - 180^\circ \\ \cos \gamma &= \cos((\alpha + \beta) - 180^\circ) \\ \cos \gamma &= -\cos(\alpha + \beta) \end{aligned} \quad (8)$$

dengan α adalah sudut yang diapit lengan atas dan lengan bawah. Kemudian, menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada gerakan *bench press*:

$$-F \cdot b \cdot \cos \beta - N(b \cdot \cos \beta + r \cdot \cos \gamma) + W \left(\frac{L}{2} - c \right) = 0 \quad (9)$$

dengan b adalah panjang lengan bawah dan r adalah panjang lengan atas, serta N adalah gaya normal dan W adalah berat beban *barbell* dengan L adalah jarak antar piringan beban di kanan dengan di kiri dan c adalah jarak antara piringan beban dengan *grip* pada *barbell*. Lalu, mensubstitusi $\cos \gamma$ sehingga:

$$-F \cdot b \cdot \cos \beta - N(b \cdot \cos \beta - r \cdot \cos(\alpha + \beta)) + W \left(\frac{L}{2} - c \right) = 0 \quad (10)$$

Maka, gaya yang diperoleh pada satu sisi:

$$F = \frac{\frac{W}{2}(L-2c) - N(b \cdot \cos \beta - r \cdot \cos(\alpha + \beta))}{b \cdot \cos \beta} \quad (11)$$

Pada saat mengangkat beban ke atas, tangan dalam keadaan diam sejenak, maka :

$$\sum F_y = 0 \quad (12)$$

Dengan menggabungkan 2 sisi, yaitu sisi kanan dan sisi kiri serta mencari gaya normal, yaitu:

$$2F + 2N - W = 0 \quad (13)$$

$$N = \frac{W}{2} - F \quad (14)$$

dengan pemisalan:

$b \cdot \cos \beta - r \cdot \cos(\alpha + \beta)$ adalah A

$\frac{W}{2}(L - 2c)$ adalah B

$b \cdot \cos \beta$ adalah C

$$F = \frac{B - \left(\frac{W}{2} - F \right) A}{C} \quad (15)$$

$$F = \frac{B - \frac{W}{2}A}{C - A} \quad (16)$$

Kemudian, Persamaan (16) disubstitusi ke dalam Persamaan (11)

$$F = \frac{\frac{W}{2}(L-2c) - \frac{W}{2}(b \cdot \cos \beta - r \cdot \cos(\alpha + \beta))}{b \cdot \cos \beta - b \cdot \cos \beta - r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \quad (17)$$

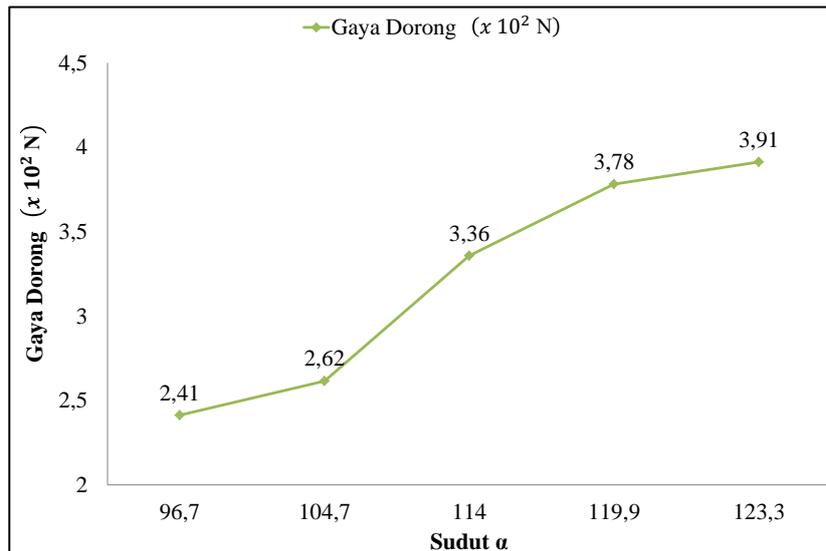
sehingga diperoleh:

$$F = \frac{\frac{W}{2}[L-2c - b \cdot \cos \beta + r \cdot \cos(\alpha + \beta)]}{-r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \quad (18)$$

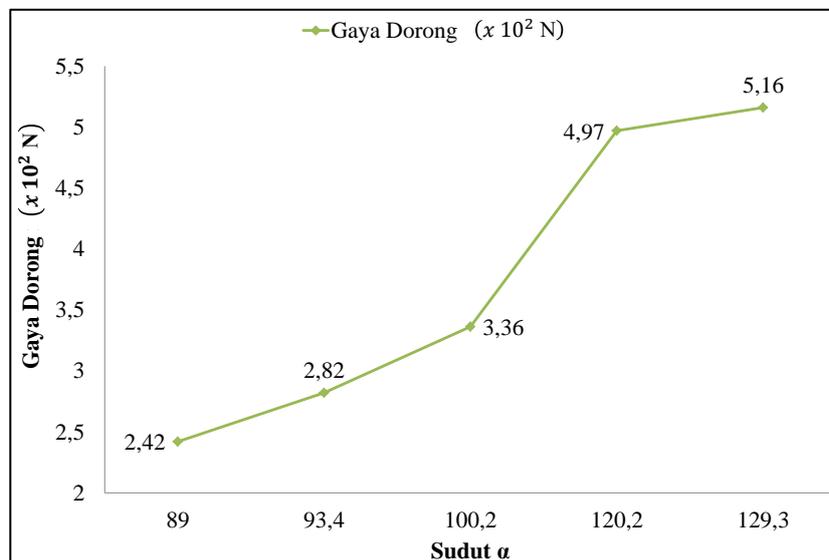
Persamaan (18) digunakan untuk menganalisis gaya pada gerakan *bench press*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan parameter-parameter yang telah diukur dalam menganalisis sudut efektif (sudut α) diperlukan gaya dorong *barbell* paling kecil untuk mengangkat beban ke atas dalam olahraga *bench press*; parameter yang dibutuhkan untuk mencari gaya dorong dalam menganalisis biomekanika adalah massa *barbell*, panjang lengan atas (r) dan panjang lengan bawah (b), jarak antar *barbell* di kiri dan di kanan (L), jarak *barbell* dengan *grip* (c) serta besar sudut yang diapit lengan bawah terhadap *barbell* (sudut β) dan sudut pada siku yang terbentuk oleh lengan atas dan lengan bawah (sudut α). Setelah melakukan analisis perhitungan gaya dorong yang menggunakan persamaan (18) didapatkan nilai gaya dorong *barbell* ke atas terhadap besar sudut α dengan massa *barbell* 40 kg yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai gaya dorong *barbell* ke atas terhadap besar sudut α dengan massa *barbell* 50 kg ditunjukkan pada Gambar 4.

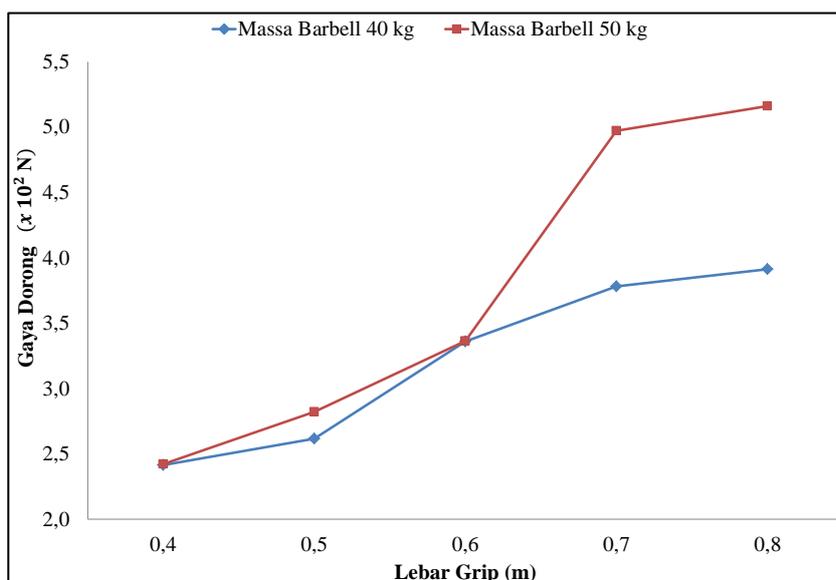


Gambar 3. Variasi sudut α terhadap gaya dorong dengan massa *barbell* 40 kg



Gambar 4. Variasi sudut α terhadap gaya dorong dengan massa *barbell* 50 kg

Gambar 3 merupakan grafik hubungan antara sudut α terhadap gaya dorong dengan masing-masing *grip*, yaitu 0,4 m; 0,5 m; 0,6 m; 0,7 m; dan 0,8 m pada massa *barbell* 40 kg. Sedangkan Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara sudut α terhadap gaya dorong dengan masing-masing *grip*, yaitu 0,4 m; 0,5 m; 0,6 m; 0,7 m; dan 0,8 m pada massa *barbell* 50 kg. Pada Gambar 3 dan Gambar 4, diperoleh kurva yang meningkat menunjukkan bahwa gaya dorong yang dibutuhkan untuk mengangkat beban semakin tinggi dengan semakin besarnya sudut α yang terbentuk karena semakin jauh jarak antar *grip*. Hal ini menunjukkan subjek memerlukan lebih banyak gaya dorong jika jarak *grip*-nya terlalu jauh.



Gambar 5. Perbandingan gaya dorong pada massa 40 kg dengan 50 kg

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan gaya dorong *barbell* diperoleh dari parameter-parameter yang diukur, kemudian disubstitusikan ke dalam Persamaan (18). Berdasarkan Gambar 5 tampak bahwa gaya dorong semakin besar jika jarak antar *grip* semakin jauh. Pada massa *barbell* 40 kg dan 50 kg tampak bahwa gaya dorongnya hampir sama pada *grip* 0,4 m; 0,5 m; dan 0,6 m, menunjukkan bahwa pada posisi tersebut, orang yang melakukan gerakan *bench press* memiliki kemampuan daya angkat yang hampir sama pada ketiga *grip* tersebut. Hal ini disebabkan subjek diduga merasa terbiasa mengangkat massa *barbell* 40 kg dan 50 kg. Sedangkan pada *grip* 0,7 m dan 0,8 m diperoleh gaya dorong yang cukup tinggi khususnya pada beban 50 kg, menunjukkan bahwa pada lebar *grip* tersebut tidak efektif untuk mengangkat beban karna membutuhkan daya angkat yang besar.

Dengan demikian sudut efektif diperoleh pada *grip* 0,4 m; 0,5 m; dan 0,6 m. Karena pada ketiga *grip* ini, orang yang melakukan gerakan *bench press* mampu mengangkat *barbell* dengan kemampuan daya angkat yang hampir sama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sudut Efektif pada Gerakan *Bench Press*

Massa	<i>Grip</i>	Gaya ($\times 10^2$ N)	Sudut α
40 kg	0,4 m	2,41	96,7°
	0,5 m	2,62	104,7°
	0,6 m	3,36	114°
50 kg	0,4 m	2,42	89°
	0,5 m	2,82	93,4°
	0,6 m	3,36	100,2°

KESIMPULAN

Dengan menganalisis gaya dorong untuk mengangkat *barbell* diperoleh sudut α , yaitu sudut yang diapit lengan atas dengan lengan bawah yaitu sekitar 89° – 114° dengan gaya dorong *barbell*, yaitu sekitar 2,41 x 10² N hingga 3,36 x 10² N pada *grip* 0,4 m; 0,5 m; dan 0,6 m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lebar jarak antar *grip*, maka semakin besar gaya dorong yang diperlukan. Semakin jauh jarak antar *grip* menyebabkan rentangan kedua tangan semakin

lebar sehingga sudut α yang diapit antara lengan atas dan lengan bawah akan semakin besar dan sudut β yang diapit antara lengan atas dengan batang *barbell* akan semakin kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Universitas Mulawarman, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan kepada pemilik Fitness Jones Samarinda yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Rahmat Fadhillah yang telah meluangkan waktu dan membantu selama proses pengambilan data dalam penelitian ini serta kepada Ibu Dr. Pratiwi Sri Wardani, M.Kes dan Ibu Devina Rayzy Perwitasari Sutaji Putri, S.Si., M.Sc selaku dosen penguji atas sarannya sebagai arahan kepada penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Kurniawati, H. Kuswanto, F. Kimianti, and W. Pamungkas, "Pengaruh Berat Beban pada Lengan terhadap Gaya Otot Bisep Sebagai Media Pembelajaran IPA Konsep Bioekanika," *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 9, no. 01, p. 16, 2019, doi: 10.13057/ijap.v9i01.25544.
- [2] P. M. Ferland and A. S. Comtois, "Classic powerlifting performance: A systematic review," *J. Strength Cond. Res.*, vol. 33, pp. S194–S201, 2019, doi: 10.1519/JSC.0000000000003099.
- [3] S. Larsen, O. Gomo, and R. van den Tillaar, "A Biomechanical Analysis of Wide, Medium, and Narrow Grip Width Effects on Kinematics, Horizontal Kinetics, and Muscle Activity on the Sticking Region in Recreationally Trained Males During 1-RM Bench Pressing," *Front. Sport. Act. Living*, vol. 2, no. January, 2021, doi: 10.3389/fspor.2020.637066.
- [4] J. Kompf and O. Arandjelović, "The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice," *Sport. Med.*, vol. 47, no. 4, pp. 631–640, 2017, doi: 10.1007/s40279-016-0615-9.
- [5] N. K. Sakti, "Pengaruh Latihan Machine Dan Free Weight Bench Press Terhadap Kekuatan Otot Lengan," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2014.
- [6] J. . Gabriel, *Fisika Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996.
- [7] A. R. E. S. Nasher, Y. E. Prawatya, and R. Rahmawati, "Pengukuran Postur Kerja Pada Penggunaan Alat Olahraga Angkat Beban Dengan Pendekatan Biomekanika Dan Fisiologi," *J. TIN Univ. Tanjungpura*, vol. 4, no. 2, pp. 239–249, 2020.
- [8] P. A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1998.
- [9] F. J. Bueche and E. Hecht, *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga, 2006.
- [10] Sutrisno, *Fisika Dasar : Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB, 1997.
- [11] B. M. E. Jati and T. K. Priyambodo, *Fisika Dasar Edisi 2 untuk Mahasiswa dan Ilmu-Ilmu Eksakta Teknik dan Kedokteran*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2013.