

## Teknik *Squat* dan *Stoop* Menggunakan *Electromyography* pada Pekerjaan *Manual Materials Handling*

I Wayan Surata<sup>1\*</sup>

**Abstract:** Manual materials handling has been identified as the most common cause of work-related musculoskeletal disorders. Among the manual material handling activities, lifting has long been regarded as an activity associated with a high risk of low-back pain. Lifting studies have mainly focused on the squat and stoop lifting techniques as an effort to improve the protection of workers from low back discomfort. However, neither is ideal and the benefits of one technique over another have proved inconclusive. The purpose of this study was to examine and compare the squat and stoop lifting techniques through analysis of muscles activation by using electromyography. Six volunteers participated in the study, and were required to lift a weight with squat and stoop techniques, with two types of loading at 1,7 kg and 6,7 kg. Observations were made on the rectus femoris, biceps femoris, and multifidus muscles. The results of study showed that the squat technique had higher levels of muscle activation compared to stoop technique on rectus femoris muscle. On the contrary, squat technique had lower muscle activation compared to stoop technique on biceps femoris muscle. Meanwhile, both techniques squat and stoop had the same level of muscle activation on multifidus muscle. Conclusion, squat and stoop lifting techniques had the same opportunities to use.

**Keywords:** Electromyography, squat, stoop, muscles activation, musculoskeletal.

### Pendahuluan

Penanganan bahan secara manual atau *manual materials handling* (MMH) mengacu pada pelaksanaan pekerjaan yang melibatkan manusia sebagai sumber tenaga. MMH terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, membawa dan memegang. Selama mengangkat bahan, seseorang memindahkan benda dari satu lokasi ke lokasi lainnya dengan melawan gravitasi. Ada tiga ketinggian dalam pekerjaan mengangkat dan menurunkan bahan yaitu dari lantai sampai ke lutut, lutut ke bahu, dari bahu ke jangkauan lainnya. Pekerjaan mengangkat melibatkan berat, bentuk, ukuran benda dan postur pekerja.

Postur adalah konfigurasi tubuh untuk memulai suatu aktivitas. Perbedaan bahan yang ditangani memerlukan postur tubuh yang berbeda pula. Benda dapat diangkat dengan tiga cara yaitu teknik *squat* (punggung lurus), teknik *stoop* (kaki lurus), dan *semi-squat* atau disebut juga *free style* yaitu kombinasi antara teknik *squat* dan teknik *stoop* (Ayoub and Mital [1], Osborne [17]). Untuk memprediksi gaya-gaya otot yang timbul akibat variasi cara mengangkat digunakan alat *Electromyography* (EMG).

EMG adalah teknik untuk mengevaluasi dan mencatat signal aktivasi otot. EMG mendeteksi potensial listrik yang dihasilkan oleh sel-sel otot ketika sel-sel tersebut sedang berkontraksi. EMG memegang peranan yang sangat penting dalam memahami fungsi otot. Analisis ergonomi sering menggunakan EMG ketika membandingkan tekanan otot skeletal yang berhubungan dengan berbagai macam sikap kerja, postur, *layout* tempat kerja, dan desain peralatan (Marras [14], Kumar and Mital [11]). Banyak penelitian di bidang ergonomi dan kesehatan kerja yang berkaitan dengan MMH, perancangan tempat kerja, biomekanik, dan pekerjaan yang sifatnya repetitif dianalisis menggunakan EMG (Gant *et al.* [5], Nou *et al.* [16], Kumashiro [12], Khoiri [9], Theado *et al.* [21]).

Mengangkat dan menurunkan benda telah lama dipandang sebagai kegiatan yang berkaitan dengan faktor risiko tinggi berkembangnya keluhan tulang belakang (Staker [19], Kingma *et al.* [10], O'Brien and O'Sullivan [18], Lee *et al.* [13], Mawston and Boocock [15]). Usaha untuk meminimumkan cedera tulang belakang dan mengurangi biaya kompensasi telah dilakukan dengan memberi instruksi cara mengangkat beban yang aman. Pencegahan risiko cedera dalam mengangkat beban menjadi sangat penting untuk menjaga kesehatan pekerja di industri. Para praktisi merekomendasikan bahwa teknik *squat* dianggap lebih aman dibandingkan teknik *stoop* (Kingma *et al.* [10], Bazrgari *et al.* [2]). Teknik *stoop* telah dihindari karena diyakini mengakibatkan resiko cedera yang lebih besar selama meng-

<sup>1\*</sup> Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana. Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia  
Email: waysurat@yahoo.com

\* Penulis korespondensi

angkat beban. Beberapa hasil penelitian mendukung hipotesis ini.

Bazrgari *et al.* [2] mengemukakan bahwa momen neto, gaya otot, dan gaya kompresi internal atau gaya geser lebih besar pada teknik *stoop* dibandingkan pada teknik *squat*. Jarak angkat berpengaruh pada sudut tulang belakang dan secara signifikan lebih rendah pada teknik *squat* dibandingkan teknik *stoop* ketika mengangkat benda yang berada 10-40 cm di depan kaki (Gill *et al.* [6]). Tekanan intradiskal pada lumbar lebih tinggi pada teknik *stoop* dibandingkan pada teknik *squat* (Grandjean [7]).

Sementara teknik *stoop* umum diketahui sebagai teknik mengangkat yang tidak benar dan selalu dihindari, akan tetapi beberapa hasil penelitian justru mendukung penggunaan teknik *stoop* (Straker [20], Wang *et al.* [22]). Banyak pekerja lebih suka teknik *stoop* karena lebih mudah dilakukan, konsumsi energi lebih rendah pada pekerjaan yang berulang, dan kesetimbangan lebih baik (Bazrgari *et al.* [2], Straker [20]). Denyut nadi kerja juga ditemukan lebih tinggi pada teknik *squat*, dibandingkan pada teknik *stoop*, sementara pada teknik *semi-squat* denyut nadi berada diantara *squat* dan *stoop* (Wang *et al.* [22], Straker [20]). Selain itu teknik *squat* tidak selalu dapat dilakukan karena masih tergantung pada posisi angkat dan ukuran benda yang diangkat. Kelihatannya masih kontroversi, karena tidak satupun dari kedua teknik ini memiliki bukti-bukti yang kuat yang menyatakan satu teknik lebih baik dari yang lainnya (Dieen *et al.* [4], Straker [20], O'Brien and O'Sullivan [18], Bazrgari *et al.* [2], Mawston and Boocock [15]).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dan membandingkan teknik *squat* dan teknik *stoop* dalam mengangkat beban melalui analisis tingkat aktivasi otot menggunakan alat *electromyography*.

## Metode Penelitian

### Subyek

Enam relawan laki-laki dengan umur antara 20-30 tahun berpartisipasi sebagai subjek pada penelitian ini. Semua subjek tidak pernah mengalami keluhan tulang belakang, atau kondisi patologi pada lutut. Teknik *squat* ditandai dengan posisi awal sudut lutut 45° dan punggung ke depan dengan sudut lebih kecil dari 30° (Wang *et al.* [22], Straker [19]). Pemegangan dilakukan dengan menekuk kaki, sementara punggung dijaga tetap lurus dan aksi pengangkatan utama terjadi sebagai hasil melurusnya lutut yang dikenal dengan mengangkat dengan kaki (*leg lift*) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Postur mengangkat dengan teknik *squat*



Gambar 2. Postur mengangkat dengan teknik *stoop*

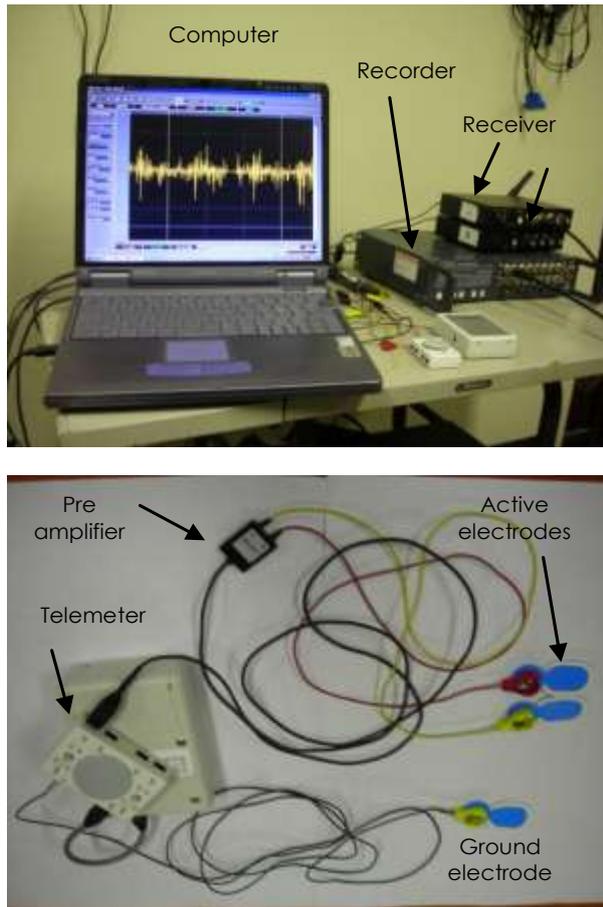
Teknik *stoop* dicirikan dengan posisi awal punggung membungkuk sekitar 90° dan sudut lutut lebih besar dari 35° (Wang *et al.* [22], Straker [19]). Lutut dijaga lurus, sementara pinggang dan lengan ke arah depan untuk memegang benda. Pengangkatan dilakukan dengan meluruskan daerah lumbar tulang belakang dan sendi pinggul, cara ini dikenal dengan mengangkat dengan pinggang (*back lift*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

### Instrumentasi

Pengukuran aktivasi otot menggunakan *Surface Electromyography* (SEMG) dengan sistem telemetri. Unit peralatan terdiri dari komputer, perekam, penerima, unit transmisi, amplifier, elektrode, dan kabel-kabel penghubung, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

### Prosedur Penelitian

Sebelum pemasangan elektrode, lokasi kulit tempat menempelnya elektrode digosok dengan amplas khusus kemudian dibersihkan dengan alkohol untuk mengurangi tahanan kulit agar terjadi kontak permukaan yang baik. Selanjutnya dilakukan pengambilan data *maximum voluntary contraction*



Gambar 3. Surface electromyography

(MVC) terhadap otot yang menjadi sasaran penelitian dalam hal ini adalah otot *multifidus*, otot *rectus*

*femoris*, dan otot *biceps femoris*. Ketiga jenis otot ini terpapar saat melakukan gerakan mengangkat beban baik dengan teknik *squat* maupun dengan teknik *stoop*. Subjek diinstruksikan memegang kotak pada pegangan yang ada pada kedua sisinya secara simetris. Kotak yang dipakai berdimensi 39 cm x 27 cm x 23 cm (panjang x lebar x tinggi). Kotak diletakkan 10 cm di depan ibu jari kaki, sehingga kotak tidak menyentuh kaki ketika diangkat. Subjek melaksanakan angkatan dengan teknik *squat* dan *stoop* dari lantai sampai setinggi lutut dalam waktu 5 detik. Percobaan dilakukan dengan dua variasi pembebanan yaitu beban dengan berat 1,7 kg yang merupakan berat kotak dalam keadaan kosong, dan beban dengan berat 6,7 kg, yaitu berat kotak ditambah berat piringan baja 5 kg. Sinyal EMG direkam dan diolah menggunakan fungsi *root mean square* (RMS). Setiap aktivasi otot dinormalisasikan terhadap hasil percobaan MVC-nya.

### Hasil dan Pembahasan

Data pengukuran tingkat aktivasi masing-masing otot target telah dinormalisasikan terhadap MVC-nya. Hasil pengukuran untuk beban angkat 1,7 kg disajikan dalam Tabel 1, dan untuk beban angkat 6,7 kg disajikan dalam Tabel 2.

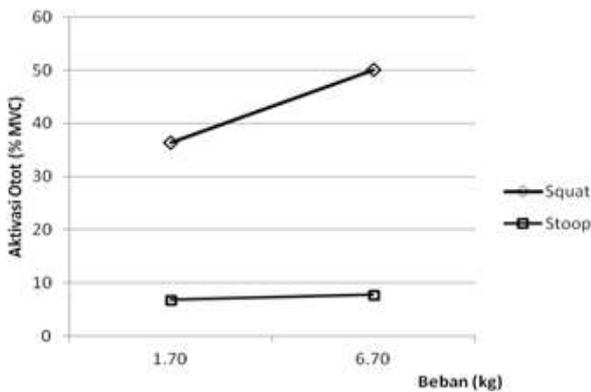
Mengangkat beban dengan teknik *squat* menghasilkan tingkat aktivasi otot lebih tinggi dibandingkan dengan teknik *stoop* pada otot *rectus femoris*, baik pada beban kategori ringan 1,7 kg (Tabel 1), maupun pada beban kategori sedang 6,7 kg (Tabel 2).

Tabel 1. Data tingkat aktivasi otot pada beban angkat 1,7 kg

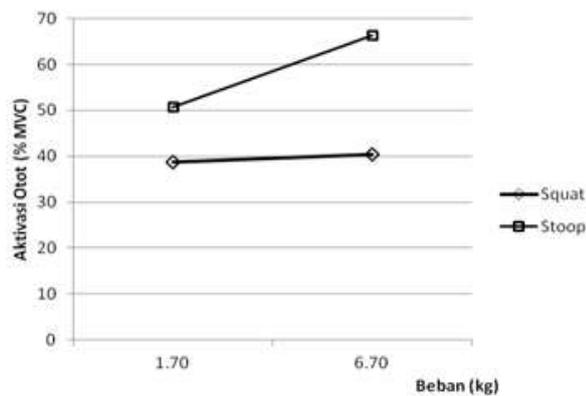
No	Teknik <i>squat</i> (% MVC)			Teknik <i>stoop</i> (% MVC)		
	Rectus femoris	Biceps femoris	Multifidus	Rectus femoris	Biceps femoris	Multifidus
1	51,00	22,00	60,00	5,00	50,00	80,00
2	49,00	30,00	75,00	8,00	58,00	60,00
3	41,00	38,00	64,00	7,00	52,00	65,00
4	21,00	23,00	56,00	5,00	44,00	55,00
5	24,00	47,00	55,00	8,00	46,00	58,00
6	32,00	72,00	56,00	8,00	55,00	59,00
Rerata	36,33	38,66	61,00	6,83	50,80	62,80
SD	12,67	18,86	7,64	1,47	5,30	9,02

Tabel 2. Data tingkat aktivasi otot pada beban angkat 6,7 kg

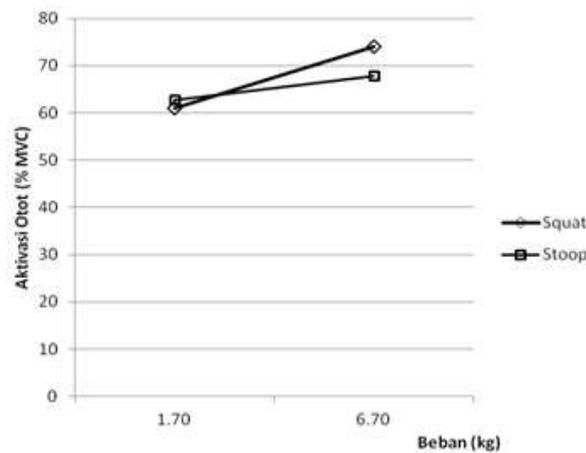
No	Teknik <i>squat</i> (%MVC)			Teknik <i>stoop</i> (%MVC)		
	Rectus femoris	Biceps femoris	Multifidus	Rectus femoris	Biceps femoris	Multifidus
1	70,00	33,00	72,00	12,00	70,00	80,00
2	52,00	42,00	75,00	2,80	68,00	64,00
3	60,00	18,00	77,00	4,20	70,00	62,00
4	42,00	55,00	78,00	8,00	80,00	84,00
5	43,00	70,00	74,00	4,50	60,00	61,00
6	34,00	25,00	68,00	11,00	50,00	56,00
Rerata	50,10	40,50	74,00	7,08	66,33	67,80
SD	13,21	19,41	3,63	3,83	10,23	11,35



Gambar 4. Aktivasi otot rectus femoris



Gambar 5. Aktivasi otot biceps femoris



Gambar 6. Aktivasi otot multifidus

Sebaliknya teknik *squat* menghasilkan tingkat aktivasi otot lebih rendah dibandingkan teknik *stoop* pada otot *biceps femoris*. Pada otot *multifidus* tidak ada perbedaan tingkat aktivasi otot secara bermakna antara teknik *squat* dan teknik *stoop*. Ketiga jenis otot yang diteliti memiliki kecenderungan yang sama, yaitu tingkat aktivasi otot meningkat dengan bertambahnya beban yang diangkat. Perbedaan teknik yang digunakan pada saat mengangkat beban, memberikan hasil aktivasi otot yang berbeda pula.

### Otot Rectus Femoris

Otot *rectus femoris* merupakan bagian dari kelompok otot *quadriceps*. Rerata tingkat aktivasi otot *rectus femoris* untuk beban angkat 1,7 kg dengan teknik *squat*  $36,33 \pm 12,67$ , dan dengan teknik *stoop*  $6,83 \pm 1,47$ , nilai ini berbeda bermakna. Untuk beban angkat 6,7 kg dengan teknik *squat*  $50,10 \pm 13,21$  dan dengan teknik *stoop*  $7,08 \pm 3,83$ , perbedaan ini bermakna. Secara grafik hubungan antara tingkat aktivasi otot *rectus femoris* terhadap beban yang diangkat ditunjukkan pada Gambar 4. Gradien peningkatan aktivasi otot pada teknik *squat* lebih besar dibandingkan pada teknik *stoop* yang cenderung datar, artinya penambahan beban yang kecil saja akan mengakibatkan aktivasi otot sangat tinggi pada teknik *squat*.

Teknik *squat* menghasilkan aktivasi otot sebesar 50% MVC, dan dengan teknik *stoop* menghasilkan 7% MVC pada otot *rectus femoris*, untuk beban angkat 6,7 kg. Tingkat aktivasi otot yang lebih tinggi akan menyebabkan otot lebih cepat mengalami kelelahan. Kelelahan otot dikaitkan dengan menurunnya kekuatan dan kapasitas kerja otot skeletal, dan berpotensi meningkatnya risiko cedera (Hassanlouei *et al.* [8]). Dengan demikian teknik *squat* akan mengakibatkan otot *rectus femoris* lebih cepat mengalami kelelahan dibandingkan teknik *stoop*. Straker [20] menyatakan bahwa teknik *squat* membebani lutut lebih besar dan lebih melelahkan dibandingkan teknik *stoop* pada otot *quadriceps*, dan oleh sebab itu teknik *stoop* lebih disukai.

### Otot Biceps Femoris

Otot *biceps femoris* merupakan bagian dari kelompok otot *hamstrings*. Tingkat aktivasi otot *biceps femoris* untuk beban angkat 1,7 kg dengan teknik *squat*  $38,66 \pm 18,86$ , dan dengan teknik *stoop*  $50,80 \pm 5,30$ , nilai ini berbeda tidak bermakna. Untuk beban angkat 6,7 kg dengan teknik *squat*  $40,50 \pm 19,41$  dan dengan teknik *stoop*  $66,33 \pm 10,23$ , nilai ini berbeda bermakna. Hubungan tingkat aktivasi otot *biceps femoris* dengan beban yang diangkat ditunjukkan pada Gambar 5. Gradien peningkatan pada teknik *stoop* lebih besar dibandingkan pada teknik *squat* yang cenderung datar, artinya penambahan beban sedikit saja, teknik *stoop* akan meningkatkan aktivasi otot yang lebih besar.

Teknik *squat* menghasilkan aktivasi otot sebesar 40% MVC, dan dengan teknik *stoop* menghasilkan 66% MVC pada otot *biceps femoris* untuk beban angkat 6,7 kg. Dari data ini teknik *stoop* akan menyebabkan otot *biceps femoris* lebih cepat mengalami kelelahan dibandingkan teknik *squat*. Straker [20] menyatakan teknik *stoop* mengakibatkan akti-

vasi otot *semitendinosis* dan *biceps femoris* lebih besar dibandingkan teknik *squat*, sehingga teknik *squat* lebih disukai.

### Otot Multifidus

Tingkat aktivasi otot *multifidus* untuk beban angkat 1,7 kg dengan teknik *squat*  $61 \pm 7,64$ , dan dengan teknik *stoop*  $62,80 \pm 9,20$ , perbedaan ini tidak bermakna. Untuk beban angkat 6,7 kg dengan *squat*  $74,00 \pm 3,63$  dan dengan *stoop*  $67,80 \pm 11,35$ , perbedaan ini juga tidak bermakna. Hubungan tingkat aktivasi otot *multifidus* dengan beban yang diangkat ditunjukkan pada Gambar 6. Gradien peningkatan pada teknik *squat* relatif lebih besar dibandingkan pada teknik *stoop*.

Kedua teknik mengangkat, baik *squat* maupun *stoop*, menghasilkan aktivasi otot yang sama pada otot *multifidus* (*lumbar region*), dengan kisaran 61% - 63% MVC untuk beban angkat 1,7 kg, dan meningkat menjadi 68% - 74% MVC untuk beban angkat 6,7kg. Delitto and Rose [3] melaporkan terjadi peningkatan aktivasi otot *erector spinae* (*lumbar region*) secara linear dengan bertambahnya beban ketika mengangkat dengan teknik *squat*. Analisis berdasarkan momen dan gaya yang bekerja pada tulang belakang diperoleh hasil yang sama untuk teknik *squat* dan *stoop* (Straker [20]). Akan tetapi menurut Dieen *et al.* [4] momen neto dan gaya kompresi lebih tinggi pada *squat*. Gaya geser pada lumbar jauh lebih rendah pada teknik *squat* (Dien *et al.* [4], Straker [20]).

Berdasarkan pembahasan dan kajian pustaka di atas, terlihat hasil yang kontradiksi antara penggunaan teknik *squat* dan teknik *stoop*. Pada penelitian ini teknik *squat* menghasilkan tingkat aktivasi otot lebih tinggi dibandingkan dengan teknik *stoop* pada otot *rectus femoris*, berarti penggunaan teknik *squat* harus dihindari karena otot lebih mudah mengalami kelelahan dan risiko cedera. Sebaliknya teknik *squat* menghasilkan tingkat aktivasi otot lebih rendah dibandingkan teknik *stoop* pada otot *biceps femoris*, yang berarti teknik *stoop* harus dihindari. Sementara itu pada otot *multifidus* tidak ada perbedaan aktivasi otot secara bermakna antara teknik *squat* dan teknik *stoop*, yang berarti memiliki peluang yang sama untuk digunakan. Kondisi ini memberi pemahaman bahwa ada kompromi antara teknik *squat* dan teknik *stoop*, karena tak ada yang tanpa risiko.

Bazrgari *et al.* [2] melaporkan gaya internal berupa gaya tekan dan gaya geser lebih besar pada *stoop* dibandingkan pada *squat*, sehingga dianjurkan menggunakan teknik *squat*. Beban tulang belakang bagian atas (*thoracic spine*) meningkat selama

mengangkat dengan teknik *squat*, dibandingkan dengan teknik *stoop*, sebaliknya beban tulang belakang bagian bawah (*lumbar spine*) berkurang selama *squat*; kondisi ini menandakan adanya kompromi antara mengangkat dengan teknik *squat* dan teknik *stoop* karena kedua-duanya memiliki risiko (Lee *et al.* [13]). Sebagai hasil kompromi Wang *et al.* [22] merekomendasikan untuk mengangkat beban berat disarankan menggunakan teknik *squat*, dan untuk beban ringan menggunakan teknik *stoop*.

### Simpulan

Teknik *squat* dan teknik *stoop* memiliki peluang yang sama untuk digunakan dalam megangkat beban, terutama beban ringan sampai dengan beban sedang. Untuk mengangkat beban yang berat disarankan menggunakan teknik *squat*.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas dukungan finansialnya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Professor Masaharu Kumashiro, Ketua Department of Ergonomics, Institute of Industrial Ecological Sciences, UOEH Japan, atas bimbingannya.

### Daftar Pustaka

1. Ayoub, M. M., and Mital, A., *Manual Materials Handling*, Taylor & Francis Publishers, London, 1989.
2. Bazrgari, B., Shirazi-Adl, A., and Arjmand, N., Analysis of Squat and Stoop Dynamic Lifting: Muscle Forces and Internal Spinal Loads, *Journal of Eur Spine*, 16, 2007, pp. 687-699.
3. Delitto, R. S., and Rose, S. J., An Electromyographic Analysis of Two Techniques for Squat Lifting and Lowering, *Journal of Physical Therapy*, 72, 1992, pp. 438-448.
4. Dieen, J. H. V., Hoozemans, M. J. M. V., and Toussaint, H. M. V., A Review of Biomechanical Studies on Stoop and Squat Lifting, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44, 2000, pp. 643-646.
5. Gant, L., Fethke, N., and Gerr, F., Spectral Analysis of Root-Mean-Square Processed Surface Electromyography Data as a Measure of Repetitive Muscular Exertion, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56, 2012, pp.1140-1144.
6. Gill, K. P., Bennett, S. J., Savelsbergh, G. J. P., and van Dieen, J. H., Regional Changes in Spine Posture at Lift Outset with Changes in Lift Distance and Lift Style, *Journal of Eur Spine*, 32, 2007, pp. 1599-1604.

7. Grandjean, E., *Fitting the Task to the Man*, Taylor & Francis Publishers, London, 2000.
8. Hassanlouei, H., Nielsen, L. A., Kersting, U. G., Falla, D., Effect of Exercise-Induced Fatigue on Postural Control of the Knee, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 2012, pp. 342-347.
9. Khoiri, M., Tinjauan Aplikasi Elektromiografi dalam Ergonomi. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 2008, pp. 217-223.
10. Kingma, I., Boch, T., Bruins, L., and van Dieen, J. H., Foot Positioning Instruction, Initial Vertical Load Position and Lifting Technique: Effects on Low Back Loading, *Journal of Ergonomics*, 47, 2004, pp. 1365-1385.
11. Kumar, S., and Mital, A., *Electromyography in Ergonomics*, Taylor & Francis Publisher, London, 1996.
12. Kumashiro, M., *Evaluation of Human Work: Practical Measurement of Psychophysiological Functions for Determining Workloads*, Taylor & Francis Publishers, London, 2005, pp. 605-627.
13. Lee, P. J., Lee, E. L., and Hayes, W. C., Biomechanical Trade-Offs in Manual Material Handling: Some Tasks Reduce Lumbar Loading but Increase Thoracic Loading, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56, 2012, pp.1192-1195.
14. Marras, W., *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives*, U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1992.
15. Mawston, G. A., and Boocock, M. G., The Effect of Lumbar Posture on Spinal Loading and the Function of the Erector Spinae: Implications for Exercise and Vocational Rehabilitation, *Journal of Physiotherapy*, 40(3), 2012, pp. 135-140.
16. Nou, D., Miller, B. J., and Fathallah, F. A., Low Back Muscle Fatigue Measurements of Cyclic and Prolonged Stooped Work, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56, 2012, pp.1996-1200.
17. Osborne, D. J., *Ergonomics at Work*, John Wiley & Sons, 1988.
18. O'Brien, A., and O'Sullivan, L., A Biomechanical, Physiological and Psychophysical Study of the Squat, Stoop, and Semi-squat Lifting Techniques, *Proceedings of the Irish Ergonomics Society Annual Conference*, 2005, pp. 24-31.
19. Straker, L., Evidence to Support Using Squat, Semi-squat and Stoop Techniques to Lift Low-lying Objects, *Journal of Industrial Ergonomics*, 31, 2003a, pp. 149-160.
20. Straker, L. M., A Review of Research on Techniques for Lifting Low-lying Objects: 2. Evidence for a Correct Technique, *IOS Press*, 20, 2003b, pp. 83-96.
21. Theado, E. W., Knapik, G. G., Marras, W. S., Modification of an EMG-Assisted Biomechanical Model for Pushing and Pulling, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(11-12), 2007, pp. 825-831.
22. Wang, Z., Wu, L., Sun, J., He, L., Wang, S., and Yang, L., Squat, Stop, or Semi-Squat: A Comparative Experiment on Lifting Technique, *Journal of Huazhong University of Sciences and Technology*, 32(4), 2012, pp. 630-636.