

DESAIN VIRTUAL ALAT BANTU PELINDUNG DIRI SEDERHANA “SPIDER GLOVES” DENGAN PENDEKATAN BIOMIMIKRI

Novie Susanto¹, Yachobus Brahmandyo², M. Sidiq Saifuddin Prasetyo³, Try Nofri⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Semarang 50239

Telp. (024) 7460052

E-mail: ¹nophie.susanto@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat bantu keselamatan kerja berbentuk sarung tangan dan mengimplementasikan prinsip kerja alat gerak laba – laba ke dalam alat bantu pekerja proyek dan merekomendasikan material – material yang ringan, kuat, dan lentur sehingga dapat digunakan secara aman. Perancangan ini merupakan tahap awal yang berupa desain virtual disertai kalkulasi beban yang dapat ditahan. Sarung tangan ini mengadopsi metode biomimikri dengan mengadaptasi gerak laba-laba yang dapat menempel dan bergerak di dinding. Dengan data-data seperti antropometri, jenis dan kekuatan bahan, serta jenis pondasi bangunan, maka perancangan sarung tangan yang berkekuatan seperti alat gerak laba-laba dapat dilakukan. Alat Spider Glove dibuat dengan memadukan bahan kain untuk lapisan utama pelindung tangan, ditambah penggunaan magnet sehingga sarung tangan dapat menempel pada bangunan yang umumnya berangka logam. Didapatkan sarung tangan dengan kekuatan beban maksimum 92,66 kg dengan desain magnet berbentuk bongkahan besar di bagian telapak tangan. Ukuran alat mengikuti data antropometri tangan manusia Indonesia dan bahan dasar alat yaitu kain yang umum dipakai untuk membuat sarung tangan ditambah beberapa logam

Kata Kunci: APD; biomimikri; laba-laba; magnet; sarung tangan

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini kota – kota hampir di tiap provinsi mengalami pembangunan yang pesat. Setiap harinya, di kota – kota besar dapat ditemui pembangunan gedung baru yang berlangsung. Dalam pembangunan gedung baru, pastilah membutuhkan tenaga manusia dalam membangunnya meskipun pada masa kini alat – alat berat sudah banyak digunakan. Tetapi sangat disayangkan, pembangunan gedung – gedung ini masih dilakukan tanpa prosedur keselamatan yang tergolong minim. Rendahnya kesadaran pekerja dalam mengaplikasikan Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta minimnya kesadaran dalam menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat adalah salah satu alasan mengapa kecelakaan kerja masih menjadi masalah yang tak kunjung usai. Berdasarkan data Jamsostek (2013), kecelakaan kerja selama 2013 telah menelan korban sebanyak 192.911 orang.

Pada pekerja proyek pembangunan secara khusus, kesehatan dan keselamatan kerja menjadi hal yang harus dijunjung tinggi dikarenakan kontak manusia – alat yang begitu tinggi sehingga kesehatan dan keselamatan kerja tidak dilaksanakan dengan baik, tidaknya hanya luka ringan yang diderita oleh pekerja, melainkan bisa meregang nyawa. Selain Alat Pelindung Diri, alat – alat inovatif juga diperlukan untuk memudahkan pekerja dalam melakukan pekerjaan dan menjamin keselamatan. Seiring dengan maraknya kasus pekerja yang terjatuh, maka diperlukan suatu alat yang mampu menjaga agar pengguna dapat menempelkan tangannya secara reflek ketika hendak terjatuh. Beberapa desain alat bantu untuk pencegahan kecelakaan terjatuh dengan sistem konvensional seperti sistem pembongkaran, sistem jaring pengaman dan sistem penangkapan jatuhnya pribadi (*personal fall arrest systems/PFAS*) (sistem penangkapan, sistem penentuan posisi dan sistem pengekangan perjalanan) serta melalui praktik dan pelatihan kerja yang aman. Penggunaan garis peringatan (*warning lines*), wilayah yang ditunjuk (*designated area*), zona kontrol dan sistem serupa diizinkan oleh OSHA standar 1926 dalam beberapa situasi dan dapat memberikan perlindungan dengan membatasi jumlah pekerja yang terpapar dan menerapkan metode dan prosedur kerja yang aman. Ada tiga komponen utama (port penyimpanan / konektor jangkar, pakaian dan perangkat penghubung) dari PFAS yang harus ada dan digunakan dengan benar untuk memberikan perlindungan pekerja maksimal. Komponen tersebut tidak digunakan secara individual namun saling melengkapi (Bickerst, 2009)

Selain itu, untuk memudahkan operasi kerja yang melibatkan ketinggian tertentu, diperlukan alat praktis selain lift yang dapat digunakan secara pribadi oleh pekerja (*self – use tool*) dengan praktis dan mudah. Selain itu, operasi kerja yang menuntut kondisi dan ketinggian tertentu bisa diibaratkan sebagai

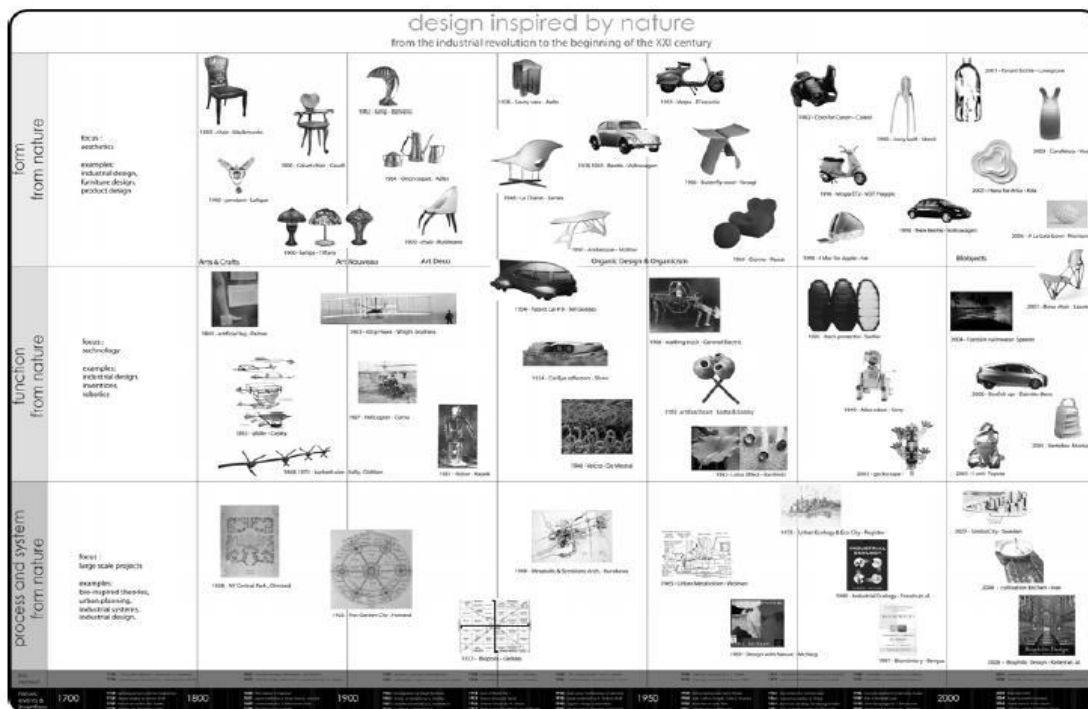
habitat dari seekor laba – laba, dimana hidup makhluk ini merayap dari satu dinding ke dinding lain tanpa jatuh. Prinsip kerja alat bergerak laba – laba ini dapat ditiru dalam menciptakan alat yang inovatif dan berguna bagi pekerja proyek. Salah satu prinsip kerja alat gerak laba – laba yang dapat ditiru adalah kemampuan alat gerak laba-laba dalam menempel di dinding. Tantangan yang harus dihadapi adalah bagaimana cara megimplementasikan prinsip kerja tersebut ke dalam alat penunjang bagi pekerja proyek dan mentransformasikan bentuk alat gerak yang kecil ke dalam bentuk yang sesuai dengan kebutuhan manusia. Penelitian di bidang biomimikri bukanlah hal yang baru. Sudah banyak penerapan biomimikri yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari manusia seperti Velcro, pendingin pasif, selotip tokek, turbin air bertenaga paus, efek hidrofobik daun teratai, plastic *self-healing*, prinsip aliran emas (Zary, 2007), Scooter elektrik (Mul, 2009) desain industrial (Primer, 2001; Montana Hoyos, 2013; Vashist, 2011). Biomimikri juga diimplementasikan untuk desain interior (Anous, 2015), desain stadion Beijing berdasarkan pada prinsip sarang burung (Rogers dkk, 2008), konsep optimisasi (Liu dan Passino, 2002). Sementara di bidang konstruksi, biomimikri telah dipelajari oleh Mead (2008) dan Turner dan Soar (2008) sebagai dasar desain projek konstruksi dan infrastruktur dan arsitektur (Rao, 2014).

Perancangan alat bantu gerak berdasarkan prinsip alat gerak laba-laba hanya merupakan salah satu penerapan baru di bidang K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja). Dengan data-data seperti antropometri, jenis dan kekuatan bahan, serta jenis pondasi bangunan, maka perancangan sapu tangan yang berkekuatan seperti alat gerak laba-laba dapat dilakukan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan prinsip kerja alat gerak laba – laba ke dalam alat bantu pekerja proyek dan merekomendasikan material – material yang ringan, kuat, dan lentur sehingga dapat digunakan secara aman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a) Biomimikri

Biomimikri adalah ilmu yang menempatkan obyek alam (khususnya makhluk hidup) sebagai model perancangan dan proses, menirunya dan daplikasikan pada teknologi modern (Benyus, 2006; Zary, 2007; Nesta, 2012)). Sebenarnya ilmu ini secara alami sudah ada dalam benak para ilmuwan jaman dulu sebut saja Wright bersaudara penemu pesawat terbang yang diilhami oleh kemampuan burung untuk terbang. Lebih jauh lagi manusia yang hidup pada generasi pertamapun tentu dia banyak belajar dari alam sebagai acuan pengembangan diri. Namun secara formal istilah biomimikri pertama kali dikemukakan oleh Janine M. Benyus, seorang penulis dan pengamat ilmiah dari Amerika yang kemudian mendirikan *Biomimicry Institute*.



Gambar 1. Historic Chart of Bio-inspired design

Konsep tentang alam (9 prinsip kehidupan alam) dan biomimikri menjelaskan bahwa (McGregor, 2013):

- Alam sebagai model: Biomimikri mempelajari model alam paling cocok untuk dijadikan inspirasi untuk memecahkan permasalahan keberlangsungan manusia.
- Alam sebagai standard: Biomimikri menggunakan standar ekologi untuk menentukan kesesuaian inovasi menurut prinsip kehidupan alam.
- Alam sebagai mentor: Akhirnya, hubungan dengan alam mampu berubah oleh Biomimikri, dari melihat alam sebagai sumber bahan mentah, menjadi sumber ide untuk pemecahan masalah, sebuah mentor yang mempunyai kebijaksanaan dan pengetahuan untuk hidup dan bertahan secara berkelanjutan.

b) Sarung Tangan

Sarung tangan adalah sejenis pakaian yang menutupi tangan, baik secara sebagian ataupun secara keseluruhan. Ada beberapa jenis bahan sarung tangan yaitu termis, mekanis, kimia dan pelindung infeksi. Selain itu sarung tangan juga dipakai sebagai hiasan atau untuk alasan mode. Sarung tangan biasa berjumlah sepasang. Sarung tangan berguna sebagai alat pelindung tangan ketika bekerja di tempat atau kondisi yang bisa mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di sesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.

Beberapa jenis sarung tangan dapat dibedakan berdasarkan fungsinya, seperti berikut ini:

1. *Leather Gloves*: fungsinya untuk perlindungan tangan dari permukaan kasar.
2. *Vinyl dan Neoprene Gloves*: fungsinya untuk melindungi tangan dari bahan-bahan kimia yang beracun dan berbahaya.
3. *Rubber Gloves*: berfungsi untuk melindungi tangan saat bekerja / berhadapan dengan listrik.
4. *Added Cloth Gloves*: berfungsi untuk melindungi tangan dari segi yang tajam, bergelombang atau kotor.
5. *Heat Resistant Gloves*: berfungsi untuk melindungi tangan dari panas maupun api.
6. *Latex Disposable Gloves*: berfungsi untuk melindungi tangan dari serangan bakteri dan kuman.
7. *Metal Mesh Gloves*: berfungsi untuk melindungi tangan dari benda-benda tajam juga mencegah tangan terpotong akibat benda tajam

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan studi lapangan untuk meneliti kondisi kerja proyek pembangunan, khususnya seberapa tinggi gedung / bangunan yang dibangun. Hal ini dilakukan agar alat yang nantinya dirancang benar – benar mampu merepresentasikan kebutuhan dari pekerja itu sendiri. Studi Pustaka dilakukan untuk mengetahui dasar – dasar teori yang digunakan dalam pemecahan masalah penelitian. Metode biomimikri digunakan karena peneliti ingin merancang alat gerak yang merepresentasikan alat gerak dari laba – laba. Selain itu, penelitian lebih lanjut tentang mekanisme alat gerak laba – laba juga diperlukan agar alat yang dirancang nantinya mampu bekerja mendekati atau memiliki performa yang sebaik alat gerak milik laba – laba.

Data – data yang dikumpulkan terkait penelitian ini antara lain data antropometri interpolasi British – Hongkong, data kebutuhan material, daftar harga material, dan sifat serta performa material. Setelah mengumpulkan semua data, maka diperlukan perancangan desain untuk mengetahui secara rekayasa (*engineering*) barang yang dibuat. Studi mekanisme dilakukan untuk mentransformasikan dan mengimplementasikan prinsip kerja alat gerak pada laba – laba ke rancangan alat gerak yang dibuat. Sementara aspek pengembangan design meliputi aspek estetis, keselarasan dimensi komponen, dan lain – lain.

Kecocokan desain akhir merupakan tahap untuk menguji apakah alat yang dirancang mampu bekerja layaknya alat gerak pada laba – laba itu sendiri. Selain itu kecocokan desain akhir juga dilakukan untuk menganalisis apakah alat tersebut secara dimensi dapat digunakan dengan nyaman dan aman

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Data Antropometri Tangan Populasi Indonesia

Pada desain alat spider – glove ini, peneliti menggunakan dimensi antropometri tangan populasi Indonesia (Nurmianto, 1991). Dari data antropometri tersebut, dimensi – dimensi tubuh (tangan) yang terpakai dalam perancangan *Spider – Glove* ini dapat dilihat pada Tabel 1.

b) Perancangan Produk

Sarung tangan yang merupakan salah satu komponen utama spider – glove menggunakan bahan silicon. Silicon dipilih karena sifatnya yang elastic dan kuat serta ringan. Gambar 2 di bawah ini merupakan part sarung tangan.

Magnet yang digunakan sebagai komponen utama dari spider – glove adalah magnet N52. Huruf ‘N’ disini merujuk pada Neodymium, salah satu unsur logam pembentuk magnet seri N itu sendiri. Magnet N sering disebut juga dengan sebutan magnet NdFeB atau magnet NIB karena tersusun dari unsur Neodymium (Nd), Iron (Fe), dan Boron (B). Magnet seri N sendiri merupakan penemuan terbaru dan merupakan magnet yang dapat digunakan untuk kegiatan sehari – hari.

Dalam magnet seri N sendiri, terdapat beberapa macam tipe. Magnet seri N terdiri dari N35, N38, sampai yang paling kuat adalah seri N52. Nomor dibelakang huruf ‘N’ menandakan kekuatan dari magnet itu sendiri. semakin banyak jumlahnya (tertinggi 52) maka semakin kuat magnetnya. Kekuatan yang dihasilkan oleh magnet Neodymium adalah sebesar 10 kali lipat dibandingkan dengan magnet keramik. Spesifikasi magnet yang digunakan untuk spider – glove sendiri adalah magnet N52 dengan diameter 110 mm, ketebalan 20 mm, dan jarak optimal magnet 10 mm.

Tabel 1. Dimensi Tangan Terpakai

No	Dimensi	Ukuran	Persentil	gender
1	Panjang Tangan	189	95	Pria
2	Panjang Telapak Tangan	108	95	Pria
3	Panjang Ibu Jari	48	95	Wanita
4	Panjang Jari Telunjuk	70	95	Wanita
5	Panjang jari Tengah	79	95	Wanita
6	Panjang Jari Manis	69	95	Wanita
7	Panjang Jari Kelingking	51	95	Wanita
8	Lebar Ibu Jari	20	95	Wanita
9	Tebal Ibu Jari	19	95	Wanita
10	Lebar Jari Telunjuk	19	95	Wanita
11	Tebal Jari Telunjuk	18	95	Wanita
12	Lebar Telapak Tangan	88	95	Pria
13	Lebar Telapak Tangan (Ibu Jari)	108	95	Pria
14	Tebal Telapak Tangan	31	50	Pria
15	Tebal Telapak Tangan (Ibu Jari)	47	95	Wanita



Gambar 2. part sarung tangan

Magnet holder adalah alat untuk menggenggam magnet sehingga bisa digunakan di sarung tangan. Material penyusunnya yaitu kain pada bagian penghubung dengan sarung tangan, dan plastic fiber sebagai wadah magnet. Magnet resistor adalah komponen dari spider – glove yang berfungsi untuk menutup magnet sehingga tidak terjadi gaya tarik. Magnet resistor terbuat dari fiber.

c) Perakitan

Kemudian dari seluruh bagian *Spider Glove* yang ada, dapat disatukan menjadi sebuah alat utuh dengan tampilan hasil *assembly* sebagai berikut.



Gambar 3. Perakitan rancangan

Kegunaan dari *Spider Glove* ini seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya adalah untuk menunjang keselamatan pekerja bangunan dimana memudahkan pekerja untuk memanjat rangka – rangka bangunan yang terbuat dari baja. Untuk prinsip kerjanya sangat mudah, dimana dengan hanya menekan tuas resistor ke bawah, maka resistor akan terangkat dan alat ini akan menempel pada logam.

Sementara untuk memutus gaya tarik magnet, pengguna hanya perlu melepas tuas resistor dan resistor akan menutup magnet dan gaya tarik akan terhalang oleh resistor yang terbuat dari bahan non logam.

d) Dimensi Rancangan Magnet

Dengan menggunakan kalkulator perhitungan magnet melalui situs www.kjmagnetics.com, data – data yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah seperti yang terlampir pada Gambar 4 di bawah ini.

Grade:	N52
Diameter:	110 mm
Thickness:	20 mm
Distance:	10 mm
<input type="button" value="Calculate"/>	

Gambar 4. Screenshot Dimensi Rancangan Pertama

Grade magnet yang digunakan adalah Magnet Neodymium seri 52, yaitu seri magnet tertinggi. Diameter magnet adalah 110 mm, dengan ketebalan 20 mm, dan jarak optimal 10 mm. Dari hasil perhitungan dengan kalkulator magnet di atas, didapatkan tiga kasus yang mungkin terjadi pada kerja magnet. Gambar 5 di bawah ini adalah untuk kasus pertama. Pada kasus pertama seperti di Gambar 5, diskenariokan bila salah satu magnet bersinggungan dengan logam, maka gaya tarik (*pull force*) maksimum dari magnet tersebut adalah 204,3 lb atau setara dengan 92,66 kilogram.

Sementara pada kasus kedua seperti Gambar 6 terjadi bila magnet berada pada 2 logam. Untuk hal ini, magnet yang berada pada sisi luar (bersinggungan dengan udara), masih dapat memberikan gaya tarik sebesar 179,3 lb atau setara dengan 81,33 kilogram.

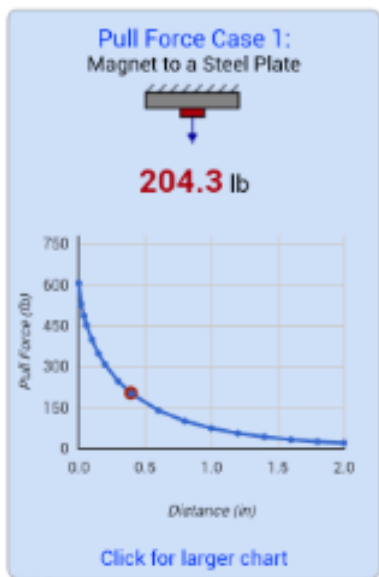
Dan pada kasus ketiga Gambar 7, hasil yang diberikan adalah hasil terbesar karena magnet secara utuh tidak mengalami kontak dengan logam, sehingga gaya tarik magnet seutuhnya bergerak bebas. Dengan kondisi ini, gaya tarik dapat mencapai angka 303,5 lb atau setara dengan 137,66 kilogram.

e) Rancangan Alternatif Magnet

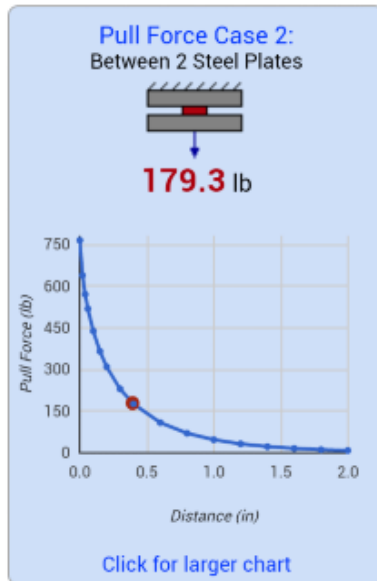
Setidaknya ada rancangan alternative dari *Spider Glove* yang oeneliti kembangkan. Untuk menjawab keraguan fleksibilitas rancangan pertama, peneliti membuat rancangan kedua dimana pada rancangan ini lebih memperhatikan aspek fleksibilitas. Berikut ini terdapat Gambar 8, adalah rancangan

alternatif dari *Spider Glove* dimana akan digunakan 25 buah magnet yang tersebar (1 di setiap ruas jari, dan 11 di telapak tangan). Sementara Gambar 9 berikut ini adalah dimensi rancangan alternatif dari *Spider Glove*.

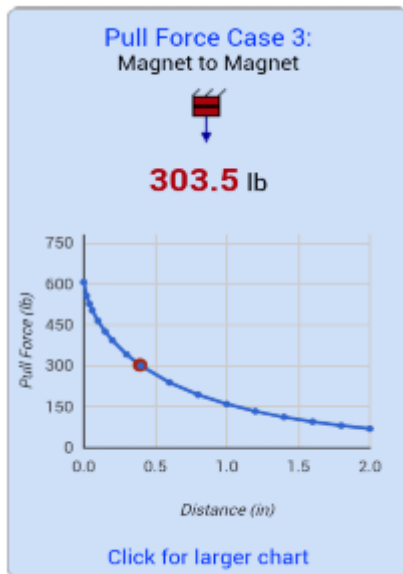
Rancangan kedua menggunakan magnet dengan jenis yang sama seperti sebelumnya, yaitu magnet jenis N52 yang memiliki daya tarik paling kuat. Dengan diameter 20 mm, ketebalan 20 mm, dan jarak optimal gaya tarik sebesar 10 mm. Dari hasil perhitungan melalui kalkulator lewat situs kjmagnetics.com, didapat 3 hasil yang berbeda untuk masing – masing kasus penarikan seperti yang diperlihatkan Gambar 10. Hasil pertama, gaya tarik antara magnet dengan plat logam menghasilkan angka 2,16 lb per satu magnet. Dengan jumlah 25 buah magnet, maka hasil gaya pengangkatannya adalah sebesar 54 lb atau 24,49 kg. dimana hasil ini masih jauh dibawah kemampuan magnet dengan diameter 110 mm yang memiliki kekuatan 204,3 lb (92,66 kg).



Gambar 5. Pull Force Case 1 Rancangan Pertama



Gambar 6. Pull Force Case 2 Rancangan Pertama



Gambar 7. Pull Force Case 3 Rancangan Pertama



Gambar 8. Rancangan Kedua Spider – Glove

Grade:

Diameter: mm

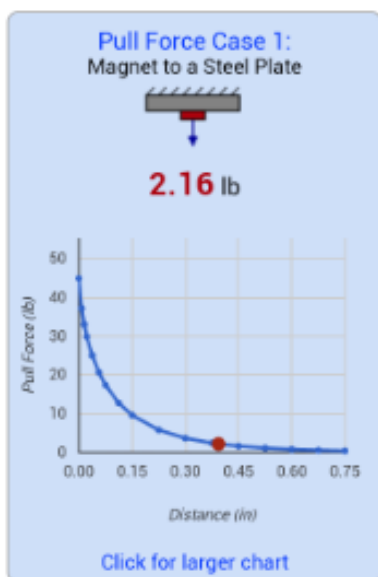
Thickness: mm

Distance: mm

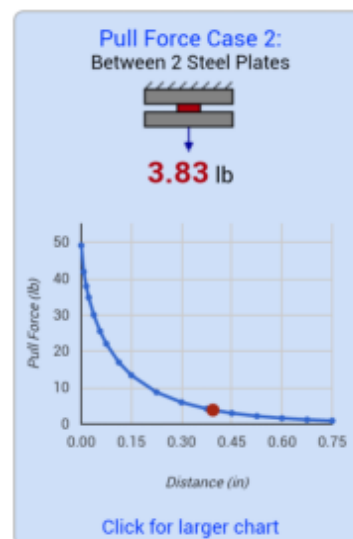
Gambar 9. Screenshot Dimensi Rancangan Kedua

Sementara pada hasil kedua (Gambar 11), dimana kasusnya adalah jika magnet menempel pada dua buah plat logam, hasil yang diberikan adalah sebesar 3,83 lb per satu magnet. Jika terdapat 25 buah magnet dengan kekuatan yang sama, maka hasilnya adalah sebesar 95,75 lb atau 43,43 kg. hasil ini juga masih menghasilkan kekuatan yang kurang dibandingkan dengan magnet berdiameter 110 mm yang sebesar 179,3 lb (84,33 kg).

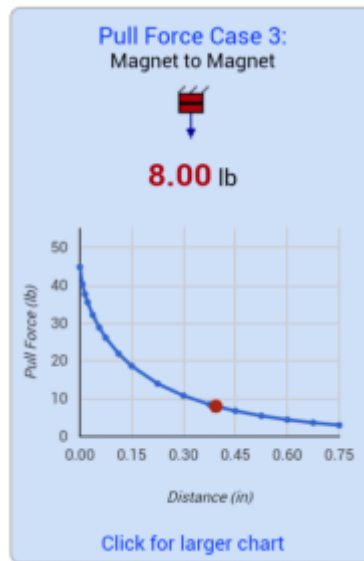
Hasil ketiga (Gambar 12) adalah untuk hubungan antara dua magnet, dimana hasilnya adalah 8 lb per satu magnet. Jika terdapat 25 buah magnet dengan kekuatan yang sama, maka hasilnya adalah 200 lb (90,72 kg) dimana hasil ini masih jauh dibawah magnet berdiameter 110 mm dengan kekuatan 303,5 lb.



Gambar 10. Pull Force Case 1 Rancangan Kedua



Gambar 11. Pull Force Case 2 Rancangan Kedua



Gambar 12. Pull Force Case 3 Rancangan Kedua

f) Kekuatan Magnet

Dari hasil perhitungan data, didapatkan 2 jenis alternatif sarung tangan yang berbeda desainnya dari dilihat dari ukuran magnetnya, yaitu:

1. *Spider Glove* dengan bongkahan magnet di bagian telapak tangan.
2. *Spider Glove* dengan magnet kecil yang disebar di seluruh permukaan telapak.

Perbandingan kekuatan dari kedua jenis desain sarung tangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Alternatif Desain

Alternatif Desain	Magnet		
	Ukuran dalam mm (diameter, ketebalan, jarak)	Posisi	Kekuatan (kg)
Bongkahan Magnet	(110, 20, 10)	bersinggungan 1 logam	92,66
		bersinggungan 2 logam	81,33
		tidak bersinggungan	137,66
Magnet Kecil Tersebar	(20, 20, 10)	bersinggungan 1 logam	24,49
		bersinggungan 2 logam	43,43
		tidak bersinggungan	90,72

Dari tabel 2 dapat diputuskan bahwa untuk desain *Spider Glove* akan digunakan alternatif desain pertama dimana ukuran magnetnya berupa sebuah bongkahan besar di telapak tangan karena kekuatan magnet bisa lebih besar dan mampu menahan beban tubuh manusia pada umumnya. Berbeda dengan alternatif desain *Spider Glove* yang kedua dimana kekuatan magnetnya tidak mampu menahan beban tubuh manusia pada umumnya. Berdasarkan uji kekuatan magnet, dari ketiga kasus didapat hasil bahwa kekuatan magnet ada di kisaran 80kg – 150kg. Dari ketiga kasus yang ada maka:

1. Pada kasus 1 magnet hanya akan bersinggungan dengan sebuah logam pada salah satu sisinya, yang memiliki kekuatan tarik beban maksimum terbaik kedua (92,66kg). Dapat diterapkan apabila ingin membuat sarung tangan dengan logam sebagai sisi luarnya.
2. Pada kasus 2 magnet akan berada pada posisi diapit dua buah logam dengan kekuatan magnet maksimum terendah yaitu 84,33kg. Dapat diterapkan bila menciptakan sarung tangan dengan logam sebagai bahan dalam dan luarnya,
3. Pada kasus 3 magnet tidak bersinggungan samasekali dengan logam secara langsung dengan kekuatan maksimum terbaik yaitu 137,66kg. Dapat dilakukan dengan tidak memakai logam sebagai bahan utama sarung tangan.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis di atas, maka dapat diambil beberapa opsi yang bisa dipilih untuk membuat *Spider Glove* sebagaimana pada Tabel 3.

Tabel 3. Pilihan Sarung Tangan

POSISI MAGNET	KEKUATAN MAX	PENGAPLIKASIAN DESAIN	BERAT SARUNG TANGAN
Bersinggungan satu logam	92,66 kg	Sarung tangan berbahan kain tanpa tambahan logam	sedang
Di antara 2 logam	84,33 kg	Memakai tambahan logam pada alat	sangat berat
Tidak bersinggungan logam	137,66 kg	Tidak mungkin diterapkan	Tidak mungkin diterapkan

Berdasarkan situasi dan hasil analisis, dapat diketahui bahwa lebih baik *Spider Glove* dibuat dengan menerapkan kasus 1, yang posisinya bersinggungan 1 logam. Ini diterapkan karena alat mengandung berbagai macam *part* yang tidak mengandung logam, dan angka bangunan itu sendiri sebagai objek logam yang bersinggungan dengan magnet. Meskipun beban max tidak mencapai 100 kg, namun alat ini masih realistis karena *Spider Glove* diciptakan dengan tujuan utama untuk pekerja bangunan yang umumnya memiliki berat badan yang sudah ditambah barang bawaannya memiliki bobot tidak lebih dari 100kg. Ukuran dan kekuatan magnet sudah dibuat serealistis mungkin sambil melihat dan mempertimbangkan faktor ergonomis (berdasarkan dimensi tubuh manusia).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Terinspirasi pada serangga laba – laba yang mampu dengan mudah berjalan secara vertikal, maka diciptakan produk *Spider Glove*. Alat ini dirancang khususnya untuk membantu pekerja proyek ketika berjalan menaiki bangunan (bergerak vertikal) dengan memperhatikan faktor *safety* dan K3.
2. Alat *Spider Glove* dibuat dengan memadukan bahan kain untuk lapisan utama pelindung tangan, ditambah penggunaan magnet sehingga sarung tangan dapat menempel pada bangunan yang umumnya berangka logam. Didapatkan sarung tangan dengan kekuatan beban maksimum 92,66 kg dengan desain magnet berbentuk bongkahan besar di bagian telapak tangan. Ukuran alat mengikuti data antropometri tangan manusia Indonesia dan bahan dasar alat yaitu kain yang umum dipakai untuk membuat sarung tangan ditambah beberapa logam.

Setelah melakukan penelitian ini, maka dapat disarankan bagi penelitian selanjutnya antara lain agar:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut agar sarung tangan lebih sempurna kekuatannya.
2. Dikembangkan teknologi lebih canggih sehingga ukuran magnet tidak perlu berupa bongkahan besar yang faktanya cukup membatasi gerak jari tangan penggunaannya.
3. Untuk alternatif desain kedua dimana magnet disebar, mampu menghasilkan kekuatan yang mencapai 90 kg untuk situasi magnet yang tidak bersinggungan dengan logam. Maka dapat dikatakan terdapat peluang untuk mengembangkan alat ini dengan penelitian lebih lanjut untuk mengubah bahan, desain, ukuran, hingga teknologi lainnya agar alat dapat digunakan dengan sempurna.

PUSTAKA

- Anous, I.H.I., (2015), *Biomimicry” Innovate Approach in Interior Design for Increased Sustainability*, *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences* . 10(1), March-May 2015, pp. 18-27
- Benyus, J. M. (2006). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Perennial.
- Bickrest, E. (2009). "Fall Protection: Failure is Not an Option". *EHS Today*. Available at: <http://ehstoday.com/ppe/fall-protection/falls-remain-occupational-hazard-0309>
- Liu, and Passino. (2002). *Biomimicry of Social Foraging Bacteria for Distributed Optimization: Models, Principles, and Emergent Behaviors*. *JOURNAL OF OPTIMIZATION THEORY AND APPLICATIONS*. Vol. 115, No. 3, pp. 603–628, December 2002.
- McGregor, S. L.T. (2013). *Transdisciplinarity and Biomimicry*. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*. Vol. 4, pp. 57-65, (December, 2013) Canada.
- Mead, S.P. (2008). "Biomimetics: Biologically Inspired Ideas for Construction", *International Journal of Construction Education & Research*, USA.
- Montana Hoyos, C.A. (2013). (Bio-ID4S): *Biomimicry in Industrial Design for Sustainability, an Integrated Teaching and Learning Method*. Kobe Design University. Available at: <https://bioinspired.sinet.ca/content/biomimicry-industrial-design-sustainability-integrated-teaching-and-learning-method>
- Mul, E.J. (2009). *Bio Inspired Design of an Electric Scooter Body*. Master Thesis. TU Delft.
- Nesta. (2012). *Biomimicry: Biology Inspires Innovation*, London. Available at: <https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/hottopicbiomimicry.pdf>
- Primer, S.A. (2001). *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability*. Available at: <https://www.oecd.org/sti/biotech/1947629.pdf>. OECD.
- Rao, R. (2014). *Biomimicry in Architecture*. *International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing*. Vol. 1 Issue: 3 08-Apr-2014. ISSN_NO: 2320-723X
- Rogers, A., Yoon, B., Malek C. (2008). *Beijing Olympic Stadium as Biomimicry of a Bird's Nest. Architectural Structure*. ARCH 251. Course Modul. Beijing. Available at <https://www.mcgill.ca/architecture/files/architecture/BiomimicrySSEFessay2007.pdf>
- Turner, J.S and Soar, S.C. (2008). *Beyond Biomimicry: What Termites can Tell us About Realizing the Living Building*. *First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (I3CON)*. Loughborough University, 14-16 May 2008
- Vashist, S. (2011). *Design for Sustainability through Bio – Mimicry: An Overview with Examples*. *Sustainable Silicon Valley*. Available at: http://www.sustainicum.at/files/projects/73/en/BIOMIMICRY_Supporting-Material/2b_Biomimicry-Handout-incl-EXAMPLES.pdf
- Zari, M.P. (2007). *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. Paper presented at the *The SB07 NZ Sustainable Building Conference, Auckland, New Zealand*. Retrieved February 8, 2013. Available at <http://www.victoria.ac.nz/architecture/about/staff/publications-maibritt-pedersen>.