

# EKSOSKELETON UNTUK SISTEM KESEHATAN DAN PENUNJANG HARI TUA



John Reigton Hartono

1301038874

+62 856 9725 3838

[johnrhartono@gmail.com](mailto:johnrhartono@gmail.com)

## **Eksoskeleton**

Eksoskeleton atau kerangka luar merupakan versi lain dari tulang bagi serangga dan hewan dalam golongan *crustacea*. Pada hewan-hewan ini eksoskeleton berfungsi sebagai pelindung sekaligus pemberi bentuk bagi mereka, juga sebagai penyokong tubuh mereka. Sistem kerangka luar ini biasanya terdiri dari zat keras yang membuat sistem ini mampu menjalankan tugasnya

Dunia fiksi ilmiah mengenal eksoskeleton sedikit lain dengan dunia biologi, atau mungkin sedikit sama, karena yang sama hanya fungsinya sebagai penyokong dan perlindungan. Imajinasi tentang sebuah kerangka luar berupa baju zirah super yang memiliki banyak kemampuan mulai dari novel *Starship Trooper*, 1959 oleh Robert A Heinlein yang cukup terkenal, sampai dibawa ke layar lebar, sampai pada permainan *Crysis* yang dibuat oleh Crytek Frankfurt pada tahun 2007 yang membawa imajinasi akan eksoskeleton ketinggian yang lebih tinggi

## **Kegagalan Masa Lalu**

Pada kenyataannya eksoskeleton sudah mulai dibuat sejak lama. Proyek pertama pembuatan eksoskeleton tercatat pada tahun 1965 oleh *General Electric* proyek ini memiliki tujuan akhir dapat mengangkat beban sebesar 1500 pon atau setara 680kg, tetapi proyek ini berakhir dengan cukup pahit. Pada saat percobaan untuk menggunakan eksoskeleton secara utuh (*full body*) menghasilkan gerakan yang tidak terkontrol. Akhirnya pihak perusahaan memutuskan untuk fokus pada pengembangan bagian lengannya saja, hanya satu lengan. Proyek ini dinamakan Hardiman, sebuah proyek pertama *full body exoskeleton*, berakhir dengan sebuah lengan robot yang mampu mengangkat beban sampai 750 pon. Setelah proyek ini banyak proyek lain yang berakhir dengan kegagalan.

Kegagalan yang dihadapi pada tahun 1960an-1990an dikarenakan belum adanya unit yang cukup cepat untuk memproses perhitungan yang dibutuhkan dalam proses pengaturan gerak dalam eksoskeleton untuk menghasilkan gerakan yang efektif halus dan sesuai dengan keinginan, untuk menambasulit situasi, pada masa itu sebuah aktuator yang handal sulit ditemukan, juga ukuran aktuator yang sangat besar dan berat membuatnya tidak efektif digunakan

## **Saat Teknologi Mulai Siap Mendukung**

Salah satu proyek yang menarik adalah proyekgagasan Monty Reed. Monty memulai karirnya di *U.S. Army Airborne Ranger* persis setelah dia lulus dari sekolah menengah, tahun 1986 pada umur 21 tahun Monty yang sedang melakukan terjun payung pada malam hari, mengalami kecelakaan. Tulang punggung dan pergelangan kakinya patah. Dokternya mengatakan dia sangat beruntung tidak lumpuh seluruh tubuh. Tetapi Monty divonis tidak bisa berjalan lagi. Selama 9 bulan masa pemulihannya Monty membaca novel *Startship Trooper* dan menginspirasinya membuat sebuah eksoskeleton yang kemudian dinamai LIFESUIT. LIFESUIT One dibuat pada tahun 2001, dan proyek ini terus berkembang sampai pada tahun 2005 LIFESUIT XII memecahkan rekor dengan menyelesaikan sebuah lomba lari dengan panjang lintasan 3,1mil dalam waktu 90 menit. Sampai saat ini LIFESUIT telah sampai pada purwarupanya yang ke 14 dan masih terus berkembang

Pengembangan-pengembangan eksoskeleton ini bukan hanya pada laboratorium sebuah eksoskeleton unik yang meniru bentuk robot pada film *Transformer* pernah di buat oleh Carlos Owen dari Wasilla, eksoskeleton ini dinamai *Metal Muscles* yang berarti otot logam, proyek eksoskeleton dengan tinggi 5,5 meter ini dibuat di Alaska di blakang rumahnya dan menghabiskan dana sebesar \$25.000

## **Kebutuhan Pasar**

Mengapa eksoskeleton banyak dikembangkan? Selain karena banyak diangkat oleh industri hiburan khususnya film-film dan novel-novel fiksi ilmiah eksoskeleton juga mempunyai nilai tambah yang luar biasa. Sebuah eksoskeleton yang dapat meningkatkan kemampuan seseorang untuk mengangkat beban berat memiliki potensi yang sangat besar di industri salah satunya industri pergudangan bila seseorang memiliki kemampuan untuk mengangkat benda sampai 200kg mungkin saja kebutuhan akan *forklift* bisa dikurangi di bagian-bagian yang penting dan membuat waktu mobilisasi *forklift* berkurang karena dikonsentrasikan di satu bagian saja. Bagaimana dengan industri konstruksi, dengan menggunakan eksoskeleton tentu akan menghemat stamina dari pekerja sendiri yang membuatnya lebih tidak mudah lelah dan tentu saja meningkatkan konsentrasi.

Teknologi di masa ini sudah sangat memungkinkan untuk membangun sebuah sistem eksoskeleton yang efektif dan praktis, terlihat dari banyak percobaan di luar laboratorium. Oleh karena itu permintaan akan fitur-fitur tambahan juga bertambah.

DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) lembaga riset dari departemen pertahanan Amerika telah mamatok hasil akhir proyek eksoskeleton mereka yakni membuat sebuah sistem eksoskeleton yang dapat minimal menggandakan berat maksimal, yang dapat dibawa oleh prajurit dan dapat membantu prajurit untuk berlari lebih jauh. Tentu saja kebutuhan militer berbeda dengan kebutuhan industri. Dalam syaratnya untuk mencapai tujuan di atas DARPA mensyaratkan bahwa eksoskeleton ini harus dapat digunakan tanpa mengganggu kelincahan prajurit, prajurit tetap harus bisa merangkak di bawah kawat berduri, bersembunyi, dan saat bersamaan bisa tetap memabawa beban berat tanpa merasa terbebani. Syarat-syarat yang diajukan oleh DARPA terasa cukup mustahil, tetapi sebenarnya ada 2 buah sistem yang ternyata mendekati syarat-syarat tersebut. Yakni XOS Exoskeleton buatan Sacros dan Raytheon dan HULC buatan *Berkeley Robotics and Human Engineering Laboratory*.

XOS buatan Sacros memiliki berat 150 pon (68kg) dan mampu mengangkat beban sampai 200 pon (91kg) dan mampu bekerja selama 24 jam tanpa penggantian sumber energi desain dari Sacros ini merupakan salah satu desain yang dipilih oleh DARPA pada tahun 2000 dari 14 desain yang masuk ke DARPA. Raytheon Sarcos kemudian mengembangkan XOS 2 dengan material berbeda yang membuat XOS 2 lebih cepat lebih ringan dan konsumsi dayanya hanya 50% dari pendahulunya, XOS 2 pada tahun 2010 mendapat penghargaan dari Majalah TIME sebagai "Best Invention of 2010" karena XOS 2 sangat lincah sampai bisa digunakan untuk bermain bola sepak, seperti dipraktikan di salah satu video promosinya

Berbeda dengan XOS yang merupakan *full body exoskeleton*, HULC tidak memiliki bantuan untuk lengan. Memiliki aktuator yang sama dengan XOS yaitu menggunakan sistem hidrolik HULC mampu bekerja selama 72 jam sebelum penggantian sumber energi. Untuk mengatasi kekurangan pada bantauan tangan HULC menambahkan sebuah penyokong untuk tameng taktis, tetapi untuk senjata yang dipegang tangan prajurit, tetap harus menggunakan tenaganya sendiri untuk memegangnya. Tentu saja HULC tidak kehilangan fitur penting yaitu kemampuan mengangkat beban, kemampuan mengangkat beban HULC sama dengan XOS yakni 200 pon.

### **Selaian Militer**

Kedua eksoskeleton dari Raytheon Sarcos dan *Berkeley Robotics and Human Engineering Laboratory* memiliki kesamaan yang sangat penting yakni, keduanya memiliki

kemampuan untuk menambah kemampuan pengguna dan tidak mengurangi kelincahan pengguna, memiliki waktu operasi yang cukup lama, dan membuat pekerjaan berat hampir tanpa tenaga. Tetapi kedua produk di atas dikhususkan untuk militer dan industri, bagaimana dengan bidang lain. Salah satu bidang dimana eksoskeleton dapat memberikan nilai yang cukup besar adalah bidang kesehatan.

Pada tahun 1989 setelah mendapat gelar Ph.D-nya Dr Yoshiyuki Sankai di Universitas Tsukuba memulai proyek HAL (*Hybrid Assistive Limb*) sebuah *full body exoskeleton* yang diperuntukan untuk membantu orang yang mengalami degenerasi otot, lumpuh atau lansia yang mengalami pelemahan otot. Tiga tahun dari 1990-1993 digunakan untuk memetakan jaringan syaraf untuk pergerakan kaki dari otak, dan 4 tahun dari 1994-1998 untuk menentukan pewatuan yang tepat untuk menyampaikan sinyal tadi kepada motor penggerak. Pada tahun 2000 HAL versi pertama berhasil dibuat tetapi masih tersambung ke komputer dan menggunakan baterai dengan berat 22kg serta membutuhkan 2 orang untuk memasangkannya, sungguh sangat tidak praktis, tetapi ini merupakan sebuah langkah penting karena setelahnya hampir setiap tahun sebuah HAL yang lebih baik diciptakan dan pada bulan Juni di 2005 *World Expo HAL 5*, generasi kelima dari esoskeleton ini dipamerkan.

Struktur dari HAL terdiri dari nickel molybdenum dan extra-super-duralumin, sebuah campuran aluminium yang digunakan untuk pembuatan sayap pesawat tempur Jepang pada era perang dunia kedua yakni Mitsubishi A6M Zero, kemudian dikuatkan kembali dengan penutup plastik. Kerangka logam disandingkan kepada tubuh dengan menggunakan sebuah ikat pinggang dan pengikat bahu, kerangka ini menahan sekaligus menyokong tubuh. Hal yang sama juga diberlakukan untuk tungkai dan lengan. Motor dc sebagai pengganti motor diletakan pada bahu, siku, pinggul dan lutut.

HAL menggunakan sistem berbasis Linux dan menggunakan Wi-Fi sebagai sistem komunikasi, seluruh sistem dijadikan satu pada sebuah kantung di pinggang, bersama dengan catu daya dengan 2 jenis yakni *nickel-metal hydride* dan baterai litium yang bisa bertahan selama 2 jam 40 menit sampai pengisian ulang berikutnya yang terhitung sangat singkat jika dibandingkan dengan XOS dari Raytheon Sacros dan HULC dari *Berkeley Robotics and Human Engineering Laboratory*. Hal ini dikarenakan HAL diperuntukan untuk penggunaan yang memiliki lingkungan yang memungkinkan untuk mengisi ulang.

HAL yang diperuntukan untuk rehabilitasi, penyandang cacat maupun kaum lansia diharapkan dapat menangkap gerakan atau keinginan gerak pengguna yang kemudian

diartikan ke dalam tegangan listrik yang diberikan kepada setiap motor yang terus bergerak untuk mencapai gerakan yang diinginkan dan pada saat bersamaan untuk menyeimbangkan tubuh.

Sistem yang digunakan oleh HAL terbagi menjadi 2 bagian yakni, penerimaan input, *bio-cybernic system* merupakan sistem yang menangkap sinyal listrik pada otot atau *electromyogram*(EMG). Sinyal ini tertangkap pada permukaan kulit saat ada musculo-skeletal yang akan digerakan, pada HAL digunakan beberapa bantalan sebesar koin berisi sensor yang mendeteksi aktifitas EMG yang diletakan di bahu, siku, pinggul, dan lutut. Bila EMG tidak terdeteksi tetapi ada pergerakan, seperti pada penderita kelumpuhan, maka sistem akan mulai bergerak saat pengguna mulai bergerak, dan kemudian bagian kedua dari sistem HAL akan bekerja, yakni sistem untuk merekam gaya berjalan pengguna dimana gaya berjalan satu orang bisa berbeda dengan yang lain. Sistem bagian kedua ini merekam dan terus meng-*update* gaya berjalan. Saat pengguna mulai berjalan maka sistem akan secara otomatis menjalankan sistem ini dan pergerakan user atau sinyal EMG user akan mengkoreksi dan meng-*update* gaya berjalan yang telah disimpan. Gaya berjalan ini digunakan untuk gerakan yang akan dilakukan oleh pengguna jadi makin sedikit tenaga yang digunakan pengguna dalam berjalan.

HAL 5 kembali diperkenalkan pada CES 2011 dan sudah mulai digunakan pada rumah sakit-rumah sakit di Jepang dengan makin murah nya teknologi pembuatnya harga HAL pada saat dipasarkan kepada pasar adalah sekitar ¥300.000 sampai ¥400.000. Harga yang cukup masuk akal untuk sebuah "keajaiban" yang dapat membuat anda kembali berjalan dan beraktifitas seperti dahulu kala.

Eksoskeleton telah berkembang secara begitu besar dari sebuah Hardiman dengan hanya satu tangan yang bergerak sampai sebuah HAL yang begitu ramping, menggunakan bahan pesawat tempur dan bekerja sepenuhnya. Tetapi masih banyak kekurangan HAL, gerakannya yang kurang mulus dan daya tahan baterai yang kurang panjang, tetapi visinya sebagai eksoskeleton yang melayani masyarakatlah yang patut diikuti, pengembangan lebih lanjut dengan menggunakan sistem pengaturan yang lebih halus serta penggunaan sistem gerak yang lebih hemat energi mungkin menjadi pertimbangan. Penambahan sistem pengoreksi gerakan juga bisa ditambahkan agar pemakai bisa berjalan dengan lebih sehat, atau sekedar menambahkan output berupa pergerakan pengguna sebagai input mesin permainan mungkin bisa menjadi pilihan yang menyenangkan. Setelah banyak pengembang eksoskeleton diluar laboratorium berkelas,

anda kah yang berikutnya? Peneliti yang membawa eksoskeleton satu langkah lebih dekat untuk membantu dan membuat kehidupan manusia lebih baik.

## Referensi

1. Erico Guizzo dan Harry Goldstein, "The Rise of the Body Bots - IEEE Spectrum", Oktober, 2005 <http://spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/the-rise-of-the-body-bots/0>
2. Erico Guizzo, "Sarcos Exoskeleton Bringing Iron Man Suit Closer To Reality - IEEE Spectrum" , Juli, 2011  
<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/military-robots/sarcos-exoskeleton-iron-man-suit>
3. "Exoskeletons Around the World - Pictorial - IEEE Spectrum", Oktober, 2005  
<http://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/exoskeletons-around-the-world/0>
4. Evan Ackerman, "Cyberdyne Demos New Flavors of HAL Exoskeleton - IEEE Spectrum", Maret 2011  
<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/medical-robots/cyberdyne-demos-new-flavors-of-hal-exoskeleton>
5. "Raytheon Company: Time Magazine Names the XOS 2 Exoskeleton "Most Awesomest" Invention of 2010", Oktober, 2011  
[http://www.raytheon.com/newsroom/technology/rtn08\\_exoskeleton/](http://www.raytheon.com/newsroom/technology/rtn08_exoskeleton/)
6. Dan Richman, "Man's dream is that Lifesuit will help paralyzed walk again - seattlepi.com", Maret, 2005  
<http://www.seattlepi.com/business/article/Man-s-dream-is-that-Lifesuit-will-help-paralyzed-1168384.php>