

# PERANCANGAN SISTEM KERJA ERGONOMIS SECARA INTEGRALIS DAN HOLISTIK BERDASARKAN SIMULASI SOFTWARE POWERSIM 2.10

**I Gede Santosa**

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung Bali  
Phone: +62-361-701981, Fax: +62-361-701128

## **Abstrak**

Perancangan sistem kerja ergonomis secara integralis dan holistik lebih menitikberatkan pada perancangan sistem secara makro, optimasi sistem kerja dalam kaitannya dengan perilaku organisasi dan psikologi organisasi. Model pengembangan yang ditekankan adalah *organization-human interface technology*. Agar dapat memberikan gambaran kinerja sistem secara keseluruhan, dalam makalah ini disajikan sebuah model interaksi penyederhanaan dengan menggunakan pemodelan sistem kerja. *Software* bantu yang digunakan adalah Powersim. Pemodelan dilakukan dengan memecah sistem perusahaan menjadi komponen sistem kerja yang terdiri dari pengaturan beban kerja fisik, pengambilan asumsi kerja psikis, serta sebuah level keluaran yang dikehendaki. Sebagian besar loop iterasi menggunakan sistem umpan balik positif. Umpan balik positif memiliki perilaku tertentu yaitu saling menghancurkan dengan penurunan yang sangat cepat (*vicious circle*) atau akan saling memperbaiki dengan kecepatan sangat tinggi (*virtuous circle*). Umpan balik ini sesuai dengan dengan paradigma ergonomis bahwa semakin baik tingkat ergonomis akan semakin baik tingkat ekonomi – *good ergonomic is good economic*. Aspek kebijakan/policy dari manajemen juga dapat dimasukkan dan dilihat pengaruhnya terhadap sistem dengan melakukan simulasi.

**Kata kunci :** Sistem kerja, Perancangan, Umpan balik positif.

**Abstract:** *Work system designing according to integrals and holistic more stress in macro system planning; optimize work system in the hook with organization behavior and organization psychology. Development model which emphasized organization-human interface technology. Planning process is done with evaluation towards organization from on downward use to approach system social technics. Necessary be at look at that planning level component atomistic specific cannot be done effectively without be proceed with make scientific decision about overall organization, will belong to how the mentioned later be regulated. So that can give performance description system as a whole. In this paper is presented a moderation interaction model by using remodeling work system. Software that used is Powersim. Remodeling done by breaking the companies system to be work system component that consist of physical work lo arrangement, work assumption taking physical work, with a level product wish for. Large part loop iteration uses positive feedback system. Positive feedback has certain behavior that is mutual smash with depreciation very fast (vicious circle) or mutual will repair with speed very tall (virtuous circle). This feedback according to with paradigm ergonomic that is more good level ergonomic more good economy level - good ergonomic is good economic. Aspect wisdom/policy also can be putted into management and seen the influence towards system by doing simulation.*

**Keyword:** *Work system, Design, Positive feedback.*

## **I. Pendahuluan**

Sistem kerja industri merupakan sebuah sistem yang melibatkan beberapa pihak sebagai pemangku kepentingan. Pihak-pihak tersebut antara lain pemilik/pengelola, pegawai, dan pasar. Masing-masing pihak secara mendasar memiliki kepentingan yang berbeda, bahkan kadang-kadang saling bertentangan. Pihak pemilik berkepentingan agar perusahaan dapat berjalan dengan lancar, efektif dan efisien, biaya operasi rendah dan keuntungan yang tinggi. Sementara pihak pegawai berkepentingan agar pekerjaan ringan, lingkungan kerja nyaman,

kesejahteraan baik dan gaji yang tinggi. Pihak pasar atau konsumen juga memiliki kepentingan lain yakni mendapatkan barang berkualitas, harga murah dan tepat waktu pengiriman. Beberapa kasus perancangan sistem kerja menghasilkan sistem yang hanya mementingkan salah satu pihak, biasanya pemilik perusahaan. Hal ini ditandai dengan maraknya demo buruh sebagai akibat hubungan industrial yang kurang harmonis. Buruh merasa diperas tenaganya dengan kompensasi gaji yang kurang memadai. Fasilitas-fasilitas lain juga kurang diperhatikan dari pihak manajemen. Sementara itu, pihak manajemen juga merasa para buruh bekerja

kurang sesuai dengan standard kerja sehingga efektifitas dan efisiensi perusahaan menurun. Kasus di atas dapat dilihat sebagai sebuah sistem kerja, dimana salah satu pihak terkait dengan pihak yang lain (hubungan sebab-akibat), dan secara umum sistem berubah terhadap waktu. Dalam perancangan sistem selanjutnya memperhatikan segala kepentingan, terutama kepentingan besar yaitu kelestarian perusahaan. Kesepakatan akan visi perusahaan lestari harus dipegang teguh baik oleh pemilik maupun pegawai. Pemilik tidak hanya mementingkan margin keuntungan yang besar sesaat saja, tetapi selanjutnya berfikir keuntungan jangka panjang dan kumulatifnya. Semestara itu pegawai/buruh juga harus berfikir kelestarian terhadap pekerjaan yang berarti jaminan kerja jangka panjang. Titik temu dari berbagai kepentingan *stakeholder* dapat didekati dengan perencanaan sistem kerja yang ergonomi. Ergonomis artinya perancangan sistem kerja yang meletakkan manusia sebagai pelaku kerja pada pusat pertimbangan perancangan. Manusia dengan kemampuan dan keterbatasannya harus dipertimbangkan sejak awal proses perancangan dimulai. Pertimbangan faktor manusia dalam hal ini pegawai dan pemilik dimana masing-masing memiliki kebutuhan yang harus terpenuhi selama proses industri berlangsung. Sesuai dengan definisi ergonomi, dimana sebuah sistem kerja harus dapat menjamin keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja, serta terpenuhinya kebutuhan hidup mendasar, akan memberikan dampak terhadap hasil kerja tersebut yaitu meningkatnya efektifitas dan efisiensi industri. Dampak lainnya adalah sedikitnya absensi karyawan, kualitas produk meningkat, kecelakaan kerja berkurang, biaya kesehatan dan asuransi berkurang dan tingkat keluar masuk karyawan (*turnover*) juga berkurang. Pada gilirannya akan meningkatkan pendapatan perusahaan dan mengurangi pengeluaran (walaupun pada awalnya perlu investasi ergonomi). Dengan demikian ergonomi yang baik berarti juga ekonomi yang baik. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menunjukkan bahwa pendekatan perancangan kerja ergonomi dapat menguntungkan baik secara praktis maupun ekonomis. Keuntungan juga didapat bukan hanya oleh buruh saja, tetapi juga untuk pemilik perusahaan. Perusahaan akan senantiasa lestari karena hubungan industrial akan tercipta dengan baik. Sedangkan sasaran dari tulisan ini adalah :

1. Mengidentifikasi faktor-faktor berpengaruh dalam perancangan sistem kerja
2. Membuat model hubungan kausal antar faktor
3. Membuat model sistem kerja lengkap dengan alur informasi
4. Menganalisis hasil simulasi
5. Mendefinisikan perilaku sistem sebagai hasil simulasi

## II. Metode Penelitian

Dalam merancang sistem kerja, faktor utama yang harus dipertimbangkan sebagai pusat perhatian adalah faktor manusia (*Human Centre Design*). Pendekatan dalam perancangan industrial disebut dengan *Human Integrated Design*, yaitu dengan memanfaatkan segala informasi tentang manusia mencakup kelebihan dan kekurangannya dan secara terintegrasi digunakan sebagai dasar perancangan sistem. Sampai saat ini ada 2 pendekatan perancangan secara ergonomi yaitu pendekatan mikro ergonomi dan makro ergonomi. Pada awal perkembangan ergonomi, para ergonom lebih memfokuskan pada perancangan sistem kerja yang menitikberatkan pada kaitan kesesuaian kemampuan manusia dengan pekerjaan/tugas yang harus diselesaikan. Pendekatan seperti ini adalah cirikhas dari ergonomi mikro. Dalam perkembangan selanjutnya, [2] yang saat itu menjabat Ketua IEA (*International Ergonomic Association*) menyampaikan suatu pendekatan perancangan sistem kerja yang dikaitkan dengan struktur organisasi, interaksi manusia dan organisasi serta aspek motivasi dalam pekerjaan. Pendekatan ini dikenal dengan *Macro Ergonomic*. Di dalam sistem industri, pendekatan ini disebut juga dengan *Organizational Design* (OD) dan digunakan dalam perancangan struktur organisasi dan hubungan antar komponen struktur tersebut. Hendrick dalam paper yang berjudul "*Macro Ergonomics : A Concep Whose Time Has Come*", beliau sampaikan bahwa ada 3 urutan generasi pengembangan. Generasi pertama adalah ergonomi yang memfokuskan pada perancangan tugas secara spesifik, kelompok kerja, hubungan manusia-mesin, termasuk *display*, pengaturan ruang kerja, lingkungan fisik kerja.

Penelitian ergonomi dalam tahap ini diarahkan pada antropometri dan karakteristik fisik manusia dan implikasinya dalam perancangan alat. Menurut IEA, definisi ergonomi generasi pertama ini disebut *Physical Ergonomics*. Generasi kedua menitik beratkan pada peningkatan perhatian faktor kognitif kerja yang direfleksikan dalam perancangan sistem. Model pengembangan yang ditekankan adalah *user-system interface technology*. Pengembangan ergonomi di era kedua ini menjadi dasar pada pengembangan selanjutnya karena sudah mulai banyak menyentuh masalah sistem teknologi. Pendekatan yang serupa ini di Amerika Serikat disebut juga *Human Faktor Engineering*. Menurut IEA, ranah ini disebut dengan *Cognitive Ergonomics*. Generasi ketiga yang menurut IEA disebut dengan *Organizational Ergonomics*, lebih menitikberatkan pada perancangan sistem secara makro, optimisasi sistem kerja dalam kaitannya dengan perilaku organisasi dan psikologi organisasi. Model pengembangan yang ditekankan adalah *organization-machine interface technology*. Pendekatan ini disebut dengan ergonomi makro, dimana dalam proses

perancangan dilakukan penilaian terhadap organisasi dari atas ke bawah menggunakan pendekatan sistem sosioteknik. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa perancangan level komponen atomistik spesifik tidak dapat dilakukan secara efektif tanpa diawali dengan membuat keputusan ilmiah tentang keseluruhan organisasi, termasuk bagaimana hal tersebut nantinya akan diatur. [8] telah mengkaji masalah hubungan antara perancangan sistem kerja, ergonomi makro dan produktivitas. Dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa ada hubungan sangat erat antara

merancang sistem kerja harus mempertimbangan segala faktor terkait dan dalam tinjauan sistem (bukan parsialis), setiap elemen harus diintegrasikan dalam rancangan dengan prinsip optimasi dan harus melibatkan pihak-pihak terkait dalam pertimbangan rancangannya. Dalam perkembangan terbaru adalah masalah pengembangan lestari (*sustainable environment, sustainable energy dan sustainable development*) sangat dipertimbangkan dalam perancangan sistem kerja [7]. Pendekatan *participatory ergonomic* juga untuk menentukan

**Tabel 1. Pengaruh dan penilaian faktor temperatur terhadap beban fisik dan psikis**

Temperatur (°C)	Pengaruh	Penilaian (1-10)
> 40	Terjadi kelelahan fisik dan psikis luar biasa. Konsentrasi kerja berkurang secara drastis. Kesalahan kerja sangat sering terjadi	3
30-40	Terjadi kelelahan fisik dan psikis, ketelitian dan ketahanan kerja berkurang	5
25-30	Keadaan kurang nyaman, loses time besar	6
20-25	Keadaan optimum untuk bekerja	9
15-20	Mulai terjadi kedinginan, kerja kurang optimum, mudah mengantuk	7
10-15	Terjadi kekakuan sendi, sulit bergerak	3

**Tabel 2. Pengaruh dan penilaian faktor kebisingan terhadap pekerja**

Kebisingan (dB)	Pengaruh	Penilaian (1-10)
< 20	Sangat tenang	10
20-40	Tenang	9
40-60	Keadaan ramai sedang	8
60-80	Keadaan ramai dan gaduh	6
80-100	Keadaan sangat gaduh	4
100-120	Keadaan menulikan	2

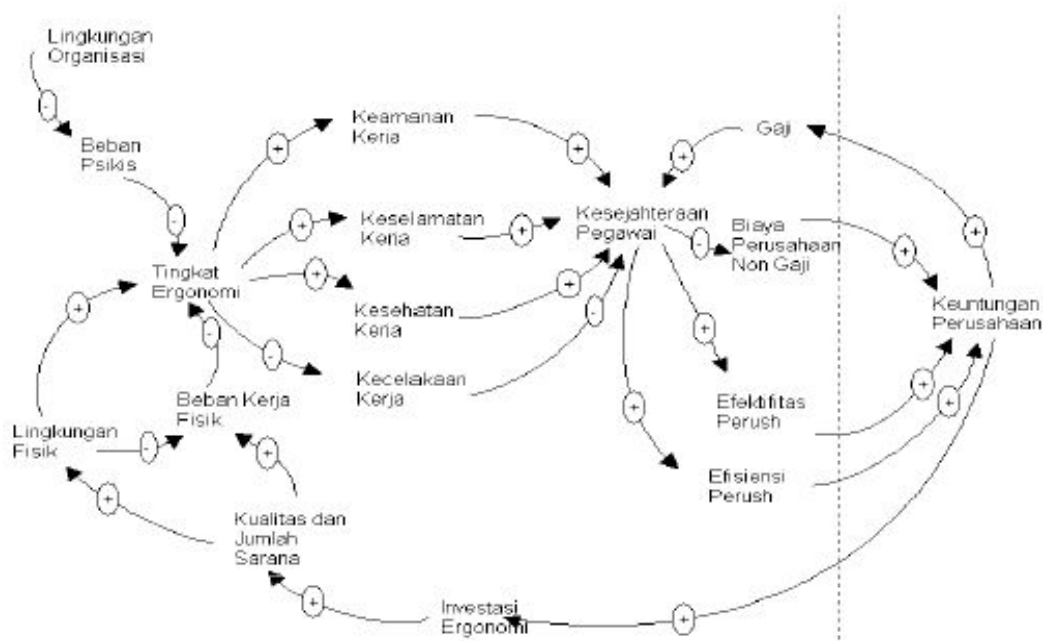
**Tabel 3. Pengaruh dan penilaian faktor kelembaban terhadap pekerja**

Kelembaban (%)	Pengaruh	Penilaian (1-10)
> 40	Terlalu kering, terjadi penguapan di kulit, perasaan gerah luar biasa, gelisah	4
40-80	Keadaan optimum untuk bekerja	8
> 80	Terlalu basah, malas, mengantuk	6

perkembangan teknologi dan perkembangan manusia, terutama dalam sistem industri yang banyak melibatkan tenaga kerja.

Pendekatan lain yang serupa dan merupakan ranah ergonomi makro diperkenalkan dengan istilah *SHIP Approach*. SHIP merupakan singkatan dari *Sistemic, Holistic, Interdisciplinary, Participatory*. [7]. Pendekatan ini merangkum dari berbagai kepentingan perencanaan dan dalam cakupan aspek yang sangat luas, sehingga tingkat keberterimaan hasil di lapangan sangat baik. Artinya dalam

strategi dan penelitian sistem kerja bergilir, melakukan perbaikan secara kontinyu dan sebagai solusi perancangan ergonomi [4], [5]. Dalam penelitian penulis sebelumnya [7], ditemukan terjadinya perubahan ritme biologi yang terkait dengan ritme sosio-spiritual sebuah komunitas yang pada gilirannya harus diperhatikan khususnya dalam perancangan sistem kerja bergilir. Jika hal tersebut diabaikan akan terjadi ketidak seimbangan pola kehidupan individu dan terjadi kesenjangan dalam kehidupan sosial kemasyarakatan



Gambar 1. Diagram lingkaran sebab-akibat perancangan sistem kerja ergonomi

## 2.1 Beban Kerja

Dalam pemodelan ini factor terpenting yang mempengaruhi tingkat keergonomisan system adalah beban kerja yang diterima oleh karyawan. Beban kerja ini berupa beban fisik dan psikis. Beban kerja psikis intensitasnya 2 kali lipat beban kerja fisik. Pada pembuatan model, pengaruh beban terhadap tingkat ergonomi dibedakan dengan memberikan faktor pembebanan yang berbeda. Rincian uraian beban kerja adalah sebagai berikut:

### a. Beban fisik

Beban fisik mencakup temperature, kelembaban, vibrasi, kebisingan, kontaminan, sirkulasi udara, aroma dan sebagainya. Untuk penyederhanaan model, dalam pemodelan ini hanya diambil faktor temperature, kelembaban dan kebisingan. Penilaian terhadap faktor temperature, faktor kebisingan dan kelembaban dapat dilihat seperti pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

### b. Beban Psikis

Beban psikis adalah fungsi dari kebijakan perusahaan. Sebagai contoh adalah sistem pembagian jam kerja dan jam istirahat, sistem kerja bergilir, jaminan asuransi dan jaminan hari tua, sistem *reward and punishment* dan sebagainya. Beban lain yang mungkin adalah tekanan social, sistem transportasi, kondisi makro dan mikro ekonomi dan hal-hal lain yang di luar kemampuan pekerja untuk menjangkaunya.

## 2.2 Diagram Lingkaran Sebab Akibat

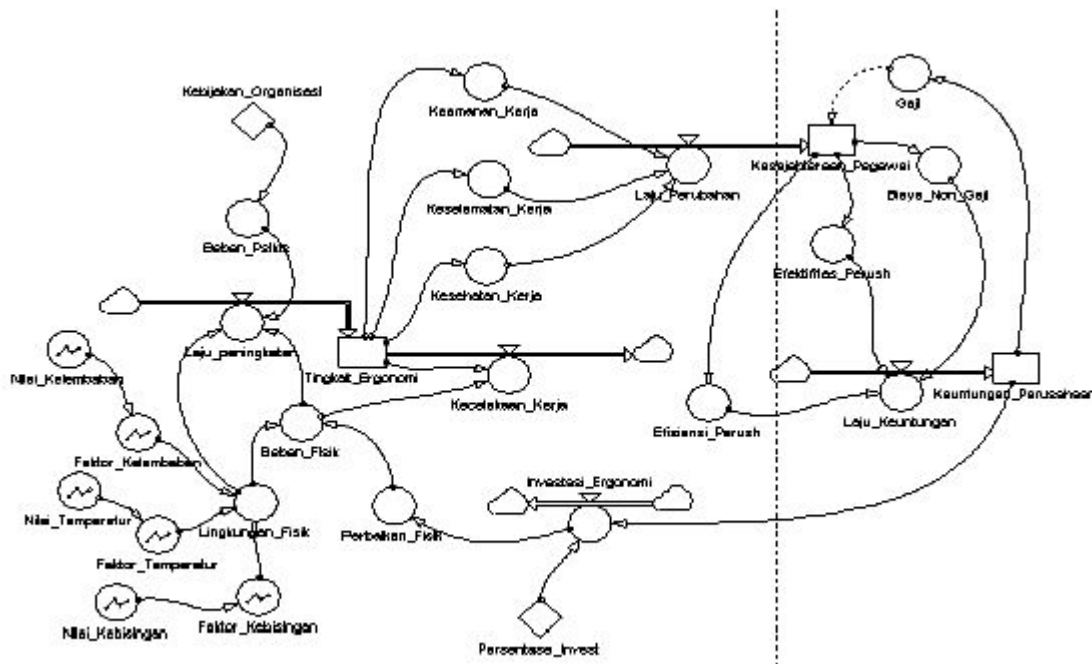
Untuk menggambarkan hubungan antar variabel dalam sistem perencanaan kerja ergonomi, dibuat diagram lingkaran seperti pada Gambar 1. Dalam diagram sebab akibat tersebut terlihat bahwa

tingkat ergonomi sistem kerja dipengaruhi oleh beban kerja fisik, lingkungan fisik dan beban psikis. Keberhasilan meningkatkan ergonomi akan mempengaruhi kesehatan kerja, keamanan kerja, keselamatan kerja dan tingkat kecelakaan kerja. Pada pengaruh tidak langsung dari hubungan antar variabel terlihat bahwa tingkat ergonomi yang baik akan meningkatkan kesejahteraan pegawai dan pada pengaruh berikutnya akan meningkatkan keuntungan perusahaan terutama keuntungan jangka panjang. Sebagian besar loop pada diagram membentuk sistem umpan balik positif, artinya dalam simulasi akan terjadi grafik peningkatan atau penurunan yang terus menerus. Hal ini tentu tidak sesuai dengan kondisi riil, dimana tidak mungkin ada nilai tak terbatas walaupun waktu simulasi dibuat dalam waktu yang sangat panjang. Hal ini karena dalam model ini hanya melihat faktor ergonomi yang dikaitkan dengan ekonomi saja, terutama peningkatan keuntungan perusahaan. Sedangkan keuntungan perusahaan masih ditentukan oleh faktor lain seperti kondisi makro ekonomi, pesaing dan kemampuan pasar.

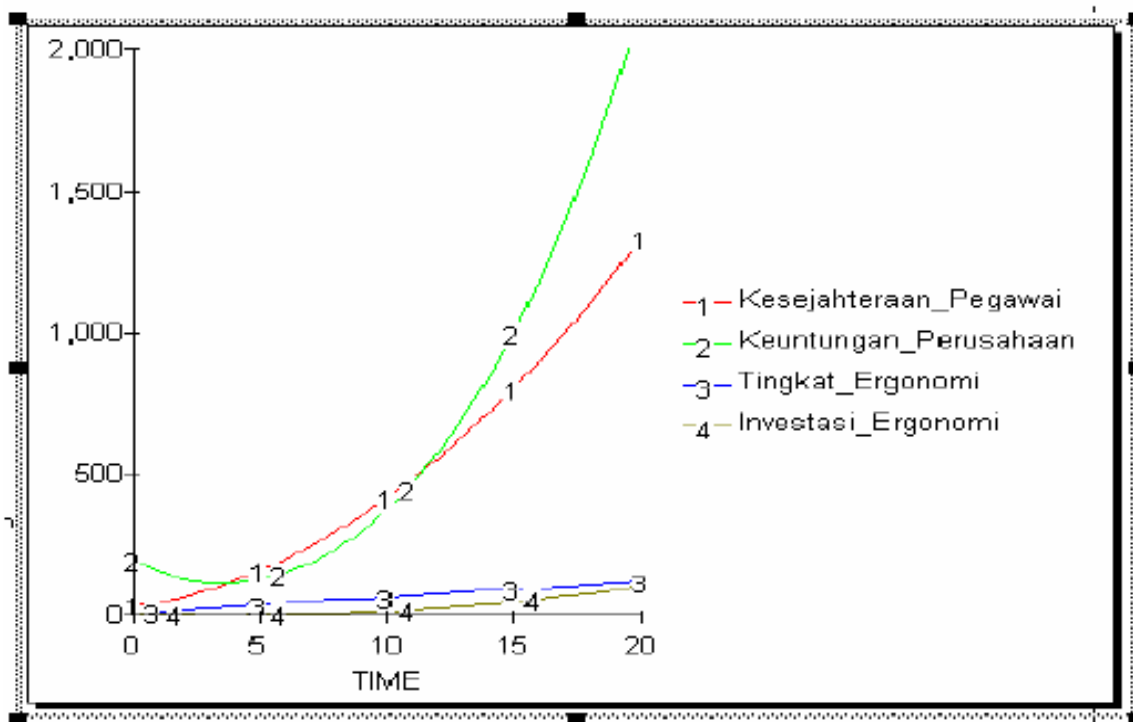
## 2.3 Diagram Alir

Setelah hubungan lingkaran sebab akibat antar variabel diketahui, kemudian dibuat diagram alir dengan fasilitas software Powersim 2.0. Secara lengkap diagram alir dapat dilihat pada Gambar 2. Persamaan-persamaan yang menghubungkan antar variabel beberapa dibuat dengan asumsi dan beberapa yang lain dengan pengamatan. Pokok pemodelan yang ingin disampaikan adalah bahwa dengan memperhatikan ergonomitas sistem kerja, akan mempengaruhi secara positif terhadap pekerja dan perusahaan.

ergonomi saja tanpa melihat faktor eksternal, maka



Gambar 2. Diagram alir sistem kerja ergonomi dengan software Powerim 2.10



Gambar 3. Grafik hasil simulasi sistem kerja ergonomis

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Perilaku Sistem

Setelah beberapa parameter variable dimasukkan ke dalam model sistem kerja, masukan/output dari sistem dapat ditunjukkan dalam grafik seperti pada gambar 3. Dalam gambar tersebut terlihat bahwa jika hanya mengikuti paradigma

sistem secara keseluruhan akan membentuk umpan balik positif. Perilaku menarik ditunjukkan oleh keuntungan perusahaan yaitu bahwa pada periode awal keuntungan perusahaan menurun sampai lebih kurang selama 5 tahun. Penurunan ini digunakan untuk investai sarana prasarana ergonomi. Namun setelah perbaikan sarana tersebut terjadi peningkatan tingkat ergonomi sistem sehingga pada periode-periode berikutnya keuntungan meningkat secara

eksponensial. Besarnya tingkat investasi perusahaan untuk penambahan sarana dan prasana penunjang juga meningkat dengan asumsi besarnya nilai investasi berdasarkan persentase keuntungan perusahaan. Paradigma inilah yang diyakini para ergonom sebagai hasil dari pengembangan sistem kerja ergonomi

### 3.2 Peranan Kebijakan

Dalam sistem kerja yang dibuat untuk mensimulasikan perancangan sistem kerja ergonomi ada beberapa kebijakan yang ada di tangan pengambil keputusan yang dalam hal ini adalah pemilik. Kebijakan tersebut adalah mencakup :

- a. Prosentase pembagian keuntungan untuk pekerja
- b. Prosentase keuntungan yang dikembalikan dalam bentuk investasi ergonomi
- c. Kebijakan organisasi menyangkut pekerjaan yang mempengaruhi beban psikis pekerja

Beberapa simulasi dapat dilakukan dengan merubah nilai-nilai kebijakan dan akan memberikan keluaran yang dapat dianalisis dan dipilih oleh pengambil keputusan sehinggadapat memuaskan baik

kepada pemilik maupun pekerja.

### IV. Simpulan

Setelah melakukan simulasi sistem perancangan kerja ergonomi dengan menggunakan simulasi Software Powersim 2.10 , dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Simulasi sistem kerja dapat digunakan sebagai tool analisis perilaku sistem terkait dengan perancangan sistem kerja ergonomi.
2. Dengan membuat simulasi dapat terlihat kecenderungan/trend pengaruh perubahan kebijakan terhadap perilaku sistem secara menyeluruh.
3. Hubungan antar variabel merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui. Dalam simulasi ini beberapa pola hubungan merukan asumsi penulis, sehingga untuk lebih valid seharusnya dilakukan penelitian lebih mendalam tentang hubungan riil yang sebenarnya terjadi.
4. Secara keseluruhan, jika hanya mempertingkan masalah ergonomi, maka akan terjadi pola umpan balik positif untuk sistem. Pola ini sesuai dengan paradigma ergonomi yaitu bahwa semakin ergonomi suatu sistem akan memberikan keuntungan financial yang semakin besar. “ *Good ergonomic is good economic* “
5. Perilaku riil sistem sebenarnya tidak hanya mengikuti paradigma ergonomi saja, tetapi juga perilaku sistem lain yang terkait misalnya sistem sosial, sistem mikro dan makro ekonomi, sistem politik dan

sebagainya. Dengan demikian,jika seluruh sistem tersebut dimasukkan niscaya akan terjadi titik jenuh untuk peningkatan tingkat ergonomi dan keuntungan perusahaan, yang berarti pada tahap tertentu sistem akan berperilaku sebagai sistem umpan balik negatif.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hendrick, H.W., 2007, Macro Ergonomics : A Concept Whose Time Has Come, *Human Factor Society Bulletin*, February 2007
- [2]. Hendrick, W., 2012, *Good Ergonomics is Good Economics*, 2012, Prosiding International Seminar On Egonomics and Sport Physiology, Denpasar, 14-17 Oktober 2012.
- [3]. Hendrick, W.,2012, *Macro Ergonomics : A Systems Approach To Improving Organizational Effectiveness*, 2012, Prosiding International Seminar On Egonomics and Sport Physiology, Denpasar, 14-17 Oktober 2012.
- [4]. Hignett, Sue; Wilson, John R.; Morris, Wendy (2009), Finding ergonomic solutions— participatory approaches , Abstract, *Occupational Medicine*, Volume 55, Number 3, May 2009, pp. 200-207(8), Oxford University Press, down load 10 Februari 2010
- [5]. Jeppensen, Hans J., 2006, *Participatory Approaches To Strategy And Research In Shift Work*, Abstract, *Theoretical Issues In Ergonomics Science*, 2003, Taylor & Francis, Volume 4 No. 3 - 4 , pages 289 - 301, down load 23 Januari 2006 (<http://journalonline.tandf.co.uk>)
- [6]. Manuaba, Adnyana, 2008, ‘SHIP’ *Approach Workshop On Democracy And Human Rights*, Prosiding International Seminar On Egonomics and Sport Physiology, Denpasar, 14-17 Oktober 2008, ISBN : 979-8286-54-5
- [7]. Manuaba, Adnyana, 2005, *Pendekatan Total Perlu Untuk Adanya Proses Produksi Dan Produk Yang Manusiawi, Kompetitif dan Lestari*, Prosiding Seminar Nasional 2005 Perancangan Produk – Collaborative Product Design, Atmajaya Yogyakarta, 16-17 Februari 2005, ISBN : 979-9243-57-2
- [8]. Nagamachi, Mitsuo, 2006, *Relationship Between Job Design, Macroergonomics, And Productivity*, Abstract, *International Journal Of Human Factor In Manufacturing*, 2006 John Wiley and Sons, Volume 6 Issue 4, Pages 309 – 322, (published online 7 Dec 2008), downloaded 18 October 2007. (<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jissu>)

