

# PENGEMBANGAN APLIKASI @WEBPLAN UNTUK PERHITUNGAN WAKTU STANDAR PADA PROSES PERAKITAN MANUAL

Agus Sutanto

Jurusan Teknik Mesin, Bidang Keahlian Teknik Produksi, Fakultas Teknik Universitas Andalas  
Email: sutanto@ft.unand.ac.id.

## Abstrak

Karya tulis ini berkenaan dengan pengembangan perangkat lunak berbasis Web untuk perhitungan waktu kerja standar yang merupakan sebuah modul tambahan pada aplikasi perangkat lunak untuk perancangan sistem kerja berbasis Web atau yang diberi nama @WebPlan® yang sudah dikembangkan oleh penulis. @WebPlan ini merupakan integrasi dari beberapa modul untuk perancangan tataletak dan disain stasiun kerja secara virtual 3D. Beberapa modul sudah dirancang sebelumnya yaitu modul untuk visualisasi produk dan strukturnya sehingga dimungkinkan visualisasi yang interaktif untuk proses perakitan. Sedangkan modul utama dalam @WebPlan ini adalah 3D Facilities Layout dan disain/layout stasiun kerja. Untuk tujuan ini juga sudah dibuat beberapa alat bantu yaitu model manusia 3D untuk beberapa persentil dan beberapa analisa dan checklist ergonomi. Pengembangan aplikasi @WebPlan ini untuk perhitungan waktu standar pada produksi serial merupakan suatu yang sangat diperlukan untuk menentukan waktu total yang diperlukan dalam memproduksi/merakit sebuah produk. Waktu total ini merupakan data penting dalam membuat konfigurasi stasiun kerja untuk pembuatan produk. Metoda Pengukuran waktu perakitan yang dipakai dalam hal ini adalah MTM-UAS (Universal Analysing System) yang sangat cocok untuk perakitan manual. Hasil perhitungan waktu proses perakitan ini divalidasi dengan proses perakitan yang sebenarnya dan tidak menunjukkan perbedaan harga yang cukup signifikan. Beberapa kemudahan yang didapat pada metoda ini adalah MTM-UAS menggabungkan beberapa gerakan dan tidak terlalu detail dibandingkan metoda pengukuran waktu lainnya. Akan tetapi memiliki hasil yang cukup mendekati hasil yang sebenarnya. Modul aplikasi perhitungan waktu standar ini merupakan bagian yang diintegrasikan nantinya dalam perancangan tataletak dan stasiun kerja secara virtual 3D

**Kata kunci:** @WebPlan, waktu standar, proses perakitan

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini terlihat adanya peningkatan pemanfaatan perangkat lunak yang bertujuan untuk pemodelan, simulasi dan visualisasi fasilitas dan lantai produksi secara virtual tiga dimensi pada media komputer atau dikenal dengan istilah *virtual manufacturing* [3], termasuk di dalamnya disain stasiun kerja dan perancangan tataletak fasilitas produksi. Jika dibandingkan dengan metoda tradisional yang lazim dikenal, metoda *virtual manufacturing* memungkinkan perancang untuk membuat banyak alternatif solusi dan simulasi suatu pekerjaan (tasks) pada stasiun kerja yang dirancang dapat dilakukan dengan relatif mudah, repetitif dan beberapa parameter yang berhubungan dengan aspek ergonomi juga dapat dianalisa dengan waktu yang relatif cepat.

Salah satu aspek yang terpenting dalam perancangan fasilitas produksi dan stasiun kerja adalah penentuan waktu standar.

Waktu standar atau juga disebut waktu baku ini adalah waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang bekerja dalam tempo yang wajar untuk mengerjakan suatu tugas yang spesifik dalam sistem kerja yang terbaik. Waktu standar ini merupakan data penting dalam pembagian kerja dan penentuan jumlah stasiun kerja yang direncanakan. Selain itu ia juga menjadi dasar dalam penentuan jumlah kebutuhan tenaga kerja dan penentuan keseimbangan lini produksi yang akan dirancang.

Mengintegrasikan perhitungan waktu standar untuk aktifitas perakitan manual dalam rangka menghasilkan aplikasi @WebPlan yang lebih terintegrasi dengan fungsi-fungsi yang lebih banyak dan saling berkaitan merupakan sesuatu yang diinginkan dalam penelitian ini. Manfaat yang ingin diperoleh adalah suatu aplikasi dengan *platform* berbasis Web dan mengakomodasi visualisasi obyek secara tiga dimensi.

@WebPlan yang merupakan singkatan dari *Web-based Planning Environment* adalah suatu perangkat lunak aplikasi berbasis Web yang dikembangkan penulis untuk perancangan sistem kerja terutama untuk sistem kerja perakitan manual. Perangkat lunak ini dibuat sejalan dengan berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, dimana permasalahan yang ditekankan dalam perencanaan sistem kerja adalah kolaborasi (kerjasama) tim untuk lokasi yang secara geografis sama atau berbeda [1], [2], [4], [8], [12]. Perencanaan secara berkolaborasi ini sebagai contoh adalah perencana A di lokasi B dapat melakukan aktifitas perencanaan dengan perencana P dilokasi Q pada waktu yang bersamaan atau berbeda. Sistem perencanaan yang seperti ini masih belum banyak dilakukan dan perangkat lunak yang memfasilitasi pendekatan metode ini masih sangat kurang. Sehingga menjadi latarbelakang penulis untuk melakukan penelitian di bidang ini. Dalam perkembangannya, telah di-*release* @WebPlan Versi 1 [9] dan akan dikembangkan terus.

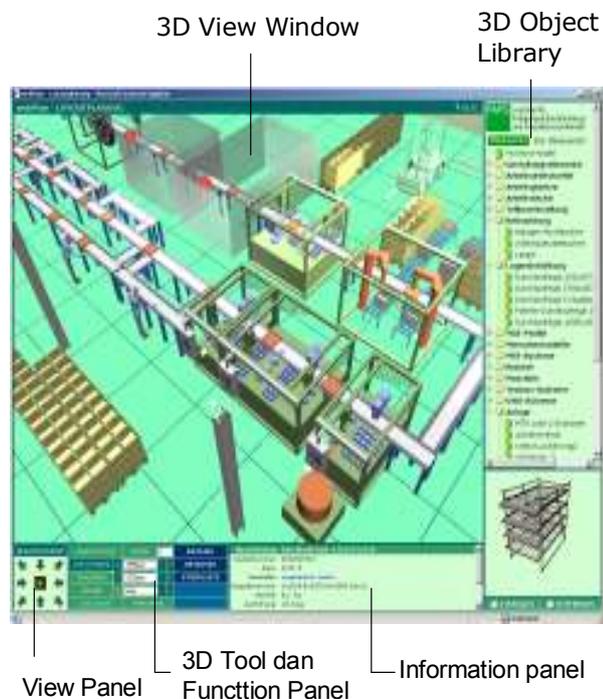
Gambar 1 memperlihatkan tampilan dari perangkat lunak yang dibuat. Perangkat lunak tersebut terdiri dari beberapa window dan panel yaitu:

- **3D View window**
- **3D Object Library**
- **View Panel**
- **3D Tool Panel**
- **Function Panel**
- **Information panel**

**3D View window** berfungsi untuk menampilkan hasil rancangan berupa obyek-obyek virtual tiga dimensi dari fasilitas produksi. Pada 3D View Window ini dilakukan manipulasi obyek-obyek tiga dimensi yang mewakili obyek dari fasilitas produksi. Manipulasi ini meliputi gerakan translasi, rotasi, skala dari dimensi obyek dan *collision test*. **3D Object Library:** window ini berisikan kumpulan nama, spesifikasi dan lokasi dari obyek fasilitas produksi dalam bentuk virtual tiga dimensi. *Click* pada salah satu nama obyek, akan memperlihatkan bentuk virtual obyek tersebut pada **Obyek Display Panel**. Hal ini dilakukan untuk menverifikasi dari obyek yang akan dialokasikan pada 3D View Window. Sedangkan **View Panel** adalah panel yang memungkinkan pengguna untuk mencari orientasi dari sudut pandang yang diinginkan. Sudut pandang tersebut terdiri dari

9 jenis sudut pandang yaitu depan, belakang, kiri, kanan, atas, pojok depan – kanan, pojok depan-kiri, pojok belakang-kanan dan pojok belakang kiri.

Panel yang memungkinkan pengguna untuk mentransformasikan (translasi, rotasi dan skala) obyek fasilitas produksi yang aktif disebut **3D Tool Panel**. Selain fungsi tersebut, juga tersedia fungsi "*collision*" dan "*marking*" dari sebuah obyek. **Function Panel** adalah panel ini tersedia fungsi-fungsi untuk manajemen *file* (*save, open, rename, delete*) dan fitur-fitur checklist untuk analisa ergonomi pada sistem perancangan kerja. **Information panel:** berisikan informasi dari obyek yang dipilih pada **3D Object Library**. Informasi ini antara lain nama, nomor pesanan, katalog, harga, berat, ukuran dan keterangan lain tentang obyek tersebut.

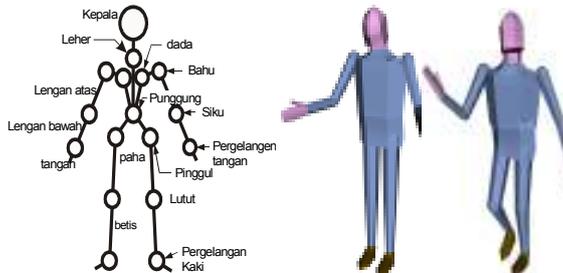


Gambar 1. Perangkat lunak @WebPlan yang dikembangkan

## 2.1 Model Manusia Tiga Dimensi pada @WebPlan

Model tubuh manusia 3D yang dihasilkan oleh komputer (disebut juga *computer manikin* atau model manusia digital) dengan kemampuan dapat disimulasikan memainkan peranan penting dalam disain stasiun kerja pada aplikasi @WebPlan ini. Secara prinsip model manusia

tersebut dapat membantu memperbaiki stasiun kerja, simulasi aktifitas pekerjaan serta analisa ergonomi secara virtual. Aspek antropometri dalam perancangan stasiun kerja seperti jangkauan, ruang dan pandangan (vision) serta aspek bio-mekanik juga dapat dianalisa dengan model manusia ini.



Gambar 2. Model tubuh manusia 3D dalam @WebPlan

Struktur dari model tubuh manusia virtual 3D ini dimodelkan dengan suatu kumpulan segmen dan sambungan (sendi) secara tiga dimensi (3D) sedemikian sehingga mirip dengan model rangka manusia (skeleton model). Model yang diadopsi pada @WebPlan ini adalah model manusia *Anthropos* [6] yang dibuat berdasarkan standar Jerman (DIN 33402 part 2) [5]. Pada model tersebut setiap sendi dibuat dengan beberapa derajat kebebasan seperti karakteristik nyatanya. Sebagai contoh sendi pergelangan tangan memiliki satu derajat kebebasan. Model tiga dimensi manusia tersebut dibuat berdasarkan hasil survei antropometri. Gambar 2 memperlihatkan model *Anthropos* tersebut dengan posisi berdiri Model yang dibuat terbagi atas beberapa model menurut persentil yaitu 5, 50, and 95 persentil dan terbagi atas model pria dan wanita.

## 2.2 Disain Layout Stasiun secara 3D

Disain layout stasiun kerja pada @WebPlan ini dilakukan dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ergonomi yang menyelaraskan manusia yang melakukan aktifitas kerja dengan ukuran dari sistem kerja itu sendiri. Disain tempat kerja ini menghasilkan dimensi yang sesuai serta penataan letak untuk alat bantu kerja (tools & fixtures) serta kontainer komponen yang didasari oleh prinsip-prinsip antropometri. Beberapa faktor yang mendasari pemberian dimensi tempat kerja ini adalah ukuran tubuh manusia, jenis pekerjaan (seperti: pekerjaan yang

membutuhkan banyak gerakan atau pengawasan visual yang cermat), serta kondisi dan ukuran dari obyek kerja itu sendiri. Sebagai contoh, pekerjaan yang membutuhkan koordinasi aktivitas motorik yang akurat serta kontrol visual membutuhkan tinggi kerja yang lebih dari kondisi normal. Akan tetapi suatu pekerjaan yang membutuhkan gerakan tangan yang dominan mengharuskan tinggi kerja di bawah siku manusia.



Gambar 3. Disain layout stasiun kerja dengan @WebPlan

Dengan aplikasi @WebPlan ini, disain layout stasiun kerja ini dilengkapi dengan model manusia yang dengan beberapa persentil (5%, 50% dan 95% untuk laki-laki dan wanita. Selain itu aplikasi sudah dilengkapi dengan beberapa jenis jangkauan dengan alat bantu selubung (seperti diperlihatkan Gambar 3) sehingga bisa menata kontainer, alat bantu dan perkakas pada stasiun kerja agar pekerjaan dapat dilakukan dengan efisien dan ergonomis [10].

Pengembangan yang lebih lanjut dari @WebPlan yang sudah dilakukan adalah dengan integrasi checklist ergonomi seperti perhitungan untuk dimensi stasiun kerja berdiri atau duduk, analisa angkat beban menurut NIOSH, dan postur tubuh dalam bekerja menurut OWAS [11]. Dalam paper ini dibahas tentang integrasi berkelanjutan dari aplikasi @WebPlan yang sudah dikembangkan, yaitu membuat modul pengukuran waktu standar untuk operasi perakitan pada suatu stasiun kerja dengan metoda UAS. Waktu standar merupakan suatu data mula dan sangat penting dalam perancangan tataletak sistem perakitan yang merupakan modul inti dari @WebPlan ini. Dengan waktu standar ini maka pembagian kerja untuk masing-masing stasiun kerja lebih baik dan

keseimbangan (balans) dari seluruh stasiun kerja dapat lebih akurat untuk ditentukan.

### 3 PENGUKURAN WAKTU STANDAR

Waktu Standar adalah waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang bekerja dalam tempo yang wajar untuk mengerjakan suatu tugas yang spesifik dalam sistem kerja yang terbaik.

Penggunaan waktu standar pada aplikasi @WebPlan ini adalah sebagai dasar penentuan waktu total dalam menghasilkan atau merakit suatu produk. Data ini digunakan sebagai dasar distribusi pekerjaan ke dalam beberapa stasiun kerja dan penentuan keseimbangan lini produksi untuk suatu kapasitas produksi yang diinginkan. Dengan ditentukannya jumlah stasiun kerja maka secara tidak langsung waktu standar juga merupakan dasar dalam penentuan luas tata letak fasilitas dan lantai produksi, yang merupakan fungsi utama dari @WebPlan.

Terdapat dua macam metode untuk mengukur waktu standar, yaitu:

- Metode Langsung
- Metode Tidak Langsung

Mengukur dengan metode langsung dapat dilakukan dengan studi jam henti (stopwatch) dan sampling pekerjaan dengan melakukan pengamatan langsung di lantai produksi. Sedangkan mengukur dengan metode tak langsung dapat dilakukan tanpa melakukan pengamatan langsung di lantai produksi. Dalam hal ini digunakan data waktu standar atau data waktu gerakan. Ada beberapa metode pengukuran tidak langsung ini diantaranya adalah [7]:

- Metoda Faktor Kerja (Weight Factors)
- Methods-Time Measurement (MTM)
- Maynard Operation Sequence Technique (MOST)
- Predetermined Time Standard System oleh Meyers

#### 3.1 Method-Time Measurement (MTM)

Pengukuran waktu metoda atau Method Time Measurement (MTM) adalah pengukuran waktu yang dilakukan dengan menguraikan gerakan kerja berdasarkan beberapa elemen dasar yaitu: menjangkau, memutar, memegang, menempatkan pada posisi, melepas, lepas rakit, gerakan mata dan beberapa gerakan anggota badan lain. Sedangkan faktor yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk gerakan dasar

ini adalah jarak, berat beban, penggunaan penglihatan dan ketelitian gerakan. Pengukuran waktu berdasarkan MTM ini memiliki satuan TMU atau Time Measurement Unit yang berarti 1 TMU = 0,0006 menit.

Sistem dasar dari MTM ini disebut dengan MTM-1. Berdasarkan MTM-1 ini dikembangkan beberapa versi MTM yang lain seperti MTM-2, MTM V, MTM M dan MTM UAS (Universal Analysing System). Perbedaan versi MTM terletak pada tingkat keakuratan gerakan (gerakan lebih detail vs gerakan yang digabung) dan aspek kecocokan pemanfaatannya.

#### 3.2 MTM-UAS

Pengukuran waktu metoda dengan cara MTM-UAS (Universal Analysing System) menjadi pilihan penulis untuk dikembangkan pada aplikasi @WebPlan ini karena kecocokan pemanfaatannya pada operasi-operasi perakitan barang/produk pada produksi serial. MTM-UAS ini tidak terlalu rinci seperti MTM-1 dan MTM-2. Beberapa elemen gerakan pada MTM-1 digabungkan menjadi kode gerakan tertentu. Tabel 1 adalah pengkodean gerakan menurut MTM-UAS.

**Tabel 1: Kode MTM UAS**

Get and Place:			
weight	conditions	Place accuracy	Code
<= 1 kg	easy	approx.	AA
		Loose	AB
		Tight	AC
	difficult	approx.	AD
		Loose	AE
		Tight	AF
	handful	approx.	AG
		approx.	AH
		Loose	AJ
> 1kg <= 8kg	Tight	AK	
	approx.	AL	
	Loose	AM	
> 8 kg <= 20kg	Tight	AN	
	Place: approx.		PA
	Place: loose		PB
Place: tight		PC	
Visual control		VA	
Handel tool: Get, Place and Place a side	Approx.	HA	
	Loose	HB	
	Tight	HC	
Operate: one single operation		BA	
Operate: compound operation		BB	
Motion cycle: One Motion		ZA	
Motion cycle: Motion sequence		ZB	
Shift and 1 Motion with reposition		ZC	
Fasten or Loosen		ZD	
Body motion (1 Motion)		KA	

Bend, stoop, kneel	KB
Sit and stand	KC

Cara membaca kode MTM-UAS

A-X-X

A : simbol untuk *Get and Place* (ambil dan letakan obyek)

X : kasus dari *Get and Place* yang dipengaruhi oleh berat, kondisi serta tingkat keakuratan meletakkan obyek

X : jarak obyek, dimana,  
1 → jarak obyek ≤ 20 cm  
2 → jarak obyek 20-50 cm  
3 → jarak obyek 50-80 cm

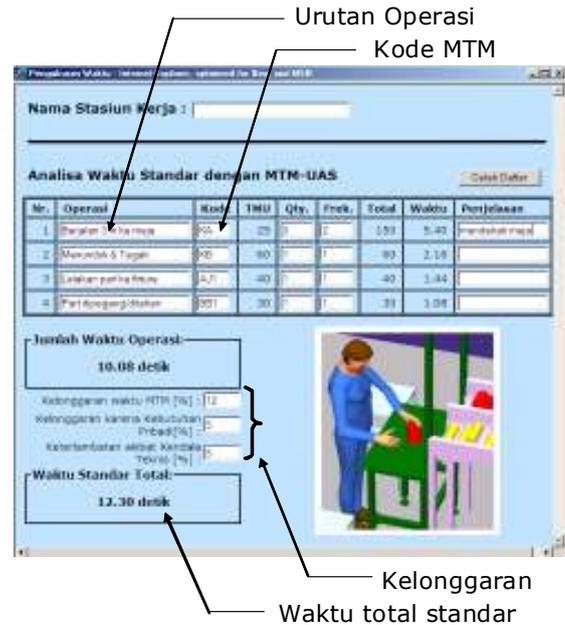
Sebagai contoh kode gerakan AE2 pada MTM-UAS adalah gabungan gerakan mengambil obyek (*picking*) dan meletakkan (*placing*) untuk berat obyek di bawah 1 kg, penanganan obyek dengan tangan relatif sulit dan cara meletakkan (*placing*) dengan cukup koordinasi, jarak obyek 20-50 cm.

Contoh yang lain adalah gerakan mengambil sebuah baut M12 dan menyelipkannya dalam lubang ulir diikuti gerakan memutar 4 kali, maka kode MTM-UAS adalah: AE2 (55 TMU) dan ZB2 (30 TMU/4 kali).

#### 4 APLIKASI BERBASIS WEB UNTUK PERHITUNGAN WAKTU STANDAR

Waktu yang dipakai untuk melakukan proses produksi/ perakitan merupakan salah satu elemen penting untuk merancang tataletak dan stasiun kerja. Waktu yang dipakai ini terdiri dari dua komponen yaitu waktu proses dengan nilai tambah (*added value*) dan waktu proses tanpa nilai tambah. Yang terakhir ini merupakan gerakan-gerakan yang diperlukan dalam penanganan produk seperti gerakan mengambil dan meletakkan, kontrol visual, menjangkau alat dll. yang sudah distandarkan dengan metoda MTM-UAS. Meminimalkan komponen waktu tanpa nilai tambah adalah kunci untuk meningkatkan produktifitas kerja. Untuk itu telah dibuat suatu aplikasi berbasis Web untuk perhitungan waktu standar, yang merupakan modul tambahan dari @WebPlan yang sudah ada. Aplikasi yang dibuat ini diperlihatkan pada Gambar 4. Pengguna dapat memasukkan operasi dengan kode MTM tertentu, jumlah dan frekuensi operasi tersebut dilakukan. Perangkat lunak dapat menentukan TMU dan waktu standar/operasi secara otomatis. Daftar operasi berikutnya muncul setelah operasi sebelumnya selesai didefinisikan dan

pengguna dapat mendefinisikan operasi berikutnya. Kelonggaran (*allowance*) dapat diisikan oleh pengguna. Kelonggaran yang diberikan adalah kelonggaran waktu MTM-UAS yang dipengaruhi oleh kecakapan operator, kelonggaran karena kebutuhan pribadi dan keterlambatan (*delay*) akibat kendala teknis. Waktu standar total secara otomatis muncul dan dapat dipergunakan untuk analisa lanjut.



**Gambar 7. Modul pengukuran waktu standar pada @WebPlan**

Sebagai contoh, aplikasi ini dipakai pada pengukuran waktu untuk kegiatan operasi merakit rumah motor (kecil) dengan 4 baut pada stasiun kerja perakitan motor listrik. Operasi yang dilakukan adalah jalan mendekati kotak baut sejarak 3 m, dan kembali - membungkukan badan dan tegak kembali - rumah motor diletakkan pada posisi rakit - rumah motor dengan perkakas khusus ditahan - pemasangan baut 4 buah dan memutar baut 4 buah dengan alat. Waktu total operasi dengan cara ini sebesar 30,42 detik ditambah kelonggaran (*allowance*) untuk pengukuran MTM 12%, kelonggaran karena jeda/ istirahat 5% dan kelonggaran karena kegiatan lain sebesar 5%. Waktu standar operasi perakitan ini adalah 37,11 detik. Validasi data operasi perakitan yang sama dilakukan oleh seorang operator yang kurang berpengalaman sebanyak 5 kali menghasilkan waktu standar rata-rata  $39,4 \pm 3.5$  detik. Berarti tingkat kesalahan rata-rata adalah 6,1% lebih besar dari hasil perhitungan. Kesalahan ini relatif kecil sehingga metoda ini dapat diterapkan

pada pemakaian perhitungan waktu standar.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam karya tulis ini sudah dikembangkan suatu aplikasi perhitungan waktu standar berdasarkan Metode MTM-UAS yang merupakan bagian yang terintegrasi dari pengembangan *software* perancangan sistem kerja yang dinamakan dengan @WebPlan. Perhitungan waktu standar dengan metode MTM-UAS ini cocok dipakai untuk perhitungan waktu untuk produksi serial dan operasi perakitan secara manual. Aplikasi ini sebaiknya dipakai oleh pengguna yang sudah terlebih dahulu mengetahui (melalui pelatihan khusus) cara menghitung waktu standar. Berdasarkan validasi hasil perhitungan dengan metoda MTM-UAS menggunakan aplikasi yang dirancang dengan pengujian operasi secara langsung, maka dapat disimpulkan metode ini telah mendekati hasil yang sebenarnya dan perbedaan yang terjadi relatif tidak terlalu besar. Disarankan pada penelitian ini untuk dilanjutkan dengan distribusi waktu standar suatu pekerjaan/operasi perakitan produk dan perhitungan keseimbangan (balans) lini produksi dengan mengacu kepada kapasitas produksi yang diinginkan. Perhitungan ini menjadi dasar dalam melakukan konfigurasi dan tataletak stasiun kerja yang sedang dibentuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.L. Blais, D. Brutzman, J.W. Harney, and J. Weekley, "Emerging Web-based 3D Graphics for Education and Experimentation," dalam *Proceeding of 2002 Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*, Orlando, Florida, Dec., 2002.
- [2] L. Monplaisir, *Collaborative Engineering for Product Design and Development*, California, USA: American Scientific Publishers, 2002.
- [3] H. Mukundan, "Editorial: Virtual Manufacturing," *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, vol. 1, no. 1, 1-3, 1987.
- [4] E. Müller, T. Gäse, and J. Riegel, "Layoutplanung partizipativ und vernetzt," *Journal of wt Werkstattstechnik*, vol. 94, no. 04, pp. 266-270, 2004.
- [5] N. N., *Körpermaße des Menschen*, DIN 33402, 1986
- [6] N. N.: DELMIA V5 Human Solutions. In: *Konstruktion-Praxis*, Ausgabe 10/2004.
- [7] REFA (Hrsg.): *Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2 Datenermittlung*. 7. Auflage. München: Carl Hanser Verlag 1992
- [8] G. Schuh, M. Bergholz, S. Gottschalk, "Fabrikkonzepte für die kollaborative Produktion," *Journal of wt Werkstattstechnik*, vol. 93, no. 4, pp. 300-304, 2003.
- [9] A. Sutanto, "@Webplan Versi 1 : Prototip Perangkat Lunak Untuk Solusi Perancangan Sistem Perakitan," *Jurnal Teknik* vol. 3, no. 27, 2007.
- [10] A. Sutanto, "Disain Stasiun Kerja yang Ergonomis dengan Metoda Virtual Manufacturing," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 6, no. 2, 2007.
- [11] A. Sutanto, "Alat Bantu Analisis Ergonomi Berbasis Web sebagai Pendukung Perangkat Lunak @WebPlan," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, 2007.
- [12] E. Westkämper, M. Pfeffer, M. Dürr, "Partizipative Fabrikplanung mit kalierbarem Modell," *Journal of wt Werkstattstechnik*, vol. 94, 2004.