

Suatu Metoda Perancangan Fasilitas Produksi Berbasis Teknologi Web Tiga Dimensi

Agus Sutanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Limau Manis Padang 25163
E-mail : sutanto@ft.unand.ac.id

Abstrak

Metoda-metoda perancangan yang ada belum menfasilitasi metoda perancangan yang partisipatif dan kolaboratif untuk suatu tim dengan perbedaan geografis lokasi kerja. Pada sisi lain, adanya kecenderungan baru terhadap jaringan kerjasama global, yang memerlukan metoda perancangan yang memadai sehingga memungkinkan orang bekerja pada suatu tim dengan banyak disiplin dan pertukaran ide dan informasi antar anggota-anggotanya. Dengan pesatnya perkembangan teknologi internet dan Web Tiga Dimensi (Web3D) memberi peluang baru dalam pengembangan metoda dan perangkat lunak untuk perancangan fasilitas produksi dengan karakteristik tersebut di atas. Karya tulis ini menyajikan suatu metoda perancangan fasilitas produksi/perakitan dalam bentuk sebuah prototip perangkat lunak berbasis teknologi Web Tiga Dimensi. Prototip perangkat lunak yang disebut @WebPlan ini terintegrasi dengan suatu Internet Browser dan VRML Viewer dalam suatu arsitektur Client-Server. Metoda perancangan ini memperlihatkan suatu potensi yang cukup baik untuk perancangan multi-disiplin dengan lokasi geografis yang berbeda. Disamping itu proses perancangan dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan (delivered on demand) yang tidak dibatasi oleh waktu dan ruang (at any time and place)

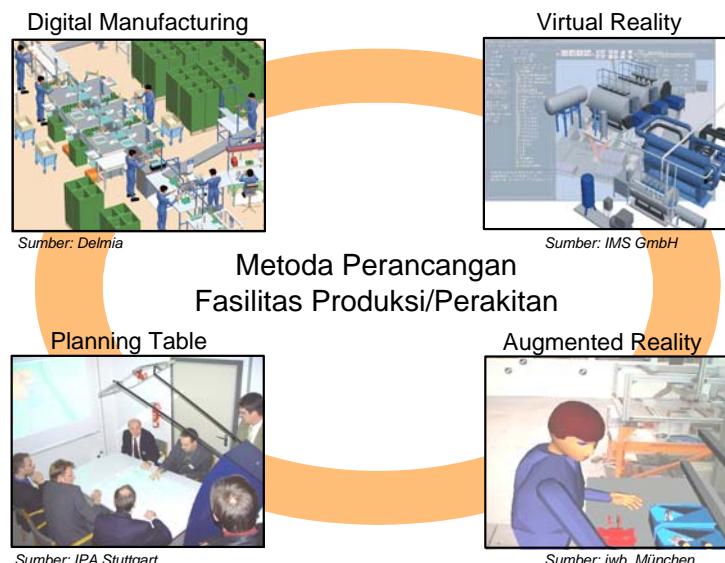
Kata kunci: Metoda Perancangan, @WebPlan, Web Tiga Dimensi (Web3D), Internet

1. Pendahuluan

Metoda-metoda dalam perancangan suatu fasilitas produksi telah dikembangkan oleh beberapa peneliti di bidang ini. Beberapa diantaranya, seperti Braun et al [3] mengembangkan sebuah alat bantu perangkat lunak yang disebut EMMA untuk perancangan suatu stasiun kerja fasilitas perakitan. Perangkat lunak ini dapat melakukan konfigurasi serta mampu menganalisa beberapa alternatif stasiun kerja perakitan dengan kriteria ekonomis dan ergonomis. Peneliti lain seperti, Reinhart et al [8], juga telah mengembangkan metoda *Augmented Reality* (AR) dalam mengembangkan suatu stasiun kerja perakitan. Metoda ini menggabungkan obyek-obyek virtual yang dihasilkan oleh komputer dengan obyek-obyek nyata stasiun kerja dalam suatu kesatuan visual. Metoda lain yang disebut *Virtual Reality* [1] memanfaatkan visualisasi *stereoscopic* dalam perancangan sedemikian sehingga obyek virtual (fasilitas produksi) tampak seolah-olah nyata. Demikian juga perancangan fasilitas produksi secara partisipatif dan mengutamakan kerjasama tim telah dikembangkan oleh Westkämper et al [15] dengan suatu sistem yang disebut “Planning Table”. Sistem ini menyediakan meja khusus tempat beberapa orang mendiskusikan perancangan (layout) suatu fasilitas produksi. Sebuah kotak kecil yang dapat digerakkan di atas meja tersebut dapat mewakili suatu fasilitas produksi. Perubahan yang terjadi pada meja diskusi tersebut dapat dilihat langsung secara tiga dimensi pada layar monitor komputer yang mewakili visualisasi fasilitas produksi keseluruhan. Beberapa *software* komersial memperkenalkan istilah *digital manufacturing* [1], [10], [12] yang merupakan solusi terintegrasi hampir seluruh aspek perencanaan suatu sistem produksi dengan memakai model-model digital. Metoda-metoda yang disebut di atas diperlihatkan pada Gambar 1.

Dari beberapa studi literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa metoda-metoda perancangan telah berkembang dengan pendekatan berbagai macam metoda. Akan tetapi metoda yang menfasilitasi perancangan yang bersifat partisipatif dan kolaboratif, terutama pada suatu tim

dengan perbedaan geografis lokasi kerja masih terlihat defisit [11]. Dilain pihak, tampak adanya kecenderungan baru terhadap adanya jaringan kerjasama global yang memerlukan sistem perancangan baru yang memadai sehingga kerja dalam tim dengan banyak disiplin dan pertukaran ide dan informasi yang intens di antara anggota-anggotanya memungkinkan [5], [6], [11].



Gambar 1. Beberapa metoda perancangan fasilitas produksi yang ada

Teknologi Internet yang telah berkembang dengan pesatnya dewasa ini [4], [5] memungkinkan integrasi berbagai macam obyek seperti: gambar, animasi, basis data, dll., dalam suatu kesatuan perangkat lunak berbasiskan Web. Tak ketinggalan dalam hal ini adalah tampilan obyek-obyek virtual tiga dimensi pada Web, memberi peluang dalam pengembangan metoda baru dan perangkat lunak untuk perancangan fasilitas produksi yang kolaboratif dan dapat diakses oleh pengguna dalam ruang dan waktu yang berbeda [9]. Hal inilah yang menjadi latarbelakang pengembangan suatu metoda perancangan fasilitas produksi yang berbasis Internet (Web).

2. Teknologi Internet dan Web Tiga Dimensi (Web3D)

Internet pada hakekatnya adalah jaringan (network) yang terhubung dengan jaringan-jaringan lainnya. Jaringan tersebut menghubungkan berjuta-juta komputer (atau yang disebut *host*) dan memungkinkan perpindahan informasi dari suatu komputer ke komputer lainnya dengan suatu tatacara yang dikenal dengan protocol, misalnya TCP/IP. Komunikasi dalam internet merupakan suatu komunikasi jaringan client-server. Client adalah sisi penguna yang menyampaikan pesan (message) untuk meminta informasi dari sebuah server dengan alamat tertentu (IP) pada jaringan yang lain. Pesan tersebut dinavigasikan agar mencapai tujuan (server) yang memiliki informasi tersebut. Umumnya pesan yang dikirimkan melewati jaringan lain atau melewati router tertentu. Pesan tersebut oleh suatu protocol mengkonversi pesan tersebut dalam suatu paket. Bila server menerima paket tersebut maka dia membaca pesan yang dikirim dan dengan protocol yang tersedia, akan memenuhi/membalas pesan tersebut untuk dikirimkan ke client. Dalam hal ini informasi sekarang sampai di layar monitor pemakai informasi.

World Wide Web, atau disingkat Web menyediakan suatu *interface* ke jaringan internet. Suatu halaman Web dapat terdiri dari teks, gambar dan bentuk multi-media lain yang terhubung secara hypertext. Umumnya halaman Web ditulis dengan HTML dan ditransmisikan dengan protokol HTTP. Sebuah *software*, yang disebut dengan Web Browser, dibutuhkan untuk melihat halaman

Web. Dalam perkembangannya, Web berkembang semakin dinamis dengan memasukkan berbagai teknologi Web lain seperti Javascript/Jscript, CSS, XML, DOM, PHP, CGI, *Plug-in*, *ActiveX Control* dll. Dengan teknologi yang disebut terakhir, dapat dikatakan hampir seluruh obyek/aplikasi dapat diintegrasikan (embedded) dalam halaman Web.

Web Tiga Dimensi (Web3D) adalah sebuah teknologi yang dapat menampilkan halaman Web dalam bentuk grafik tiga dimensi. Beberapa standar Web3D yang dikembangkan dewasa ini adalah: VRML (Virtual Reality Modelling Language), X3D (Extensible 3D), Java 3D, MPEG-4/BIFS dan Teknologi *stream* untuk 3D. VRML merupakan standar Web3D yang paling dulu dikembangkan dan yang telah menjadi standar ISO untuk grafik tiga dimensi pada Web. Data VRML tersebut ditampilkan secara tiga dimensi pada halaman Web dengan mempergunakan suatu VRML Browser/Viewer (contoh: Cortona Engine). Demikian juga integrasi data VRML ke dalam halaman Web menggunakan element EMBED atau OBJECT. Pada karya tulis ini, telah dikembangkan suatu lingkungan tiga dimensi (3D virtual environment) berbasis VRML yang menyatu (embedded) dengan halaman Web.

3. Lingkungan Virtual Tiga Dimensi untuk Perancangan Fasilitas Produksi

Lingkungan virtual tiga dimensi yang dibuat berbasiskan VRML. Dalam lingkungan 3D tersebut (disebut juga **Prototip VRML**, lihat Gambar 3) obyek-obyek virtual yang mewakili fasilitas produksi dapat divisualisasikan dan ditransformasikan dalam ruang 3D. Kemampuan ini yang mendasari pengembangan suatu perangkat lunak untuk perancangan fasilitas produksi berbasis Web.

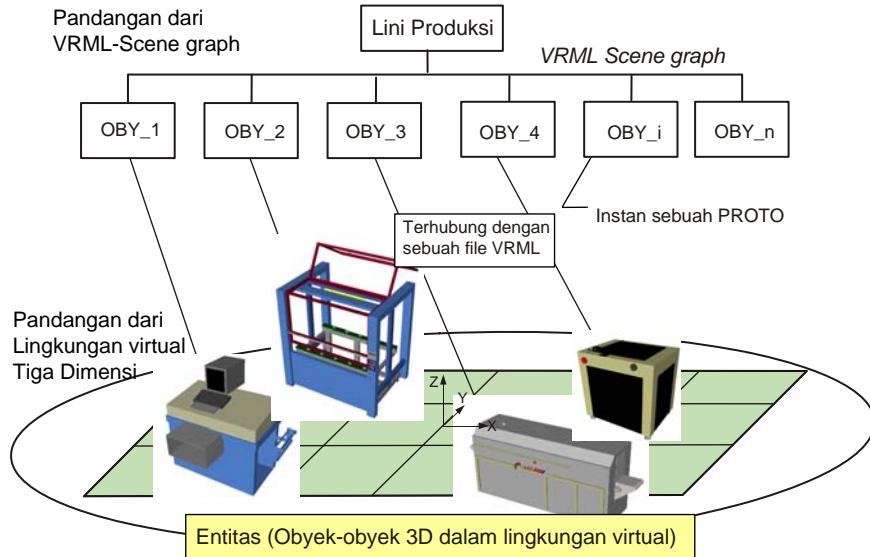
Pengembangan suatu lingkungan virtual tiga dimensi ini mengadopsi konsep pemrograman yang berorientasi obyek. Dengan cara ini, diperlukan sebuah PROTO (mekanisme pada VRML untuk menghasilkan obyek dari suatu pola/cetakan yang mewakili sistem riil). Sebuah PROTO memiliki atribut (dapat bersifat *private* atau *public*) dan beberapa fungsi/metoda tertentu sesuai dengan karakteristik dari obyek yang diingini. Deklarasi PROTO tersebut untuk metoda perancangan fasilitas produksi berbasis Web ini secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut:

```
PROTO Fasilitas_Produksi [
    eventIn    SFString      set_sensor_type
    eventIn    SFVec3f       set_scale
    eventIn    SFVec3f       set_position
    eventIn    SFRotation    set_orientation
    eventIn    SFString      set_adr
    eventIn    SFBool        set_collision
    eventOut   SFVec3f       scale_changed
    eventOut   SFVec3f       position_changed
    eventOut   SFRotation    orientation_changed
    eventOut   SFString      sensor_type_changed
```

```
(atribut-atribut lain, seperti nilai default untuk:
    sensor_type, scale, position, orientation, adr, status collision ) ] ]
{   (PROTO definition) ...
    DEF Scr_Script {
        url   ["javascript:
                (sekumpulan fungsi menggunakan kode JavaScript) "]
        (ROUTE statements)
    }
}
```

Instan dari PROTO **Fasilitas_Produksi** disebut dengan obyek, seperti terlihat pada Gambar 2, adalah OBY_1, OBY_2, OBY_3, OBY_4 sampai dengan OBY_n. Obyek-obyek ini mewakili fasilitas produksi/mesin/peralatan dalam suatu lini produksi. Pada Gambar ini juga

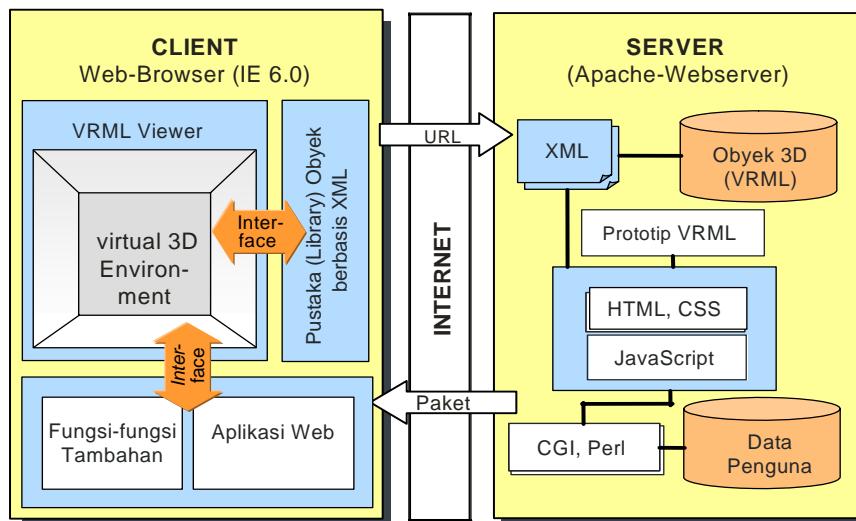
memperlihatkan hirarki tertinggi adalah obyek **Lini Produksi**, yang merupakan obyek penampung dari obyek yang mewakili seluruh fasilitas produksi.



Gambar 2. Lingkungan virtual 3D berbasis VRML yang menjadi dasar pengembangan perangkat lunak

4. Metoda Perancangan dengan Arsitektur Client-Server

Metoda perancangan berbasis Web yang dibuat memakai arsitektur client-server seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Microsoft Internet Explore (IE 6.0) berfungsi sebagai Browser pada client. Browser ini berguna untuk menampilkan halaman Web (HTML) yang telah terintegrasi (embeded) dengan suatu VRML Viewer (yang dipakai adalah Cortona VRML Client dari ParallelGraphics [16]) sehingga dapat menvisualisasikan obyek-obyek virtual 3D. Pada client dibuat juga beberapa APIs (Application Programming Interfaces) sebagai *interface* halaman Web dengan obyek-obyek pada lingkungan virtual 3D. Pustaka obyek 3D yang berbasis VRML dan disusun dengan bahasa XML (Extendible Markup Languange) adalah bagian yang dapat dilihat pada sisi client, disamping fungsi-fungsi aplikasi Web seperti: transformasi obyek dan manajemen data (seperti: save/open file) serta fungsi tambahan lainnya.



Gambar 3. Arsitektur client-server serta elemen-elemen sub-program yang mendukungnya.

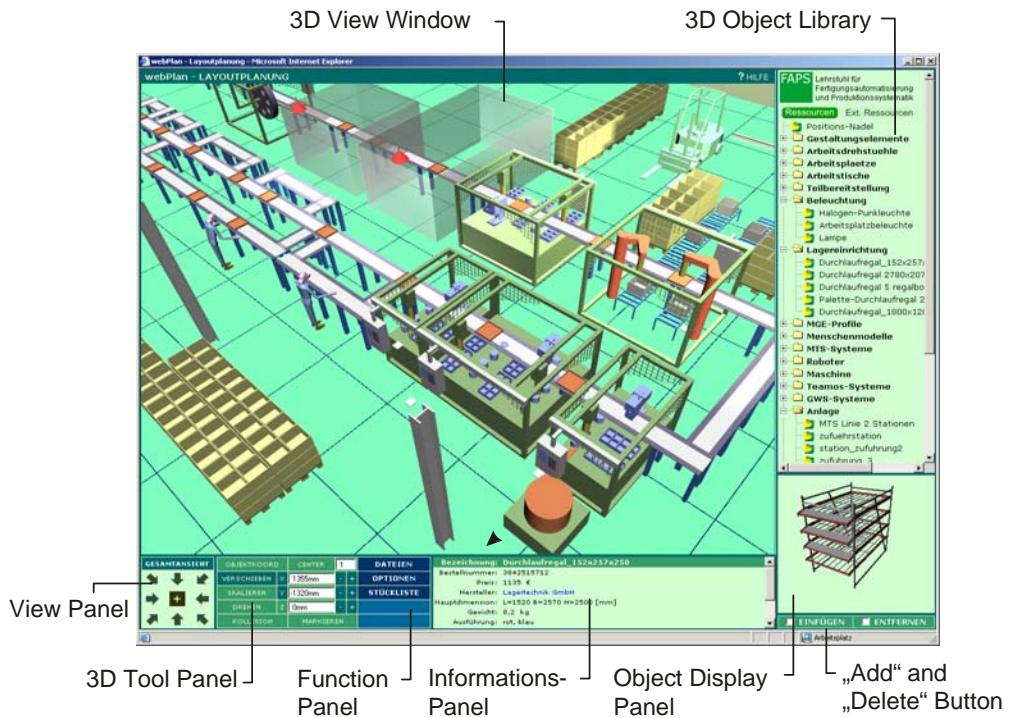
Pada server tersimpan seluruh data-data dalam menjalankan aplikasi ini, yang terdiri dari data untuk suatu lingkungan 3D (virtual 3D environment), obyek-obyek virtual 3D dalam suatu *library* dan client application script seperti: HTML, Javascript dan CSS. Dokumen untuk mengelola obyek-obyek fasilitas produksi dibuat dengan XML dan DOM. Selain itu tersedia data-data yang bersifat *server-side application* seperti CGI script dan PERL untuk fungsi-fungsi khusus (seperti: *save/open files*). Perangkat lunak pada server dijalankan dengan mempergunakan Apache Web Server Version 2.0.

Dengan arsitektur client-server ini memungkinkan aplikasi yang dirancang dapat diakses oleh sekelompok orang (tim kerja) dengan geografis lokasi kerja yang berbeda. Selain itu kegiatan perancangan tidak terkendala lagi oleh waktu. Suatu anggota tim kerja dapat melakukan proses perancangan pada tempat dan waktu berbeda, dan hasil rancangannya dapat dilihat oleh tim lain yang berbeda lokasi dan waktu kerja.

5. Prototip Perangkat Lunak yang Dibuat

Prototip perangkat lunak yang dibuat, disebut dengan @WebPlan, diperlihatkan pada Gambar 4. Perangkat lunak tersebut terdiri dari beberapa window dan panel yaitu:

- **3D View window:** window ini berfungsi untuk menampilkan hasil rancangan berupa desain tataletak fasilitas produksi termasuk stasiun kerja.
- **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 obyek virtualnya pada **Obyek Display Panel**.
- **View Panel:** Pada bagian ini memungkinkan pengguna untuk melihat lini produksi dari sudut pandang yang diingini.
- **3D Tool Panel:** adalah panel yang memungkinkan pengguna untuk mentransformasikan (translasi, rotasi dan skala) obyek fasilitas produksi yang aktif. Selain fungsi tersebut, juga tersedia fungsi "*collision*" dan "*marking*" dari sebuah obyek
- **Function Panel:** pada panel ini tersedia fungsi-fungsi untuk manajemen data (save, open, download, upload, rename dan delete) dan fitur-fitur *checklist* untuk analisa ergonomi dan analisa tambahan lainnya sebagai alat bantu dalam perancangan.



Gambar 4. Prototip perangkat lunak untuk perancangan fasilitas Produksi berbasis Web yang disebut dengan @WebPlan

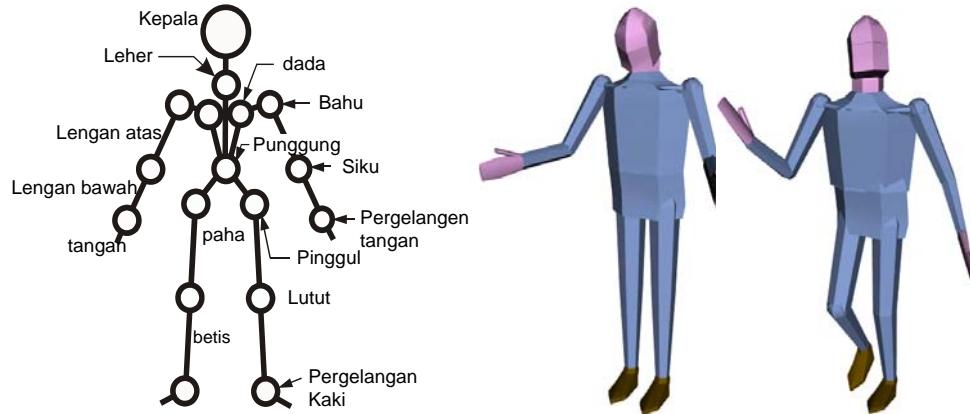
- **Information Panel:** memberikan deskripsi lanjut dari obyek yang dipilih pada **3D Object Library**. Informasi ini antara lain nama, nomor pesanan, katalog, harga, berat, ukuran dan keterangan lain tentang obyek tersebut.
- Tombol **Add** berfungsi untuk menambah sebuah obyek kedalam 3D View Window dan Tombol **Delete** berfungsi untuk menghapus sebuah obyek yang dipilih

6. Modul-modul yang Terintegrasi pada Perangkat Lunak @WebPlan

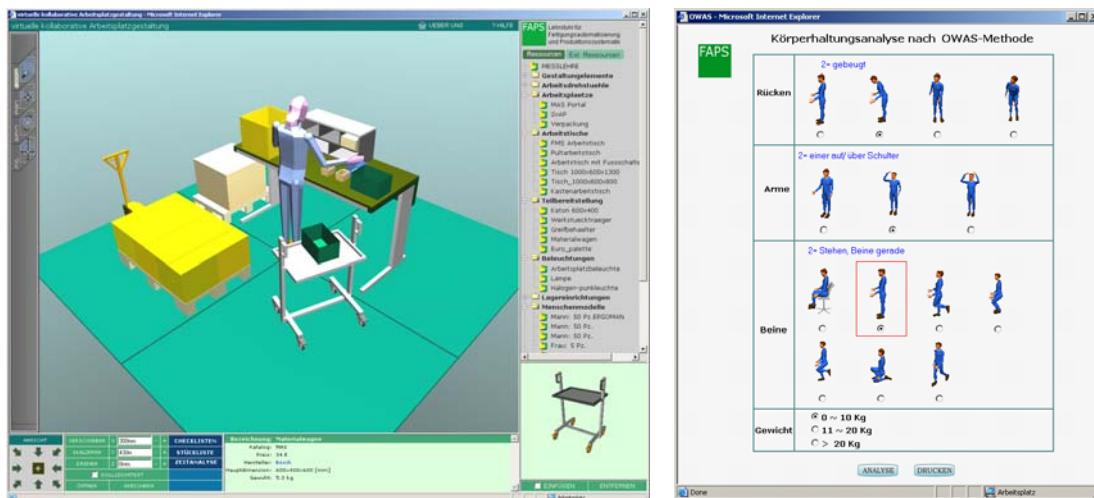
@WebPlan dalam perkembangnya ditambah dengan beberapa modul seperti:

- 1) modul perancangan layout stasiun kerja dengan model manusia tiga dimensi
- 2) modul untuk menghitung waktu kerja berdasarkan MTM (Method Time Measurement)
- 3) checklist untuk analisa ergonomi dalam kerja seperti: menghitung tinggi kerja, analisa kerja manual, analisa postur kerja dll.

Pemodelan tubuh manusia dengan berbasis model VRML dirancang berdasarkan hirarki nodal dari sendi (joint) dan segmen tubuh manusia (lihat Gambar 5). Beberapa persendian yang dirancang adalah pada bagian leher, dada(kiri dan kanan), bahu (kiri dan kanan), siku (kiri dan kanan), pergelangan tangan (kiri dan kanan), tulang punggung bagian belakang, pinggul (kiri dan kanan), lutut (kiri dan kanan) dan pergelangan kaki (kiri dan kanan). Model tubuh manusia dengan ukuran tubuh yang memakai standar DIN diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Model dari segmen tubuh manusia dan sendi-sendinya (kiri), Model 3D tubuh manusia berbasiskan VRML (kanan)



Gambar 6. Hasil rancangan @WebPlan untuk stasiun kerja manual (kanan); Kotak dialog untuk analisa postur tubuh manusia dalam bekerja menurut OWAS (kiri)

Suatu hasil perancangan stasiun kerja manual dengan memakai model manusia dengan @WebPlan dapat dilihat pada Gambar 6. (kiri). Gambar 6, kanan juga memperlihatkan salah satu *checklist* yang dibuat yaitu analisa postur tubuh dalam bekerja berdasarkan OWAS. Selain itu juga telah dibuat beberapa analisa ergonomis dalam perancangan stasiun kerja manual seperti: analisa tinggi kerja, analisa proses pengangkatan beban menurut NIOSH, dll. Tidak tertutup kemungkinan untuk menambah (mengintegrasikan) fitur-fitur lain dalam @WebPlan ini sesuai dengan keluaran yang diingini.

7. Kesimpulan dan Saran

Metoda perancangan fasilitas produksi berbasiskan Web Tiga Dimensi, yang dapat diakses dengan media Internet ini, memperlihatkan suatu potensi yang cukup besar dalam menfasilitasi suatu proses pemecahan masalah terutama untuk suatu tim dengan perbedaan geografis lokasi kerja. Metoda perancangan ini memungkinkan metoda perancangan yang partisipatif dan kolaboratif. Hal ini sejalan dengan perkembangan globalisasi dan bekerja dalam suatu jaringan dengan disiplin dan lokasi kerja yang berbeda. Dengan metoda ini, bagi tim perancangan dengan lokasi berbeda memungkinkan pengurangan ongkos perancangan dengan meminimalisasi biaya perjalanan. Dibanding dengan metoda-metoda lain untuk bidang yang sama, proses perancangan dengan metoda ini diharapkan dapat proses perancangan dapat dilakukan sesuai dengan

kebutuhan (*delivered on-demand*), yang tidak dibatasi oleh waktu dan tempat (at any time and place).

Pada perangkat lunak @WebPlan yang dikembangkan masih terbatas pada penggunaan Internet Browser dari Microsoft (IE 6.0) dan belum menfasilitasi *codes* untuk Internet Browser lain seperti Mozilla, Netscape dan Opera. Saran pengembangan perangkat lunak ini adalah suatu aplikasi berbasis program Java yang tidak berorientasi pada salah satu Browser.

Daftar Pustaka

1. Bär, T.; Haasis, S., 2003, Step towards the Digital Factory, *Proceeding of 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Sistem, Saarbrücken, German*, pp. 171-176.
2. Blais, C. L.; Brutzman, D. et al, 2002, Emerging Web-based 3D Graphics for Education and Experimentation, *Proceeding of 2002 Interservice/ Industry Training, Simulation, and Education Conference, Orlando, Florida*.
3. Braun, W. J.; Reboller, R.; Schiller, E. F., 1996, Computer Aided Planning and Design of Manual Assembly Sistems, *International Journal of Production Research Vol.34, No.8*, pp. 2317–2333.
4. Lau, R. W. H.; Li, F.; Kunii, T.; et al, 2003, Emerging Web Graphics Standards and Technologies, *IEEE Computer Graphics and Applications Vol. 23, No. 1*, pp. 66-75.
5. Linner, S.; Wunsch, 2000, E-Manufacturing - Produktionsplanung in kooperativen Strukturen, *Proceeding of Innovationsforum Virtuelle Produktentstehung, Berlin*.
6. Monplaisir, L., 2002, *Collaborative Engineering for Product Design and Development*, California, USA: American Scientific Publishers.
7. Müller, E.; Gäse, T.; Riegel, J., 2004, Layoutplanung partizipativ und vernetzt., *Journal of wt Werkstattstechnik Vol. 94, Issue 04*, pp. 266-270.
8. Reinhart, G.; Zäh, M. F.,et al, 2003, Augmented Reality in der Produktionsplanung, *Journal of wt Werkstattstechnik Vol. 93, Issue 09*, pp. 651-653.
9. Roy, U.; Kodkani, S. S., 2001, Collaborative Product Conceptualization Tool Using Web Technology, *Journal of Computer in Industry Vol. 41, Issue 2*, pp. 195-209.
10. Sauer, O., 2004, Einfluss der Digitalen Fabrik auf die Fabrikplanung, *Journal of wt Werkstattstechnik Vol. 94, Issue 01/02*, pp. 31-44.
11. Schuh, G.; Bergholz, M.; Gottschalk, S., 2003, Fabrikkonzepte für die kollaborative Produktion, *Journal of wt Werkstattstechnik Vol. 93 Issue 04*, pp. 300-304.
12. Sutanto, A., 2005, Solution Approachs for Planning of Assembly System in the Three Dimentional Virtual Environment, Ph.D Dissertation, Meisbach Verlag, Bamberg.
13. Sutanto, A., 2004, Webbasierte Fertigungsplanung für mechatronische Produkte, *BKM (Bayerische Kompetenznetwerk fuer Mechatronik)- Newsletter, No.1/2004*, pp. 2-3.
14. Westkämper, E.; Briel, R. V., 2001, Continuous Improvement and Participative Factory Planning by Computer Sistems, *Annals of the CIRP Vol. 50/1*, pp. 347-352.
15. Westkämper, E.; Pfeffer, M., 2004, Partizipative Fabrikplanung mit skalierbarem Modell, *Journal of wt Werkstattstechnik Vol. 94 Issue 03*, pp. 48-51
16. <http://www.parallelgraphics.com/>