

Application of Augmented Reality Techniques in Through-life Engineering Services

G. Dini, M. Dalle Mura *

Departemen Teknik Sipil dan Industri, Universitas Pisa, Via Diotisalvi, 2, Pisa 56122, Italia

** Penulis terkait. Tel. : + 39-050-2218011. Alamat email: m.dallemura@ing.unipi.it*

Abstrak

Augmented Reality (AR) adalah interaksi manusia-mesin inovatif yang melapisi komponen virtual pada lingkungan dunia nyata dengan banyak aplikasi potensial di berbagai bidang, mulai dari kegiatan pelatihan hingga sehari-hari kehidupan (hiburan, tampilan head-up di kaca depan mobil, dll.). Kemampuan untuk memberikan pengguna informasi yang dibutuhkan tentang suatu proses atau prosedur langsung di lingkungan kerja, merupakan faktor kunci untuk mempertimbangkan AR sebagai alat yang efektif untuk juga digunakan dalam Through-life Engineering Services (TES). Banyak implementasi eksperimental telah dibuat oleh industri dan institusi akademis di area penelitian ini: aplikasi dalam pemeliharaan jarak jauh, diagnostik, pengujian non-destruktif, perbaikan dan pengaturan aktivitas merupakan contoh paling berarti yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Aplikasi ini terkait dengan lingkungan kerja yang berbeda seperti dirgantara, kereta api, pabrik industri, peralatan mesin, peralatan militer, pipa bawah tanah, konstruksi sipil, dll. Makalah utama akan memberikan survei komprehensif dengan meninjau beberapa aplikasi terbaru di bidang ini, dengan menekankan potensi keuntungan, batasan dan kekurangan, serta masalah terbuka yang bisa menjadi tantangan baru untuk masa depan.

© 2015 Penulis. Diterbitkan oleh Elsevier BV Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-NC-ND

© 2015 Penulis. Diterbitkan oleh Elsevier BV

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Peninjauan sejawat di bawah tanggung jawab Ketua Program Konferensi Internasional Keempat tentang Pelayanan Rekayasa Sepanjang Hidup. Peninjauan sejawat di bawah tanggung jawab Ketua Program Konferensi Internasional Keempat tentang Pelayanan Rekayasa Sepanjang Hidup.

Kata kunci: Augmented Reality, Through-Life Engineering

1. Pendahuluan

Augmented Reality (AR) adalah teknologi inovatif yang mampu melengkapi lingkungan dunia nyata dengan input sensorik yang dihasilkan komputer. Komponen virtual ini tampaknya hidup berdampingan dengan komponen nyata di ruang yang sama, meningkatkan persepsi pengguna tentang realitas dan memperkaya konten informasi yang disediakan. Berkat peningkatan yang cukup besar dalam kualitas dan efektivitas interaksi manusia-mesin, penggunaan teknologi ini bergeser dari laboratorium dan institusi akademis di seluruh dunia ke konteks industri dan pasar konsumen yang berbeda.

Penelitian pertama di bidang ini dilakukan pada tahun 60-an oleh Ivan Sutherland di Universitas Harvard [1], tetapi selama tahun 90-an AR mencapai hasil eksperimental yang konkret, yang dapat diterapkan dalam skala besar. Saat ini terdapat banyak sekali area aplikasi untuk AR, mulai dari bidang teknik

hingga berbagai aspek kehidupan sehari-hari.

AR telah didefinisikan sebagai alat interaksi manusia-mesin yang melapisi informasi yang dihasilkan komputer di lingkungan dunia nyata [2] dan dapat digambarkan sebagai satu set dari tiga fitur utama [3]:

- kombinasi objek nyata dan virtual dalam lingkungan nyata;
- interaksi waktu nyata dengan sistem, mampu bereaksi terhadap masukan pengguna;
- penyesuaian geometris objek virtual dengan objek nyata di dunia nyata.

Kekuatan AR dapat diidentifikasi sebagai berikut: sistem

- imersif: informasi terintegrasi langsung di dunia nyata;
- interpretasi langsung atas informasi: pesan yang disediakan mudah dimengerti oleh pengguna; kemampuan tanpa kertas untuk memberikan pengetahuan dalam jumlah besar;
- kemungkinan untuk mengintegrasikan sistem dengan perangkat berbantuan komputer lainnya;

prosedur lebih cepat: operator tidak mengurangi perhatian dari lingkungan nyata, sambil berkonsultasi dengan instruksi prosedural.

Karakteristik ini dapat bervariasi, tergantung pada teknik yang digunakan untuk mengimplementasikan AR. Dengan demikian, berbagai jenis sistem yang saat ini tersedia untuk mewujudkan integrasi antara realitas dan virtualitas ini diklasifikasikan dan dianalisis.

Makalah ini telah disusun sebagai berikut: gambaran umum tentang teknik AR saat ini telah disediakan di bagian 2; keuntungan dari menggabungkan AR dan TES telah disajikan di bagian 3; deskripsi dari literatur state-of-the-art untuk aplikasi AR di TES telah disediakan di bagian 4; Isu-isu terbuka untuk mengarahkan penelitian di masa depan telah disajikan dalam bagian 5, serta keterbatasan saat ini terutama karena beberapa masalah perangkat keras dan perangkat lunak, yang jelas masih ada dalam sistem yang sangat inovatif dan revolusioner ini.

2. Gambaran umum tentang teknik AR

Untuk menggabungkan objek virtual dan gambar nyata, salah satu metodologi berikut dapat digunakan, sesuai dengan metode penumpangan komponen virtual pada lingkungan dunia nyata:

bidang visual pengguna, sementara dia secara langsung mengamati pemandangan nyata.

dan dikerjakan ulang oleh komputer. Hasilnya kemudian ditampilkan pada monitor di mana pengguna secara tidak langsung mengamati pemandangan sebenarnya.

Proyeksi gambar: gambar diproyeksikan secara langsung pada permukaan objek fisik.

pemandangan nyata. Video mixing: informasi digital

diperoleh dengan kamera 3% 8% 24%

54%

3% 12% 3% 24% 6%

29%

24%

Komponen hardware utama yang diperlukan untuk melakukan



11%

PEMELIHARAAN hujan inspection safety mesin

railway kesehatan aerospace kesehatan automotive industrial tanaman consumer barang civil struktur military

aplikasi AR dan fungsi mereka adalah:

Komputer; Selain membuat konten virtual dan mengelola semua perangkat, ia juga harus menyelaraskan konten virtual dan posisi pengamat sehubungan

dengan pemandangan, sesuai dengan informasi pengguna dan yang berasal dari sistem pelacakan.

Perangkat tampilan; ada tiga kategori berbeda, tergantung pada posisi yang

(a) (b)

ditempati terkait dengan 78% 19% 3%



23%

8% 8% 58%

3%

3%

pengguna; ii) Hand-Held Display (HHD), HHD dipasang dan diadakan tablet patiallayar layar seperti tablet atau ponsel; iii) Tampilan Spasial (SD). Arge projector

objek yang diamati: i) Head-Mounted Display (HMD), dikenakan di kepala optical kombinasi video pencampuran penyihir proyeksi

sistem Tracking diperlukan untuk memperoleh dan mencatat posisi pengguna dan orientasi dalam ruang, dalam rangka untuk benar menyelaraskan gambar virtual untuk yang asli.

Alat interaksi, seperti touchpads atau perangkat nirkabel, untuk digunakan sebagai perangkat input tambahan.

3. AR dan Through-life Engineering Services

Through-life Engineering Services (TES) menangani kebutuhan manajemen aset, pemantauan kondisi dan kerusakan
16 G. Dini dan M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23

Through-life Engineering Services. Gambaran distribusi diberikan pada Gambar 1.

Analisis data sebelumnya dengan jelas menunjukkan bahwa sebagian besar

aplikasi dapat ditemukan dalam pemeliharaan, perbaikan, dan tugas inspeksi, sedangkan area dengan banyak aplikasi adalah ruang angkasa, otomotif, dan pabrik industri. Se jauh menyangkut implementasi, metode yang paling banyak digunakan untuk overlay komponen virtual di dunia nyata tidak diragukan lagi diwakili oleh teknologi pencampuran video (untuk pendekatan intrinsik yang lebih imersif), menggunakan HMD untuk menampilkan informasi kepada pengguna, meskipun penggunaan tablet semakin umum, terutama pada aplikasi terbaru.

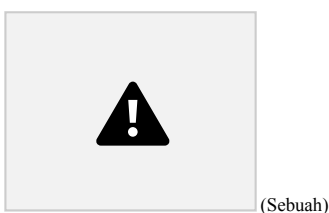
Berikut ini, beberapa aplikasi yang berarti telah dijelaskan dan dianalisis untuk menekankan fitur utama dari potensi AR di bidang tipikal TES.

4.1. Pemeliharaan dan perbaikan

Aktivitas pemeliharaan dan perbaikan menghadirkan banyak aplikasi AR, menggunakan berbagai metode dan perangkat keras overlay. Tidak diragukan lagi, operasi yang diselesaikan selama aktivitas semacam ini didukung dengan baik oleh urutan informasi virtual yang diberikan oleh sistem AR.

Contoh penerapan pertama tentang pemeliharaan kereta api dijelaskan dalam [5]. Tugasnya adalah melakukan operasi pada transformator listrik, di mana sistem menggunakan model CAD dari suku cadang dan petunjuk visual untuk mengambil namanya dan mengilustrasikan kepada pengguna langkah-langkah pemeliharaan, seperti yang diilustrasikan pada Gbr. 2.

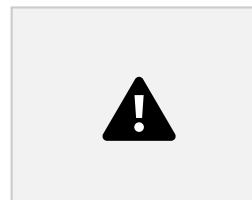
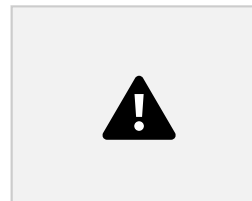
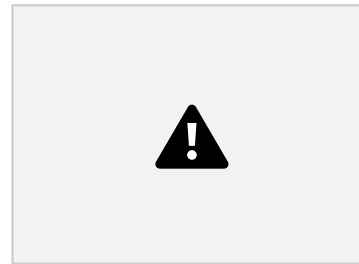
Banyak kontribusi telah menarik minat bidang aplikasi kedirgantaraan. Perangkat optik telah digunakan untuk mengenali penanda yang ditempatkan pada komponen pesawat [6]. Seperti diilustrasikan pada Gbr.3, pengguna dapat memposisikan lensa penggabung tembus pandang di depan salah satu mata dan menerima informasi teks virtual dari sistem.



(c) (d)
Gbr. 1. Distribusi aplikasi AR di TES, dengan mengacu pada: (a) layanan; (b) area penerapan; (c) metode pelapisan AR; (d) perangkat tampilan AR (hasil diperoleh dengan menganalisis 53 kontribusi).

4. Aplikasi AR

Semua pertimbangan yang disebutkan di atas, dalam beberapa tahun terakhir, telah mengarah pada pengembangan berbagai aplikasi AR di

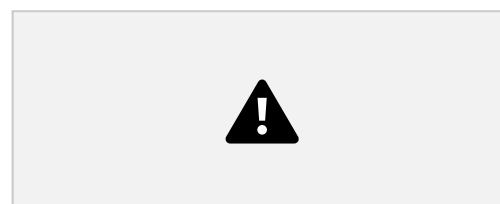


(b)



Gbr. 2. Tangkapan layar prosedur perawatan pada trafo listrik kereta api (sumber: [5]): (a) pengambilan nama bagian trafo; (b) animasi yang menggambarkan langkah pemeliharaan.

Gambar. 3. Sistem AR bergerak dengan HMD yang digunakan dalam aktivitas perawatan pesawat (sumber: [6]).



(a) (b)



(c) (d)

Gbr. 4. Prosedur pemeriksaan oli sebuah pesawat yang didukung oleh pendekatan pencampuran video AR (sumber: [7]).

Urutan rinci operasi yang akan dilakukan dalam prosedur pemeriksaan oli divisualisasikan oleh sistem yang diusulkan di [7] dan ditunjukkan pada Gambar 4: persegi panjang 3D merah membingkai informasi untuk mengingatkan operator untuk membacanya, (Gbr. 4 .Sebuah); model batang pencukur oli

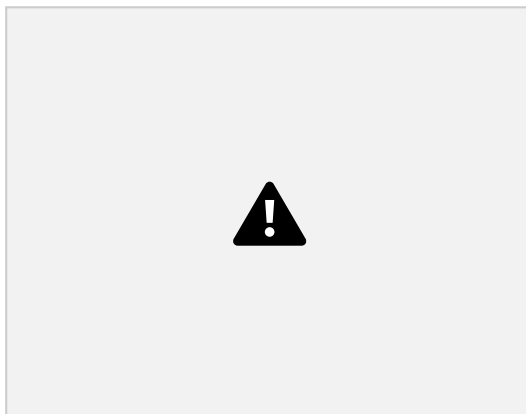
berputar berlawanan arah jarum jam dan bergerak ke atas untuk menunjukkan operasi yang akan diemulasi (Gbr.4.b); level oli yang berbeda ditampilkan menggunakan informasi berkode warna (Gbr.4.c); tongkat pencukur berputar searah jarum jam dan bergerak ke bawah untuk menunjukkan cara memasukkannya kembali (Gbr.4.d).

Kegiatan pemeliharaan mesin turboprop Rolls-Royce Dart 510 telah diselidiki di [8,9]. Secara khusus, prototipe AR untuk memberikan bantuan selama tugas prosedural telah dikembangkan. Gbr.5 menunjukkan contoh tentang kesejajaran yang benar dari bagian-bagian ruang bakar: panah merah dan dinamis menunjukkan gerakan yang diperlukan dalam arah dan besaran (Gbr.5.a); panah mengubah ukuran dan warna sebisa mungkin dan kerucut mulai sejajar (Gbr.5.b) dan, jika perlu, menentukan arah rotasi terpendek ke kesejajaran (Gbr.5.c); panah menghilang saat penyelarasan tercapai (Gbr.5.d).

G. Dini dan M. Dalle Mura / Procedia CIRP 38 (2015) 14 - 23 17

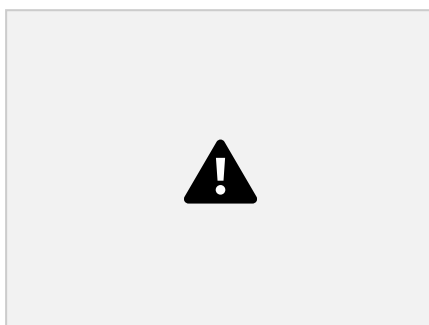
aplikasi smartphone untuk mendukung masyarakat dalam kebiasaan perawatan mobilnya. Dengan aplikasi seluler ini, berdasarkan perangkat lunak pelacakan 3D computer vision, pengguna dapat mengakses secara kontekstual instruksi yang diperlukan untuk menyelesaikan

operasi pemeliharaan sederhana, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gbr. 5. Prosedur AR untuk mendukung operator dalam melakukan tugas perawatan pada ruang bakar mesin Rolls-Royce Dart 510 (sumber: [9]).

Penelitian lain [10] mengusulkan sistem Intelligent Augmented Reality (IAR) untuk membantu teknisi pesawat menghadapi prosedur kompleks untuk tugas pemeliharaan mereka dan untuk meminimalkan kesalahan operasi dan biaya terkait waktu dengan menggunakan antarmuka yang intuitif. Pengujian keseluruhan sistem IAR telah dilakukan di hanggar Korea Air Lines. Contohnya ditunjukkan pada Gbr.6.



Gbr. 6. Pandangan operator tentang sistem IAR selama pemeliharaan undercarriage pesawat (sumber: [10]).

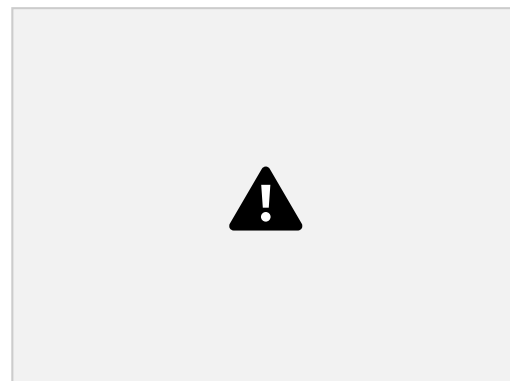
Solusi AR juga telah diujicobakan dalam aplikasi luar angkasa, seperti perangkat tembus pandang optik yang digunakan dalam penggantian filter stasiun luar angkasa dan dijelaskan dalam [11].

Contoh di sektor otomotif diberikan dalam [12]. Dalam aplikasi ini, mesin BMW seri 7 digunakan untuk menguji sistem. Solusi untuk panduan perbaikan berbasis AR terdiri dari sistem pelacakan berbasis CAD tanpa penanda yang

mampu menangani kondisi pencahayaan yang berbeda selama tahap pelacakan dan secara otomatis pulih dari kegagalan pelacakan sesekali. Dua solusi perangkat keras telah dicoba, berdasarkan pengaturan seluler nirkabel: tampilan video penuh warna bermata melalui HMD dan dengan HMD tembus optik monokrom (Gbr. 7).

Contoh menarik dari perawatan mandiri dilaporkan di [13]. I-Mechanic adalah salah satu contoh pertama AR

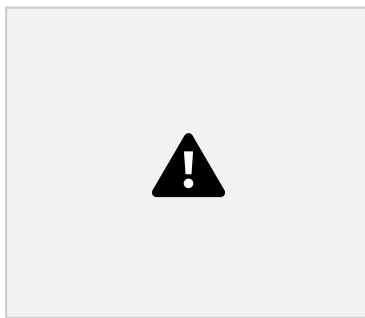
Gambar 7. HMD tembus pandang optik yang digunakan dalam prosedur perawatan kendaraan komersial (sumber: [12]).



Gambar 8. Sistem berbasis AR untuk mendukung orang dalam perawatan biasa mobil mereka (sumber: [13]).

Aplikasi serupa untuk perbaikan mobil dijelaskan dalam [14], di mana jenis baru teknologi pelacakan 3D tidak memerlukan penanda, GPS, atau cloud titik. Sistem menggunakan model CAD untuk mengenali dan

menghamparkan konten 3D ke ruang kerja yang sebenarnya.



18 G. Dini dan M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23

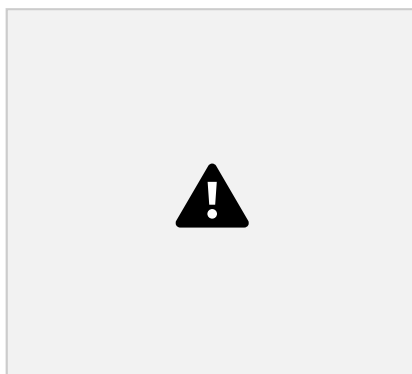
Pendekatan lain terdiri dari visualisasi tambahan pada layar besar dan kombinasi beberapa kamera tetap dan bergerak untuk tugas pemeliharaan berdasarkan inspeksi manual mesin sepeda motor [15]. Pemilihan alat, pelepasan baut, dan pembongkaran bagian, didukung oleh label visual, model virtual 3D, dan animasi 3D. Tampilan tembus pandang video berbasis layar ditunjukkan pada Gbr.9.

Kendaraan industri juga telah diujicobakan untuk aplikasi dukungan AR [16]. Mesin ekskavator hidrolik telah diambil sebagai contoh. Tugas kru pemeliharaan adalah menguji oli hidrolik dari katup pengambilan sampel untuk pemeliharaan pencegahan. Representasi media adalah teks dan / atau 2D-gambar / video. Modul server jarak jauh terdiri dari beberapa ahli dan server database pusat. Modul identifikasi menggunakan teknologi RFID untuk mengidentifikasi peralatan.

Pemeliharaan di pabrik industri adalah aplikasi lain dari AR.

Perangkat yang dikendalikan suara AR dijelaskan dalam [17] dan digunakan di pembangkit listrik tenaga nuklir. Contoh sesi pemeliharaan adalah sebagai berikut: pengguna perlu melihat langkah selanjutnya dengan mengucapkan "Komputer, langkah selanjutnya"; suara yang dihasilkan komputer mengembalikan informasi perawatan "Tutup katup V2000" sementara katup V2000 disorot di HMD pekerja. Selain itu, layar LCD menunjukkan prosedur penutupan, serta perintah kerja.

Kerangka AR lain yang mendukung ucapan (bernama SEAR) untuk pemeliharaan seluler disajikan dalam [18]. SEAR terdiri dari komponen Bahasa Markup Realitas Virtual 3D, pengenalan ucapan dan mesin sintesis ucapan untuk memungkinkan dialog lisan dalam sistem pelacakan penanda berbasis visi dengan objek 3D. Gbr. 10 menunjukkan antarmuka pengguna prototipe SEAR: dalam tampilan peralatan industri, pipa dan pompa ditambah warna merah untuk menyorot fitur.

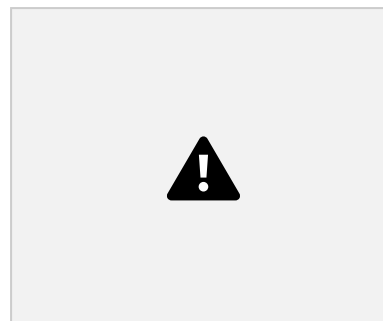


Gambar. 10. Antarmuka pengguna prototipe SEAR yang menunjukkan tampilan tambahan dari pipa industri dan peralatannya (sumber: [18]).

Barang konsumen, dan PC khususnya, mewakili topik aktivitas pemeliharaan yang tersebar yang didukung oleh AR. Dalam [19], sistem untuk memelihara peralatan PC digambarkan. Fitur perangkat keras utama adalah HMD tembus video

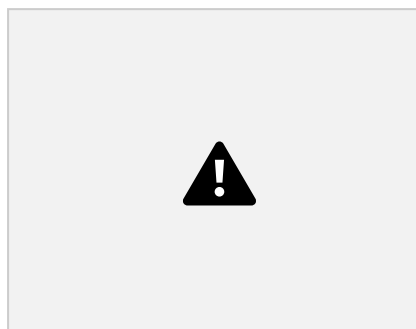
Gbr. 9. Instruksi AR interaktif pada layar besar untuk pemeliharaan mesin sepeda motor (sumber: [15]).

binokuler; sistem pelacakan, yang memberikan posisi dan orientasi peralatan, telah diimplementasikan menggunakan ARToolKit (freeware perpustakaan untuk membangun aplikasi AR). Sistem serupa dijelaskan dalam [4]. Petunjuk langkah demi langkah dapat ditampilkan kepada teknisi saat memperbaiki CPU komputer tanpa sensor atau penanda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

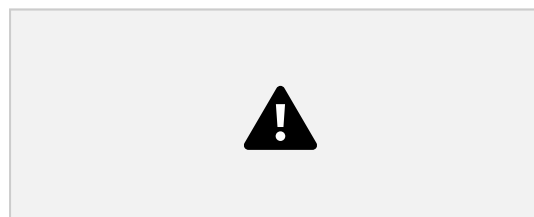


Gambar 11. Pemeliharaan CPU komputer yang dibantu AR (sumber: [4]).

Di bidang teknik sipil, sistem AR telah digunakan dalam memelihara infrastruktur bawah tanah. Contohnya dapat ditemukan di [20], di mana pelacakan struktur ini disediakan oleh kombinasi perangkat GPS dan unit inersia. Gbr. 12 menunjukkan model 3D dari infrastruktur bawah tanah yang ditumpangkan di lokasi konstruksi.



Gambar 12. Model 3D dari infrastruktur bawah tanah yang ditumpangkan di lokasi konstruksi (sumber: [20]).



(a) (b)

Gbr. 13. (a) Seorang mekanik yang mengenakan HMD melakukan tugas pemeliharaan di dalam pengangkut personel lapis baja. (b) Pandangan operator melalui HMD (sumber: [21]).

Perbaikan kendaraan militer dan peralatan yang didukung

mekanik Korps Marinir Amerika Serikat yang mengoperasikan tugas perbaikan di dalam menara pengangkut personel lapis baja LAV-25A1. Dua perangkat berbeda telah diuji, perangkat yang dikenakan di kepala (Gbr.13) dan pengontrol yang dikenakan di pergelangan tangan menggunakan ponsel Android G1 (HHD).

Teknik AR memiliki potensi besar dalam aplikasi perawatan jarak jauh, yang mampu memberikan gambar campuran (virtual dan nyata) secara bersamaan kepada pekerja di lapangan dan, dari jarak jauh, kepada asisten ahli.

Dalam konteks ini, penelitian yang dilakukan di [22] menjelaskan strategi AR untuk membantu pertukaran kolimator jarak jauh dalam akselerator partikel energi. Penelitian [23] mengeksplorasi apakah dan bagaimana lokasi bersama virtual berdasarkan AR dapat digunakan untuk

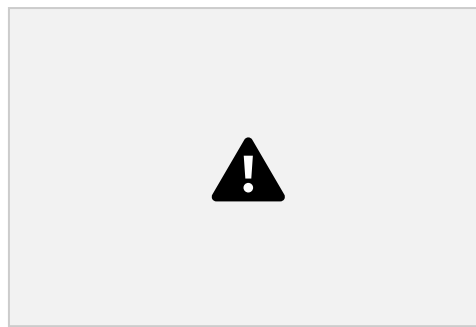
oleh AR telah dijelaskan di [21]. Prototipe ini mendukung

G. Dini dan M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23 19 mendukung pemeliharaan dari jarak jauh selama misi luar angkasa, mengenakan HMD (Gbr.14).

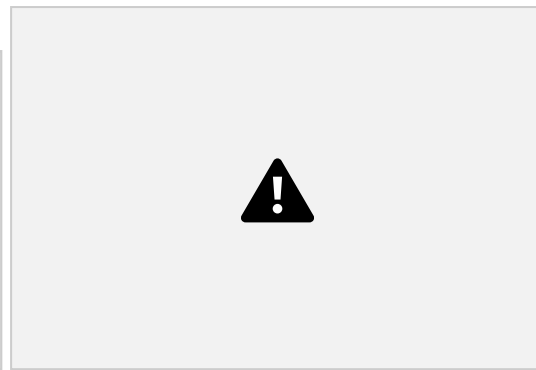
sifat cacat diberikan. Operator dapat mendeteksi, mencari dan menandai cacat hanya dengan menggunakan tablet (perangkat HHD) dan spidol (Gbr.16).

Solusi seluler lain untuk NDT dan layanan kontrol kualitas dapat ditemukan di [26], di mana sistem MiRA (Mixed Reality Application) melapiskan tiruan digital ke kenyataan dengan tablet taktil sebagai perangkat keras.

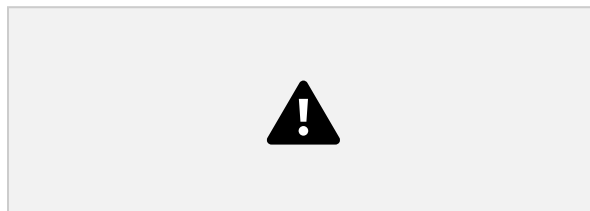
Dalam [27] metode untuk mendukung proses diagnostik disajikan. Dalam solusi yang dikembangkan, proses diagnostik dijalankan melalui presentasi visual berikut ini: i) lokasi komponen perangkat, ii) tugas diagnostik, iii) petunjuk deskriptif, iv) nilai pengukuran, v) lokasi titik pengukuran, dan vi) Model 3D komponen (Gbr.17).



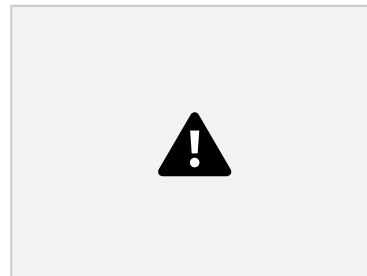
Gambar 14. Peserta pelatihan mengenakan HMD di dalam laboratorium luar angkasa ISS (Stasiun Luar Angkasa Internasional) selama sesi perawatan jarak jauh (sumber: [23]).



HHD (sumber: [25]).



Gbr. 15. Pemeliharaan jarak jauh di depo kereta menggunakan instruksi berbasis AR (sumber: [24]).



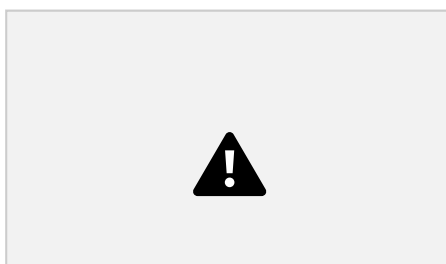
Gambar 17. Contoh tangkapan layar dari sistem AR yang digunakan untuk mendukung proses diagnostik dalam panel listrik (sumber: [27]).

Sesi pemeliharaan jarak jauh AR juga telah dilakukan di sektor kereta api [24]. Seperti yang diilustrasikan pada Gbr. 15, dukungan jarak jauh dari pakar diperoleh melalui interaksi video dan audio, menggunakan instruksi berbasis AR untuk membantu pekerja di lokasi melakukan operasi. 4.2.

Diagnostik, deteksi kesalahan, inspeksi dan pengujian

Teknologi AR baru-baru ini diperkenalkan ke Non Destructive Testing (NDT). Sebuah contoh aplikasi yang berarti diwakili oleh inspeksi dan pemetaan cacat dengan gambar 3D [25]. Posisi cacat ditunjukkan pada pipa dan wawasan yang lebih jelas tentang skala dan

Gbr. 16. AR diterapkan pada pengujian non-destruktif pada pipa melalui 20 G. Dini dan M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23



Beberapa pabrikan mobil sedang mengembangkan sistem diagnostik berbasis AR untuk digunakan di bengkel. Solusi yang digambarkan dalam [28] menggabungkan pengenalan objek, pelacakan, dan antarmuka pengguna yang berorientasi tugas untuk memberikan efisiensi bengkel yang tak tertandingi. Bagian dan komponen yang perlu dianalisis ditandai dan disajikan dalam tampilan yang memungkinkan langkah demi langkah

diagnosis. Dalam [29], data dari sensor, seperti tekanan udara ban, dianalisis dan disajikan dalam bentuk visual pada HHD. Solusi yang diusulkan melapisi informasi virtual di posisi yang tepat dari bagian kendaraan yang sesuai (Gbr. 18).

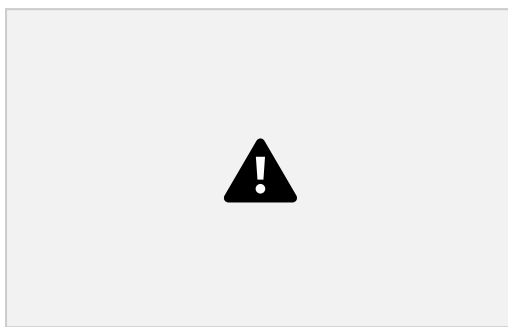
Telah diketahui bahwa prosedur inspeksi sangat penting di bidang dirgantara. Dalam konteks ini, prototipe HMD [31] diimplementasikan untuk memberikan tugas inspeksi harian untuk industri penerbangan dan divalidasi pada 3 pesawat berbeda. Gbr. 20 menunjukkan eksperimen yang dilakukan dalam melakukan tugas inspeksi panel instrumen yang akan dilakukan sebelum

penerbangan.

4.3. Pelatihan

Gambar 18. Sistem diagnostik AR yang digunakan di bengkel mobil. Pekerja mengarahkan tabletnya ke kendaraan dan menerima diagnosis langsung dari sistem utama secara real-time (sumber: [29]).

Inspeksi juga merupakan masalah penting dalam struktur sipil. Penelitian [30] mengusulkan metode non-kontak berbantuan AR untuk memperkirakan Rasio Melayang Antar Bintang (Rp: indikator penting kinerja struktural dalam gedung), tanpa memerlukan infrastruktur fisik yang sudah terpasang sebelumnya. Lokasi sudut pada bangunan yang rusak dideteksi dengan pendekatan analisis citra, dengan memotong garis pangkal horizontal dan tepi vertikal. Garis dasar horizontal ditumpangkan pada struktur nyata menggunakan algoritma AR (Gbr. 19).



Gambar 19. Perangkat HMD digunakan untuk pemeriksaan struktur suatu gedung (sumber: [30]).



Gbr. 20. Inspeksi panel instrumen pesawat oleh HMD (sumber: [31]).

latihan latihan (sumber: [33]).



Gambar. 21. Penggunaan AR untuk pelatihan personel dalam memperbaiki operasi panel badan pesawat dari pesawat RV-10 (sumber: [32]).

Dalam sistem yang dijelaskan dalam [33], pelatihan personel dalam intervensi dalam skenario yang berbeda diperoleh dengan menggunakan HMD dengan kamera kecil, dengan personel berdiri di depan layar biru. Kamera menangkap gambar di mana sistem mengenali posisi dan orientasi objek, dengan pemrosesan gambar tanpa tanda atau sensor khusus. Setelah itu, sistem menggunakan komposisi gambar Chroma-Key untuk menggabungkan objek nyata dan pemandangan virtual (Gbr.22).

Gbr. 22. Contoh gambar yang ditampilkan pada HMD selama pemadaman kebakaran

4.4. Safety

G. Dini and M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23 21

selama penyetelan mesin gerinda CNC: pekerja dapat melihat instruksi virtual di tempat kejadian nyata melalui a

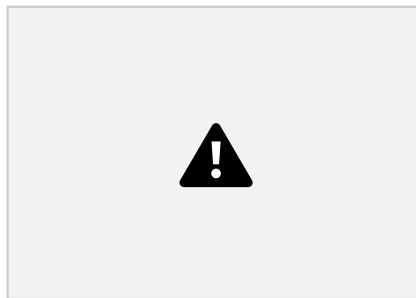
Sistem AR juga dapat digunakan untuk meningkatkan tingkat keamanan dalam melakukan berbagai tugas. Sistem yang dijelaskan dalam [34], misalnya, mengusulkan teknik untuk meningkatkan persepsi visual personel peralatan konstruksi untuk meningkatkan keselamatan kerja dalam proyek perkotaan. Tujuan penelitian sedang dikejar oleh perangkat AR dan Sistem Pemosisian Global untuk mengintegrasikan pandangan waktu nyata dari operasi konstruksi dengan model CAD dari jalur utilitas bawah tanah, yang dihiperkankan pada aliran video langsung dari lokasi kerja.

4.5. Penyiapan

mesin Layanan rekayasa seumur hidup juga dapat diperluas ke sistem manufaktur dan, oleh karena itu, tidak hanya terbatas pada aktivitas pemeliharaan dan inspeksi. Penyiapan mesin, perubahan produksi, dan memulai ulang proses merupakan langkah penting selama masa pakai sistem manufaktur yang mungkin memerlukan sistem pendukung berbasis AR.

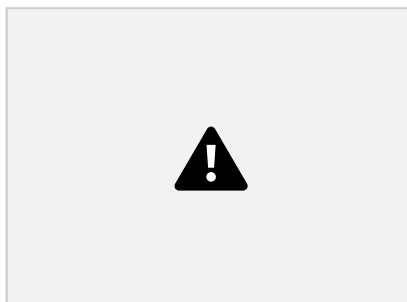
Dalam [35], AR telah digunakan untuk mengintegrasikan data proses dengan lingkungan kerja mesin CNC industri. Sistem ini terdiri dari optik tembus pandang dan sistem AR spasial (SD), yang digunakan untuk memberikan umpan balik visual 3D secara real-time, tidak memerlukan peralatan untuk dipakai oleh pengguna. Ke atas kaca pengaman elemen optik holografik transparan ditumpangkan ke alat dan benda kerja, memberikan citra cerah visibilitas yang jelas, juga dari alat yang tersumbat (Gbr. 23). Sistem yang direalisasikan memungkinkan visualisasi data waktu nyata dari proses di ruang kerja, di mana

grafik terdaftar secara geometris untuk memberikan representasi proses yang intuitif.



Gbr. 23. Aplikasi AR dalam penyiapan mesin CNC: seorang pekerja melihat pengoperasian mesin melalui elemen optik holografik, diterangi dengan gambar stereoskopik dari proyektor yang digerakkan oleh PC (sumber: [35]).

Contoh lain di bidang ini diwakili oleh proyek yang didanai Uni Eropa FLEXA (Advanced Flexible Automation Cell) [36,37,38]. Proyek ini menyangkut pengembangan dua sel demonstran: satu untuk menggiling dan mengukur operasi, dan lainnya untuk pengelasan dan non-destruktif pengujian suku cadang mesin pesawat terbang. Sistem AR yang berbeda memiliki been digunakan untuk melakukan kedua mesin pengaturan operasi dan process prosedur me-restart setelah kegagalan tanaman. Contoh pertama diwakili oleh pendekatan pencampuran video, digunakan sebagai dukungan tablet (HHD), seperti yang ditunjukkan pada Gbr.24.



Gbr. 24. Tablet yang digunakan pekerja selama pemasangan mesin gerinda CNC (sumber: [36,37,38]).

Sistem berbasis AR lainnya telah dikembangkan sebagai alat pendukung dalam memulai kembali prosedur pembuatan sel. Dalam hal ini, HMD digunakan oleh pekerja selama

22 G. Dini dan M. Dalle Mura / *Procedia CIRP* 38 (2015) 14 - 23

Saat ini AR menghadapi tantangan teknis, seperti kegunaan dan portabilitas perangkat keras. Banyak sistem seluler yang disebutkan tidak praktis, berat dan pengguna dapat mengalami ketegangan mata setelah waktu yang lama, sedangkan peralatan lain belum sepenuhnya nirkabel. Selain itu, tampilan tembus pandang optik dan video biasanya tidak cocok untuk penggunaan di luar ruangan karena ketergantungannya pada kondisi pencahayaan.

Berbagai dari sekian banyak HMD yang dikembangkan menunjukkan bidang pandang yang kecil, menjadi penyumbatan nyata untuk pelaksanaan pekerjaan. Selain itu, jarak pandang perifer yang terbatas ini dapat menimbulkan masalah keamanan bagi pengguna. Kualitas visual gambar yang dilapisi juga perlu ditingkatkan.

Sejauh menyangkut kalibrasi perangkat AR, kelemahan beberapa aplikasi menyebabkan penundaan sistem sehingga mempersulit proses pelacakan. Pekerjaan masa depan harus melibatkan sistem pelacakan tanpa penanda. Dalam beberapa prototipe, interaksi sistem suara, yang membutuhkan sekitar pengguna untuk peralatan yang mendukung ucapan, bisa menjadi masalah.

Batasan besar lainnya dari AR ditunjukkan oleh penundaan yang lama dalam persiapan, pemrograman dan pengaturan

langkah-langkah prosedur yang berbeda (gbr.25).



Gbr. 25. Sistem AR yang digunakan dalam proses restart sel manufaktur: (a) operator menjalankan prosedur yang dipandu AR; (b) tangkapan layar tentang satu langkah prosedural (sumber: [36,37,38]).

5. Masalah terbuka untuk penelitian lebih lanjut dan keterbatasan

Kemampuan AR untuk menyediakan pengguna informasi yang dibutuhkan tentang suatu proses secara langsung di lingkungan kerja berarti bahwa di TES banyak implementasi AR eksperimental telah dibuat. Terlepas dari kemajuan ini dalam beberapa tahun terakhir, aplikasi AR masih dalam tahap eksplorasi, dengan beberapa keterbatasan yang harus diselesaikan. Karena teknologi yang relevan, algoritma pelacakan dan pendaftaran semakin meningkat, diharapkan AR akan lebih efektif membantu TES dalam waktu dekat.

AR akan menawarkan lebih banyak manfaat di masa depan melalui interaksi dengan perangkat sensorik untuk visualisasi waktu nyata pada status sistem saat ini dan melalui integrasi dengan perangkat lunak simulasi untuk perkiraan waktu nyata tentang status simulasi sistem saat ini. Dengan demikian, potensi penuh dari sistem AR untuk aplikasi TES akan tercapai.

Penelitian di masa depan harus difokuskan pada solusi yang sangat menjanjikan ini, dengan pengembangan sistem terintegrasi yang mulai muncul di bidang industri lainnya [39].

sistem ini. Fakta ini harus mendorong pengembangan metode yang memfasilitasi langkah-langkah ini dengan menciptakan, misalnya, sistem belajar mandiri.

6. Kesimpulan

Kemampuan untuk menyediakan pengguna informasi yang dibutuhkan tentang proses atau prosedur langsung di lingkungan nyata, merupakan faktor kunci untuk mempertimbangkan AR sebagai alat yang efektif di TES. Makalah ini menunjukkan bahwa banyak implementasi eksperimental telah dibuat oleh industri dan institusi akademis: aplikasi dalam pemeliharaan, perbaikan, diagnostik, pengujian, pelatihan, keselamatan dan kegiatan pengaturan telah berhasil diujicobakan, meskipun beberapa masalah terbuka masih ada mengenai aspek perangkat keras dan perangkat lunak.

Pada akhirnya, sangat penting untuk menekankan bahwa evolusi berkelanjutan dari sistem perangkat keras dan perangkat lunak dapat dilihat di pasar. Misalnya, Google Glass dan Microsoft Hololens yang baru-baru ini dikembangkan, masih dalam tahap eksperimental, memperkenalkan kemampuan baru ke sistem masa depan dalam hal portabilitas dan kenyamanan peralatan AR. Selain itu, perangkat lunak AR

tanpa penanda terbaru, yang semakin kuat dan canggih, akan memungkinkan tahap pemrograman dan penyiapan yang lebih mudah. Solusi baru di sektor seperti itu terus berkembang dan pasti akan membawa hasil yang masih tidak dapat diprediksi yang akan mengatasi batasan yang ada saat ini, yang telah dijelaskan sebelumnya.

Referensi

- [1] Sutherland I. Tampilan tiga dimensi yang dipasang di kepala. Melanjutkan AFIPS '68 (Jatuh, bagian I); 1968. hlm. 577-764.
- [2] Reinhart G, Pelindung C. Mengintegrasikan Augmented Reality dalam Domain Majelis - Dasar-Dasar, Manfaat, dan Aplikasi. CIRP Annals - Teknologi Manufaktur; 2003. hlm. 5-8.
- [3] Azuma RT. Sebuah survei tentang augmented reality. Kehadiran: Teleoperator dan Lingkungan Virtual; 1997. hal. 355-385.
- [4] Yuan ML, Ong SK, Nee AYC. Augmented reality untuk panduan perakitan menggunakan alat interaktif virtual. Jurnal Internasional Riset Produksi; 2006.
- [5] Didier JY, Roussel D, Mallem M, Otmane S, Naudet S, Pham Q, Bourgeois S, Mégard C, Leroux C, Hocquard A. AMRA: Bantuan Augmented Reality untuk Tugas Pemeliharaan Kereta Api. 4th ACM / IEEE Int. Symp on Mixed and Augmented Reality; 2005.
- [6] Haritos T, Macchiarella ND. Aplikasi seluler augmented reality untuk pelatihan pemeliharaan dirgantara. Konferensi Sistem Avionik Digital ke-24; 2005.
- [7] De Crescenzo F, Fantini M, Persiani F, Di Stefano L, Azzari P, Salti S. Augmented Reality for Aircraft Maintenance Training and Operations Support. Computer Graphics and Applications, IEEE, Volume 31, Issue 1; 2011.
- [8] Henderson SJ, Feiner SK. Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR). 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Science and Technology. ISMAR; 2009.
- [9] Henderson SJ, Feiner SK. Augmented Reality in the Psychomotor Phase of a Procedural Task. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality; 2011.
- [10] Jo GS, Oh KJ, Ha I, Lee KS, Hong MD, Neumann U, You S. A Unified Framework for Augmented Reality and Knowledge-Based Systems in Maintaining Aircraft. Proc. of the Twenty-Sixth Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence; 2014.
- [11] Regenbrecht H, Barattoff G, Wilke W. Augmented Reality Projects in Automotive and Aerospace Industry. IEEE computer graphics and applications; 2005.
- [12] Platonov J, Heibel H, Meier P, Grollmann B. A mobile markerless AR system for maintenance and repair. ISMAR '06 Proceedings of the 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality; 2006. p. 105-108.
- [13] URL: <http://www.armedia.it/i-mechanic>. Date of access: March 2015.
- [14] URL: <http://www.designboom.com/technology/augmented-reality-car-repair-manual-for-google-glass-by-metaio>. Date of access: April 2015. [15] Fiorentino M, Uva AE, Gattullo M, Debernardis S, Monno G. Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. Computers in Industry 65; 2014. hal. 270-278.
- [16] Wang X, Dunston PS, Skibniewski M. Mixed reality technology applications in construction equipment operator training. ISARC 21st Int. Symposium on Automation and Robotics in Construction; 2004.
- [17] Klinker G, Creighton O, Dutoit AH, Kobylinski R, Vilsmeier C, Brügge B. Augmented maintenance of powerplants: A prototyping case study of a mobile AR system. Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality; 2001. hal. 124 - 133.
- [18] Goose S, Sudarsky S, Zhang X, Navab N. Speech-Enabled Augmented Reality Supporting Mobile Industrial Maintenance. Pervasive Computing, IEEE , Volume 2 , Issue 1; 2003. hal. 65-70.
- [19] Ke C, Kang B, Chen D, Li X. An Augmented Reality-Based Application for Equipment Maintenance. Lecture Notes in Computer Science, Volume 3784; 2005. p. 836-841.
- [20] Schall G, Mendez E, Kruijff E, Veas E, Junghanns S, Reitering B, Schmalstieg D. Handheld Augmented Reality for Underground Infrastructure Visualization. Personal and Ubiquitous Computing, Volume 13, Issue 4; 2009. hal. 281-291.
- [21] Henderson SJ, Feiner S. Evaluating the Benefits of Augmented Reality for Task Localization in Maintenance of an Armored Personnel Carrier Turret. IEEE Int. Symposium on Mixed and Augmented Reality; 2009.
- [22] Martínez H, Fabry T, Laukkanen S, Mattila J, Tabourot L. Augmented reality aiding collimator exchange at the LHC. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 763; 2014. hal. 354-363.
- [23] Datcu D, Cidota M, Lukosch S, Oliveira DM, Wolff M. Virtual Co location to Support Remote Assistance for Inflight Maintenance in Ground Training for Space Missions. International Conference on Computer Systems and Technologies; 2014.
- [24] Azpiaz J, Siltanen S, Multanen P, Mäkiranta A, Barrena N, Díez A, Agirre J, Smith T. Remote support for maintenance tasks by the use of G. Dini and M. Dalle Mura / Procedia CIRP 38 (2015) 14 – 23 23 Technology and Systems, Ann Arbor; 2012.
- [39] Dalle Mura M, Dini G, Failli F. An integrated environment based on augmented reality and sensing device for manual assembly workstations, Proc. of 48th CIRP Conf. on Manufacturing Systems CIRP CMS 2015, Ischia Island, 24-26 June 2015.
- [25] URL: <http://www.the-eic.com/News/NewsStory/tabid/766/ArticleID/1838/Apply-RTD-introduces-Augmented-Reality-to-NDT.aspx> Date of access: March 2015
- [26] URL: <http://www.testia.com/SMW-mira>. Date of access: March 2015
- [27] Wojcicki T. Supporting the diagnostics and the maintenance of technical devices with augmented reality. Diagnostyka Vol.15/1; 2014. [28] URL: <http://www.continental-automotive.com/diagnostics>. Date of access: April 2015
- [29] URL: <http://www.re-flekt.com/en/automotive-ar/173-flex-inspect-en>. Date of access: March 2015
- [30] Dong S, Feng C, Kamat VR. Sensitivity analysis of augmented reality assisted building damage reconnaissance using virtual prototyping. Automation in Construction 33; 2013. p. 24-36.
- [31] De Crescenzo F, Fantini M. Implementing augmented reality to aircraft maintenance: a daily inspection case study. Proc. of IDMM; 2010.
- [32] Hincapié M, Caponio A, Rios H, Mendivil EG. An Introduction to Augmented Reality with Applications in Aeronautical Maintenance. 13th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON); 2011. p. 1-4.
- [33] Nakajima C, Itho N. A Support System for Maintenance Training by Augmented Reality. Proceedings of the 12th International Conference on Image Analysis and Processing; 2003.
- [34] Behzadan AH, Kamat VR. Interactive Augmented Reality Visualization for Improved Damage Prevention and Maintenance of Underground Infrastructure. Proceedings of the 2009 Construction Research Congress; 2009.
- [35] Olwal A, Gustafsson J, Lindfors C. Spatial augmented reality on industrial CNC-machines. Proc. of SPIE 2008 Electronic Imaging, Vol. 6804 (The Engineering Reality of Virtual Reality 2008); 2008.
- [36] URL: http://cordis.europa.eu/result/rcn/59062_en.html. Date of access: April 2015
- [37] Chimienti V, Iliano S, Dassisti M, Dini G, Failli F. Guidelines for implementing augmented reality procedures in assisting assembly operations. Proceedings of IPAS 2010; 2010.
- [38] Iliano S, Chimienti V, Dini G. Training by augmented reality in industrial environments: a case study. Proc. of 4th CIRP Conf. on Assembly