

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era perdagangan bebas sudah di depan mata. Tak lama lagi batas-batas perdagangan antar negara menjadi tipis, nyaris tidak ada. Sebenarnya, sudah sejak lama hal ini berlangsung, sejak globalisasi dan era informasi yang diandai perkembangan teknologi telekomunikasi dan internet. Perdagangan di dunia maya, yang lebih dikenal dengan *e-commerce* menjadi fenomena dalam sepuluh tahun terakhir. Bagaimana sebuah toko buku seperti Amazon.com menjadi simbol terdepan kemajuan teknologi *e-commerce* ini. Meskipun sempat mengalami penurunan akibat kinerja yang kurang meyakinkan dari perusahaan-perusahaan *dotcom*, internet tetaplah menjadi medium masa depan untuk bisnis dan semua aspek kehidupan.

Di sisi lain, patut ditengok perkembangan teknologi produksi (*manufacturing*). Sejak penemuan mesin uap oleh James Watt, teknologi produksi terus berkembang mulai produksi massal (Henry Ford) sampai sistem produksi terotomasi dan FMS (*Flexible Manufacturing System*). Perkembangan teknologi internet yang universal turut mempengaruhi sektor manufaktur. Dalam dunia pers, dikenal teknologi cetak jarak jauh (*teleprinting*) yang memungkinkan surat kabar dan majalah beredar serentak di seluruh dunia. Dalam dunia komputer sudah lama dikenal pengontrolan jarak jauh (*remote controlling*), yang memungkinkan

seorang administrator sistem mengontrol server di perusahaan atau seorang eksekutif yang sedang bepergian bisa mengakses komputer di meja kerjanya. Maka, di dunia manufaktur pun dikenal istilah *telemanufacturing*.

Dibanding kedua teknologi di atas, *telemanufacturing* relatif masih baru di Indonesia. Masih banyak permasalahan seputar *telemanufacturing* menyangkut kematangan teknologi, kehandalan kinerja, keamanan data, kesiapan infrastruktur, dan kemudahan penggunaan. Masih dipertanyakan pula keuntungan penerapan *telemanufacturing* dibandingkan sistem yang selama ini diterapkan di industri. Skripsi ini akan membahas tentang jaringan *telemanufacturing*, perancangan, dan pengujiannya.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam dunia industri modern, persaingan yang ketat memaksa para produsen mencari cara yang lebih cepat dan murah untuk memproduksi suatu barang. Pada umumnya, tahapan proses produksi meliputi perancangan (desain), pembuatan prototipe, pengujian prototipe, penyempurnaan desain akhir, perancangan proses produksi, dan akhirnya proses produksi. Setelah itu masih ada tahap distribusi dan pemasaran produk. Semakin lama tahapan ini dijalani, biaya akan meningkat dan produk akan sulit bersaing di pasaran akibat harga menjadi mahal dan mungkin sudah ketinggalan zaman.

Internet adalah media komunikasi yang universal dan bercakupan global. Dengan merebaknya *e-commerce*, internet telah menjadi sarana pemercepat distribusi produk ke seluruh dunia. Selain itu, internet juga mempercepat aliran informasi antara pemasok (*supplier*) dengan produsen. Namun demikian, internet

belum banyak dimanfaatkan sebagai sarana pemercepat proses produksi. Banyak perusahaan besar yang melakukan produksi di negara berkembang demi biaya produksi yang rendah, namun di sisi lain aliran proses produksi juga menjadi semakin panjang.

Telemufacturing merupakan pemanfaatan internet sebagai media untuk mempercepat proses desain dan produksi. Dengan teknologi ini, desain produk dapat dikirimkan lewat internet untuk dibuat prototipenya, dikoreksi, dan disempurnakan. *Telemufacturing* juga dapat dimanfaatkan untuk merancang proses produksi dan mengendalikan proses produksi di tempat lain.

Sampai saat ini belum ditemukan suatu bentuk implementasi teknologi *telemufacturing* di Indonesia, sehingga patut diteliti apakah teknologi ini dapat diterapkan di Indonesia. Untuk itu, dilakukan perancangan jaringan ini dengan mengacu pada penerapan teknologi *telemufacturing* yang sudah ada.

1. 3 Pembatasan Masalah

Telemufacturing didefinisikan sebagai sebuah struktur yang memungkinkan perusahaan mengalihkan beberapa operasi desain dan produksinya ke pihak ketiga (*outsourcing*) dengan memanfaatkan media internet (*information superhighway*).

Beberapa operasi dan proses yang dapat di-*outsourcing* melalui internet antara lain :

1. *Rapid Prototyping* (RP)
2. *Computer Aided Design* (CAD)
3. Analisis Manufaktur (*Manufacturing Analysis*)

4. Permesinan *Computer Numeric Control* (CNC)

Perancangan ini akan dibatasi pada operasi pertama, yaitu *Rapid Prototyping* (RP). Perancangan yang dilakukan meliputi *setup* server dan konfigurasi jaringan *telemanufacturing* dengan memperhitungkan pengembangan untuk aplikasi lain di masa mendatang. Belum tersedianya sarana dan prasarana seperti laboratorium dan mesin RP membatasi perancangan pada model klien-server sederhana dalam jaringan lokal (LAN) dengan keluaran ke mesin printer biasa.

1.4 Tujuan Perancangan

1. Merancang konfigurasi jaringan berbasis internet untuk fasilitas *telemanufacturing* untuk menjalankan operasi *rapid prototyping*.
2. Menguji rancangan jaringan *telemanufacturing* dengan mengacu pada kriteria jaringan komputer yang baik.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat yang akan diperoleh :

1. Bagi Perancang

Perancangan ini akan mendukung perancang dalam mempelajari, menganalisis, dan mengembangkan ilmu-ilmu yang telah diperoleh untuk diterapkan di dunia nyata.

2. Bagi Dunia Industri

Perancangan ini diharapkan akan menjadi memberikan gambaran kepada dunia industri mengenai jaringan *telemanufacturing* dan manfaatnya, sehingga dapat dipertimbangkan kemungkinan penerapannya dalam dunia nyata.

3. Bagi Dunia Akademis

Perancangan ini dapat memberikan informasi bagi calon peneliti lain untuk menerapkannya dalam sistem yang lebih luas dan lebih kompleks, ataupun untuk menyempurnakannya.

1.5 Sistematika Penyusunan

Susunan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, perumusan dan pembatasan masalah, tujuan dan manfaat perancangan, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi landasan teori yang mendukung penelitian ini seperti: jaringan komputer, *telemufacturing*, internet, dan *rapid prototyping*.

Bab III Metodologi Perancangan dan Pengujian Sistem

Bab ini berisi tahap-tahap perancangan jaringan *telemufacturing*, dimulai dengan identifikasi kebutuhan dan dilanjutkan dengan perencanaan sistem secara umum dan mendetail. Identifikasi kebutuhan meliputi definisi tujuan dan studi kelayakan sistem. Perencanaan umum meliputi analisis sistem secara keseluruhan, lingkungan, sumber daya, teknologi perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, dan antarmuka (*interface*) sistem ini. Perancangan detail meliputi penyusunan konfigurasi jaringan dan aliran informasi. Dalam bab ini juga dibahas metodologi pengujian rancangan menurut kriteria kecepatan dan akurasi data.

Bab IV Hasil Perancangan dan Pengujian Sistem

Bab ini membahas implementasi hasil rancangan jaringan yang meliputi instalasi perangkat keras, perangkat lunak, dan tampilan antarmuka.. Dalam bab ini diuji kemampuan hasil rancangan untuk menjalankan fungsi jaringan *telemufacturing* yang sebenarnya serta menganalisis hasil pengujian tersebut.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran dari Penulis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Komputer

Perkembangan konsep jaringan komputer dapat dibagi menjadi tahapan-tahapan periodik sebagai berikut (Prihanto, 2003) :

1. Tahun 1940-an : Di Amerika, ada sebuah proyek pengembangan komputer MODEL I di laboratorium Bell dan grup riset Harvard University yang dipimpin profesor H. Aiken. Pada mulanya proyek tersebut hanyalah ingin memanfaatkan sebuah perangkat komputer yang harus dipakai bersama. Untuk mengerjakan beberapa proses tanpa banyak membuang waktu kosong dibuatlah proses beruntun (*Batch Processing*), sehingga beberapa program bisa dijalankan dalam sebuah komputer dengan kaidah antrian.
2. Tahun 1950-an : Ketika jenis komputer mulai membesar sampai terciptanya superkomputer, maka sebuah komputer mesti melayani beberapa terminal. Untuk itu ditemukan konsep distribusi proses berdasarkan waktu yang dikenal dengan nama TSS (*Time Sharing System*), maka untuk pertama kali bentuk jaringan (*network*) komputer diaplikasikan. Pada sistem TSS beberapa terminal terhubung secara seri ke sebuah *host* komputer. Dalam proses TSS mulai nampak perpaduan

teknologi komputer dan teknologi telekomunikasi yang pada awalnya berkembang sendiri-sendiri.

3. Tahun 1970-an : setelah beban pekerjaan bertambah banyak dan harga perangkat komputer besar mulai terasa sangat mahal, maka mulailah digunakan konsep proses terdistribusi (*Distributed Processing*). Dalam proses ini beberapa *host* komputer mengerjakan sebuah pekerjaan besar secara paralel untuk melayani beberapa terminal yang tersambung secara seri di setiap *host* komputer. Dalam proses distribusi sudah mutlak diperlukan perpaduan yang mendalam antara teknologi komputer dan telekomunikasi, karena selain proses yang harus didistribusikan, semua *host* komputer wajib melayani terminal-terminalnya dalam satu perintah dari komputer pusat.
4. Selanjutnya ketika harga-harga komputer kecil sudah mulai menurun dan konsep proses distribusi sudah matang, maka penggunaan komputer dan jaringannya sudah mulai beragam dari mulai menangani proses bersama maupun komunikasi antarkomputer (*Peer to Peer System*) saja tanpa melalui komputer pusat. Untuk itu mulailah berkembang teknologi jaringan lokal yang dikenal dengan sebutan LAN (*Local Area Network*). Demikian pula ketika Internet mulai diperkenalkan, maka sebagian besar LAN yang berdiri sendiri mulai berhubungan dan terbentuklah jaringan raksasa WAN (*Wide Area Network*).

Jaringan komputer dapat dibedakan menurut topologi, protokol, dan terminologinya. Menurut topologi fisiknya jaringan dapat dibedakan menjadi (Rafiudin, 2003) :

- a) *Bus* (lurus)
- b) *Ring* (melingkar)
- c) *Star* (menyebar dari satu pusat)
- d) *Hierarchical* (bertingkat)
- e) *Mesh* (satu-ke-semua)

Sedangkan menurut topologi logiknya, jaringan dibedakan menjadi:

- a) *Broadcast*, digunakan dalam *ethernet*
- b) *Token-passing*, digunakan dalam *token-ring*

Menurut protokolnya dapat dibedakan menjadi:

- a) *IPX/SPX (Internet Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange)*, dari Novell
- b) *NetBEUI (NetBios Enhanced User Interface)*, dari Microsoft
- c) *TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)*, dari UNIX, merupakan protokol dasar internet

Menurut terminologinya, jaringan dibagi menjadi:

- a) *Local Area Network (LAN)*, yang menghubungkan komputer-komputer dalam satu area yang terbatas
- b) *Wide Area Network (WAN)*, yang menghubungkan komputer-komputer dalam area yang lebih luas. Internet dapat disebut sebagai WAN, karena menghubungkan komputer-komputer dari beberapa area lokal..

2.2 Telemufacturing

Telemufacturing adalah sebuah infrastruktur yang memungkinkan perusahaan menggunakan layanan yang tersedia lewat jaringan komunikasi dan

melalui *information superhighway* untuk melakukan operasi dan proses yang dibutuhkan untuk secara efisien dan fleksibel merancang dan memproduksi barang-barang secara *real-time* (Abdel-Malek, 1998).

Beberapa operasi dan proses yang dapat di-*outsourcing* melalui internet antara lain (Abdel-Malek, 2001) :

1. *Rapid Prototyping* (RP)

Pemilihan teknik RP yang tepat bagi aplikasi klien dan memperkirakan waktu dan biayanya, dan juga mencari RP *service provider*. Sebagai contoh, fasilitas *Tele-Manufacturing* di *San Diego Supercomputing Centre* (SDSC) yang menggunakan mesin Helisys 1015 LOM (*Laminated Object Manufacture*) dan di *New Jersey Institute of Technology* (NJIT) yang menggunakan mesin SLA (*Stereolithography Apparatus*).

2. *Computer-Aided Design* (CAD)

Penyediaan aplikasi CAD berbasis web agar desainer dapat membuat gambar CAD melalui *browser* web. Sebagai contoh, aplikasi WebCAD 3D Tool yang disediakan *CyberCut* dari *University of California at Berkeley* (UCB).

3. Analisis Manufaktur (*Manufacturing Analysis*)

Sering disebut CAPP (*Computer Aided Process Planning*) menggunakan perangkat lunak *Manufacturing Advisory Service* (MAS) yang juga berbasis web. Layanan ini disediakan oleh *CyberCut*. Selain itu ada juga modul analisis *Make or Buy/Costing* yang disediakan oleh NJIT.

4. Permesinan *Computer Numeric Control* (CNC)

Layanan permesinan CNC antara lain disediakan oleh NJIT menggunakan mesin Mazatrol CAM T-3.

Konfigurasi utama jaringan *telemufacturing* adalah *workstation* klien, jaringan internet, server di lokasi produksi, dan peralatan yang memproses hasil desain yang dikirimkan, bisa berupa mesin-mesin CNC, peralatan pembuat prototipe (SLS, SLA, atau LOM), perangkat lunak pemroses CAD atau Analisis Manufaktur.

2.3 Rapid Prototyping/ Manufacturing

Rapid Prototyping (RP) didefinisikan sebagai proses untuk mempercepat pengembangan produk dengan membuat prototipe langsung dari gambar/desain rancangan yang berbentuk file/model CAD (Computer Aided Design) tiga dimensi. Dalam perkembangannya, dikenal pula istilah *Rapid Tooling* dan *Rapid Manufacturing* sebagai pengembangan RP, sehingga disebut juga *Rapid Prototyping and Tooling* (RP/T) dan *Rapid Prototyping and Manufacturing* (RP/M).

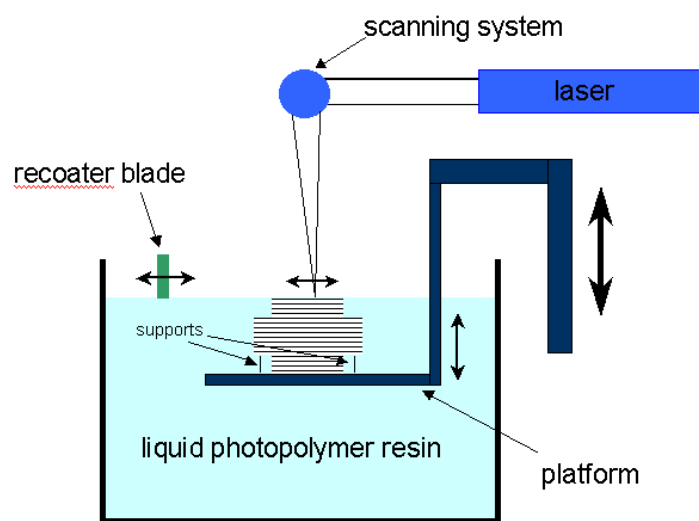
Rapid Tooling adalah penggunaan teknik RP untuk memproduksi *tooling* untuk proses semacam *moulding* injeksi plastik. *Rapid Manufacturing* adalah penggunaan sistem RP untuk memproduksi *parts* dalam jumlah tertentu, sampai 20.000 buah secara ekonomis (RMRG, 2002).

Prinsip dasar RP adalah menggunakan gambar rancangan CAD tiga dimensi dalam format STL (*Stereolithography*) yang dikirim ke mesin RP lewat jaringan lokal (LAN). Di mesin RP, gambar tersebut diiris (*slice*) menjadi *layer-layer* dengan ketebalan tertentu sesuai spesifikasi mesin. Untuk membentuk *layer-layer*

tersebut menjadi prototipe tiga dimensi, terdapat beberapa teknik. Ada beberapa teknik RP yang dikenal luas, antara lain :

1 *Stereolithography Apparatus (SLA)*

Dalam teknik SLA, sebuah prototipe dibuat dengan cara menembakkan sinar laser ke permukaan sebuah wadah (*vat*) yang berisi cairan *photopolymer (resin)*. Cairan ini akan langsung mengeras saat laser mengenai permukaannya. Setelah satu *layer* selesai dikerjakan, sebuah *platform* digerakkan turun beberapa milimeter, sebuah penyapu (*recoater blade*) membersihkan sisa-sisa *resin* di permukaan, dan *layer* berikutnya dikerjakan di atas *layer* yang telah diselesaikan, seperti terlihat pada Gambar 2.1.

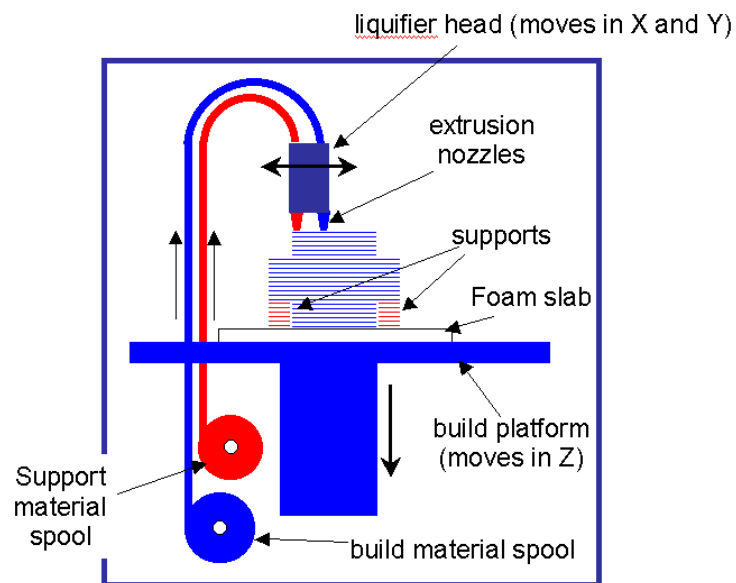


Gambar 2.1 Cara Kerja *Stereolithography Apparatus (SLA)*
(CAD/CAM Publishing Inc., 2002)

2 *Fused Deposition Modeling (FDM)*

Seperti terlihat pada Gambar 2.2, cara kerja FDM menggunakan sebuah *head* (kepala penyemprot) yang dipanaskan digerakkan menurut sumbu x dan y untuk membentuk *layer* menggunakan material plastis yang disemprotkan ke atas *platform*. Material itu akan segera mendingin dan

mengeras saat mengenai *platform*. *Platform* kemudian digerakkan turun, dan *layer* berikutnya segera dikerjakan. Untuk prototipe yang membutuhkan penyangga (*support*), maka disemprotkan material penunjang dari *head* di sekeliling prototipe. Material penunjang ini dapat dengan mudah dibuang setelah prototipe selesai dikerjakan.

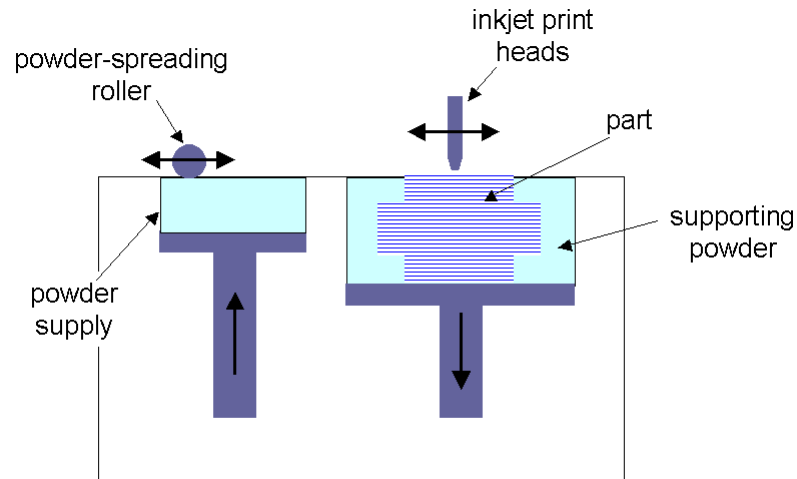


Gambar 2.2 Cara Kerja *Fused Deposition Modelling* (FDM)
(CAD/CAM Publishing Inc., 2002)

3 *Three-Dimensional Printing* (3DP)

Seperti terlihat pada Gambar 2.3, proses kerja printer tiga dimensi menggunakan sebuah *printhead*, seperti yang terdapat pada printer *inkjet*, menyemprotkan *binder* (perekat) ke lapisan tipis serbuk (*powder*) pada *platform* sesuai bentuk geometri *layer*. Platform kemudian bergerak turun, sebuah mekanisme pasokan serbuk (*powder supply*) meyapukan lapisan tipis serbuk di atas *layer* yang telah terbentuk, dan proses di atas diulangi lagi sampai *layer* terakhir. Serbuk yang tidak terkena *binder* berfungsi sebagai penunjang (*support*), dan setelah proses pembuatan

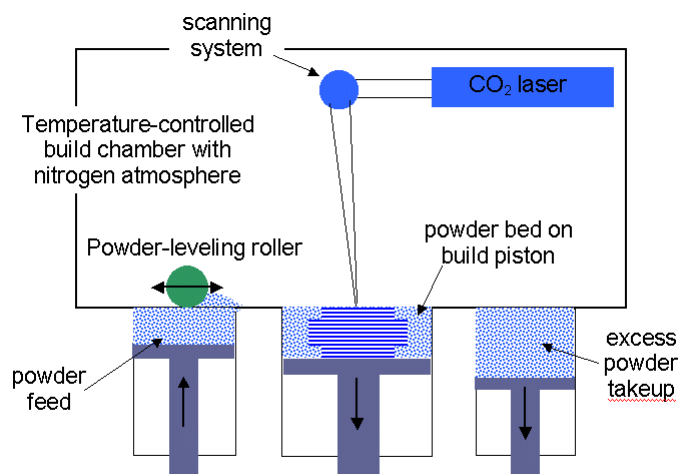
prototipe selesai, material penunjang ini dibersihkan dan digunakan untuk proses pembuatan prototipe berikutnya.



Gambar 2.3 Cara Kerja Printer Tiga Dimensi (3DP)
(CAD/CAM Publishing Inc., 2002)

4 *Selective Laser Sintering (SLS)*

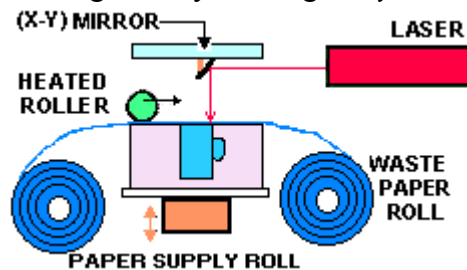
Seperti terlihat pada Gambar 2.4, cara kerja SLS mirip dengan printer tiga dimensi, hanya pada SLS digunakan laser untuk merekatkan material serbuk pada *platform*.



Gambar 2.4 Cara Kerja *Selective Laser Sintering (SLS)*
(CAD/CAM Publishing Inc., 2002)

5 *Laminated Object Manufacture (LOM)*

Seperti terlihat pada Gambar 2.5, cara kerja LOM menggunakan material berupa kertas khusus yang digerakkan melewati sebuah *platform*. Sinar laser ditembakkan menurut bentuk *layer*, memotong kertas pada *platform*. *Platform* akan bergerak turun dan material baru dilewatkan di atas *layer* yang telah terbentuk, dan proses diulangi lagi sampai semua *layer* selesai dikerjakan. Sebuah *roller* pemanas (*heated roller*) memanaskan *layer* yang telah terbentuk agar menyatu dengan *layer* di bawahnya.



Gambar 2.5 Cara Kerja *Laminated Object Manufacturing (LOM)*
(Worldwide Guide to Rapid Prototyping, 2002)

Dalam skripsi ini, sebagai pengganti mesin RP digunakan printer *inkjet* dua dimensi, dengan cara kerja sebagai berikut:

1. File yang akan dicetak diubah ke format PDL (*Page Description Language*) seperti PostScript, GDI (*Graphical Device Interface*), atau PCL (*Print Control Language*), yang berisi representasi grafis tinta di atas kertas.
2. File PDL ini dikirim ke perangkat lunak *spooling* yang menjadwalkan pekerjaan mencetak ke printer yang terhubung dengan komputer.
3. File kemudian dikirim ke printer sesuai antrian dari *spooler*, melalui *driver*, yang menerjemahkan PDL ke gerakan *head* printer.

2.4 Internet, Intranet, dan Virtual Private Networking

Internet didefinisikan sebagai sejumlah jaringan komputer yang saling terhubung secara global (mendunia) menggunakan protokol TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

Riwayat internet dimulai tahun 1969, ketika Departemen Pertahanan Amerika Serikat membangun suatu jaringan untuk menghubungkan universitas dan kontraktor dalam jumlah kecil. Gagasannya adalah menciptakan kapasitas perhitungan yang dapat digunakan bersama oleh *user* di banyak tempat dan menemukan cara untuk bertahan dalam perang nuklir atau bencana lain. Jaringan ini dinamai Arpanet (*Advance Research Program Agency Network*) (Ross, 1997).

Arpanet semakin berkembang sehingga perlu diciptakan protokol komunikasi data yang baru, yang kemudian dikenal dengan TCP/IP pada tahun 1982. Tahun 1983, TCP/IP diadopsi sebagai protokol standar Arpanet, yang berjalan di atas sistem operasi Unix. Tahun 1984 diperkenalkan DNS (Domain Name System) untuk menggantikan tabel nama *host* yang sebelumnya digunakan. Tahun 1986 muncul jaringan NSFNet yang dibiayai Lembaga Ilmu Pengetahuan Nasional Amerika Serikat (NSF), dan setahun kemudian berdirilah UUNet, yang sampai sekarang menjadi tulang punggung (*backbone*) utama internet (Purbo, 2002).

Layanan internet yang mula-mula berkembang adalah FTP (*File Transfer Protocol*), menyusul kemudian e-mail dan *Telnet*. Tahun 1979, mulai dikembangkan *Usenet*, yang lebih dikenal sebagai *Newsgroup*. Tahun 1991 menjadi tonggak baru perkembangan internet dengan dikembangkannya layanan

Gopher, WAIS (*Wide Area Information Servers*), dan WWW (*World Wide Web*). WWW segera berkembang menjadi layanan terpopuler di internet, bahkan identik dengan internet itu sendiri, terutama setelah dikembangkannya aplikasi *browser* grafis, Mosaic, di tahun 1993, disusul munculnya Netscape (1994) dan Microsoft Internet Explorer (1995).

Layanan-layanan TCP/IP atau internet menggunakan protokolnya masing-masing, WWW menggunakan protokol HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), E-mail menggunakan protokol POP (*Post Office Protocol*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), dan IMAP (*Internet Mail Access Protocol*), Usenet menggunakan protokol NNTP (*Network News Transfer Protocol*), dan tentu saja layanan FTP (*File Transfer Protocol*).

Intranet, diartikan sebagai penerapan internet di lingkungan lokal (LAN). Jadi, intranet adalah implementasi LAN menggunakan protokol TCP/IP. Penggunaan intranet dipilih dengan pertimbangan standar yang lebih terbuka, familiaritas *user* dengan aplikasi-aplikasi internet, dan pilihan *hardware* dan *software* yang lebih luas, sehingga diharapkan akan dapat menekan biaya pembangunan dan pelatihan. Penggunaan intranet di lingkungan LAN akan sangat efektif, namun jika diterapkan dalam WAN, untuk menghubungkan antarcabang sebuah perusahaan misalnya, akan sangat mahal. Intranet dalam terminologi WAN memerlukan jaringan khusus (*dedicated*) berupa sirkuit sewa (*leased line*) yang mahal. Selain itu, jaringan ini tidak bisa diakses dari lokasi selain kantor cabang yang bersangkutan. Karena itulah, dikembangkan teknologi *Virtual Private Networking* (VPN)

VPN secara sederhana adalah jaringan WAN melalui internet, yaitu suatu jaringan lokal (intranet) yang terhubung ke jaringan lokal lain melalui jaringan publik (internet). Dengan cara ini, jaringan tetap bisa diakses dari manapun selama masih terhubung ke internet. VPN dapat digunakan dalam tiga mode yang berbeda, yaitu (Sulyana, 2002) :

1. Koneksi *Remote-Access*
2. Internetworking LAN-to-LAN (*Extranet*)
3. Akses terkontrol dalam intranet.

Tentu saja dibutuhkan teknik pengamanan data (data security) agar data-data rahasia tidak diakses oleh mereka yang tidak berhak. Beberapa di antaranya adalah (Supraha, 2002) :

1. PPTP (*Point-to-Point Protocol*)
2. L2FP (*Layer Two Forwarding Protocol*)
3. L2TP (*Layer Two Tunneling Protocol*)
4. IPSec (*Internet Protocol Security*)
5. CIPE (*Cryptographic Internet Protocol Encapsulation*)
6. SOCKS *Network Security Protocol*
7. *Compressed TCP/VTUN (Virtual Tunnel)*

2.5 Pembangunan Jaringan Komputer

Untuk membangun sebuah sistem, diperlukan tahap-tahap agar pembangunan itu dapat diketahui perkembangannya serta memudahkan dalam pengawasan seandainya terjadi penyimpangan. Begitu juga dalam pembangunan jaringan komputer, terutama dalam skala besar, sebaiknya dilakukan secara

bertahap agar jaringan tersebut dapat mencapai sasarannya sebagai medium yang mempercepat aliran dan pertukaran informasi.

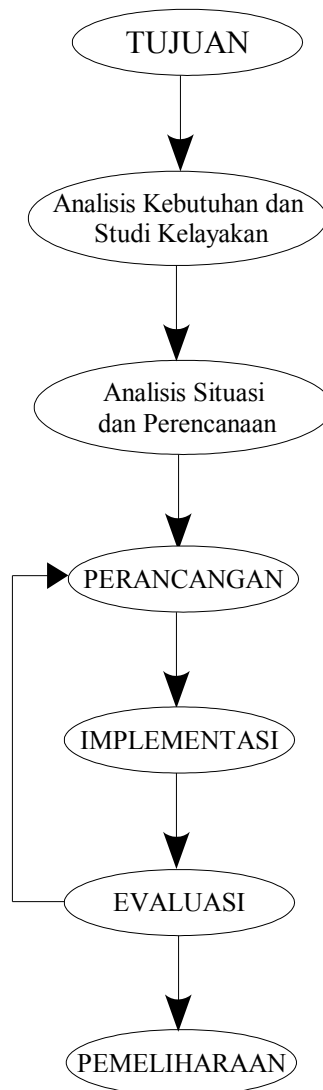
Tahap-tahap ini, seperti terlihat pada Gambar 2.6, ideal untuk pembangunan jaringan dalam skala yang cukup besar. Sedangkan untuk pembangunan jaringan skala yang kecil tidak perlu melewati semua tahapan yang ada.

Ada dua macam teknik yang digunakan sebagai usaha membangun suatu sistem jaringan komputer lokal, yaitu teknik *Bottom Up* (dari bawah ke atas) dan teknik *Top Down* (dari atas ke bawah).

Dalam teknik *Bottom Up*, jaringan komputer lokal dibangun berdasarkan kebutuhan setiap unit atau departemen. Teknik ini digunakan apabila tiap-tiap departemen sudah memiliki sistemnya masing-masing dan selama ini berfungsi dengan baik. Kelemahannya, integrasi antarunit menjadi cukup sulit dilakukan, dengan membutuhkan investasi yang lebih besar.

Sementara dalam teknik *Top Down* pembangunan jaringan komputer lokal dilakukan oleh manajemen puncak atau pembuat keputusan dengan menyediakan semua peralatan yang dibutuhkan oleh semua departemen. Teknik ini digunakan untuk membangun jaringan dari awal (nol). Teknik ini tidak mengalami masalah dalam integrasi, namun bisa jadi setiap departemen merasa kurang terpenuhi kebutuhannya.

Tahap-tahap pembangunan dan pengembangan jaringan komputer adalah sebagai berikut (Oetomo, 2003) :



Gambar 2.6 Tahap-Tahap Pembangunan dan Pengembangan Jaringan (Oetomo, 2003)

a) Definisi Tujuan

Sebelum membangun sebuah jaringan komputer, harus ditetapkan dulu tujuan yang ingin dicapai dengan pembangunan itu. Ada tiga orientasi yang harus diperhatikan dalam penentuan tujuan ini, yaitu orientasi organisasi, ekonomis, dan teknis. Ketiganya harus berimbang, disesuaikan dengan kebutuhan dan prioritas pembangunan jaringan ini. Orientasi berlebihan pada organisasi menghasilkan

jaringan yang rumit, orientasi pada ekonomis akan berusaha menekan biaya serendah mungkin sehingga hasilnya tidak optimum, sedangkan orientasi pada teknis cenderung membengkakkan biaya.

b) Analisis Kebutuhan dan Studi Kelayakan

Setelah ditentukan tujuan pembangunan jaringan komputer tersebut, maka perlu dilakukan survei untuk studi kelayakan pembangunan jaringan komputer itu. Setelah mengumpulkan berbagai data secara akurat, dilakukan analisis berdasarkan tiga aspek penting, yaitu aspek organisasi, ekonomis, dan teknologi dari pembangunan jaringan itu.

Pertimbangan aspek organisasi meliputi kesiapan sumber daya manusia (SDM) yang akan mengoperasikan jaringan dan ketersediaan modal untuk investasi.

Pertimbangan aspek ekonomis meliputi pembiayaan yang harus dikeluarkan and keuntungan yang akan diperoleh.

Pertimbangan aspek teknologi meliputi biaya yang harus dikeluarkan dan kemampuan jaringan komputer tersebut.

c) Analisis Situasi dan Perencanaan

Analisis situasi dalam perencanaan pembangunan jaringan komputer ini meliputi lingkungan sistem (fungsi, struktur, dan kebijakan organisasi), teknologi perangkat keras dan lunak yang akan digunakan, kebutuhan aplikasi, pelayanan dan antarjaringan sekarang dan masa yang akan datang, ada tidaknya keterbatasan dana, dan sumber daya manusia yang akan mengoperasikan, merawat, dan mengelolanya.

Dalam perencanaan juga ditentukan kebutuhan layanan yang akan disediakan, misalnya layanan standar seperti e-mail, konferensi jarak jauh, *buletin board system*, atau milis. Sedangkan kebutuhan antar jaringan meliputi hubungan antar jaringan lokal, antara jaringan lokal dan jaringan kota, dan antara jaringan lokal dan WAN.

d) Perancangan

Perancangan jaringan komputer meliputi penyusunan rancangan konfigurasi, pelayanan, dan pengelolaan jaringan komputer.

e) Implementasi

Setelah rancangan jaringan komputer dinilai tepat dan siap, maka rancangan itu dapat segera diimplementasikan. Kegiatan pada tahap ini meliputi:

- (1) Penyediaan perangkat keras dan perangkat lunak beserta *peripheral*-nya.
- (2) Penempatan peralatan dan menghubungkannya satu sama lain lewat media transmisi
- (3) Instalasi perangkat lunak sistem operasi dan perangkat lunak lain yang dibutuhkan.
- (4) Memastikan bahwa rangkaian jaringan dapat berfungsi dengan baik dan normal
- (5) Menyusun buku petunjuk instalasi jaringan, alur media transmisi, dan alamat *port* yang digunakan.
- (6) Melakukan pelatihan guna mempersiapkan SDM yang ada.

f) Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap kapasitas transmisi dan kemampuan pengiriman data, kapasitas layanan dan interkoneksi, kemampuan penanganan kesalahan, dan keamanan data. Apabila ditemukan kekurangan-kekurangan atau kendala-kendala, maka rancangan awal akan ditinjau ulang untuk dilakukan pembenahan atau penyesuaian seperlunya.

g) Pemeliharaan

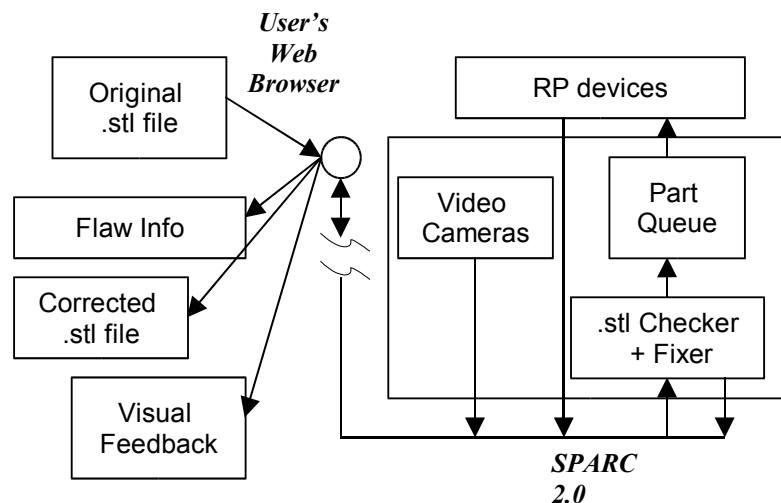
Pemeliharaan jaringan komputer meliputi pemeriksaan berkala terhadap sistem secara keseluruhan, seperti kapasitas penyimpanan data yang tersedia, *backup* secara berkala, kecepatan akses jaringan, kondisi server, sistem pendinginan, kondisi terminal, dan suhu ruangan.

2.6 Jaringan Telemufacturing Berbasis Internet

Prinsip kerja *telemufacturing* untuk *rapid prototyping* (RP) seperti terlihat pada Gambar 2.7 adalah sebagai berikut :

- a. Klien mengirimkan desainnya dalam bentuk *file* STL (*Stereolithography*), format standar industri untuk RP
- b. File STL itu dikirim ke pihak manufaktur melalui internet dengan protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) melalui *browser* web.
- c. File itu diterima oleh server manufaktur, kemudian dicek dan diperbaiki oleh perangkat lunak khusus
- d. Setelah file terkirim bebas dari kesalahan, *file* dikirimkan ke mesin RP yang sesuai untuk dibuat prototipenya (SLS, SLA, LOM, 3DP, atau FDM)

- e. Klien dapat mengecek status pengerjaan prototipe melalui informasi video dan grafis yang dikirimkan dari server manufaktur.



Gambar 2.7 Proses Telemufacturing melalui Internet (WWW)
(Bailey, 1999)

Untuk membangun sistem *telemufacturing* yang baik diperlukan beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Faktor kecepatan proses
2. Faktor akurasi data
3. Faktor antarmuka pengguna (*user interface*)
4. Faktor keamanan sistem

Dalam beberapa kasus, faktor kecepatan dan akurasi sering bertolak belakang. Akurasi data yang tinggi memerlukan proses yang lebih lama sehingga kecepatan proses menurun. Sementara itu, dengan pertimbangan faktor keamanan, dapat pula dipertimbangkan penggunaan internet hanya sebagai media transmisi saja, sedangkan *user interface* dan server dibangun dengan perangkat

lunak khusus agar tidak mudah ditembus. Pendekatan lain adalah dengan memperkuat keamanan jaringan, misalnya dengan menerapkan teknik kriptografi menggunakan metode enkripsi (pengacakan) data yang dikirimkan, sehingga data yang dikirimkan tidak mudah disadap. Banyak teknik pengamanan jaringan internet, misalnya dengan menerapkan standar SSL (*Secure Socket Layer*), SSH (*Secure Shell*), dan mengonfigurasi sebuah *firewall*. Namun, seaman-amannya sebuah sistem, faktor terpenting adalah manusianya, para pengguna dan administrator sistem. Seringkali bobolnya sebuah sistem jaringan disebabkan oleh kelalaian pengguna dan/atau administrator sistem.

Dalam skripsi ini, jaringan yang dirancang masih merupakan tahap awal dari pembangunan jaringan *telemufacturing* yang sesungguhnya, sehingga yang diutamakan dalam perancangan ini adalah kelayakan pembangunan jaringan ini dari sisi teknologi dan ekonomis. Jaringan yang dirancang harus mampu menjalankan fungsi *telemufacturing* untuk aplikasi *rapid prototyping*. Faktor antarmuka pengguna lebih dipentingkan, dengan kecepatan proses dan akurasi data menyusul.

BAB III

METODOLOGI PERANCANGAN DAN PENGUJIAN SISTEM

3.1 Metodologi Perancangan

Perancangan jaringan telemanufacturing ini mengikuti tahapan-tahapan pembangunan jaringan (Gambar 2.1) mulai penentuan tujuan, identifikasi kebutuhan, studi kelayakan, perencanaan, sampai perancangan detail, yang dibagi dalam tiga proses: identifikasi kebutuhan dan studi kelayakan, perencanaan umum, dan perancangan detail.

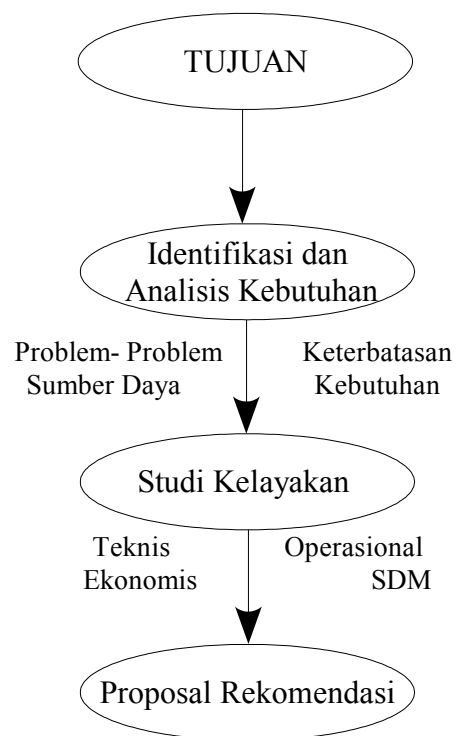
3.1.1 Identifikasi Kebutuhan dan Studi Kelayakan

Seperti terlihat pada Gambar 3.1, proses studi kelayakan dimulai dari definisi tujuan, identifikasi dan analisis kebutuhan, sampai studi kelayakan yang menghasilkan rekomendasi apakah perancangan layak dilanjutkan atau tidak.

a. Definisi Tujuan

Pembangunan jaringan *telemanufacturing* ini bertujuan untuk mempercepat siklus pengembangan produk dengan menghubungkan antara desainer dan perangkat produksi melalui internet. Internet dipilih karena merupakan jaringan publik terbesar dan meliputi seluruh dunia. Siklus pengembangan produk yang

dipercepat diharapkan dapat menekan biaya produksi dan mempersingkat *time to market*.



Gambar 3.1 Proses Studi Kelayakan (Oetomo, 2003)

b. Identifikasi Kebutuhan

1) Problem-Problem yang Dihadapi

- a) Persaingan pasar yang semakin ketat menuntut kecepatan suatu perusahaan dalam membuat dan meluncurkan produk terbaru.
- b) Pembuatan model atau prototipe suatu produk memerlukan waktu yang panjang. Apabila dibutuhkan perbaikan atau penyempurnaan, maka waktu yang diperlukan akan semakin lama.
- c) Lingkup usaha yang makin mengglobal menuntut alokasi sumber daya yang lebih efisien dengan melakukan desentralisasi atau subkontrak (*outsourcing*)

2) Kondisi Sumber Daya yang Ada

- a) Perangkat keras yang tersedia adalah perangkat komputer (PC) lengkap dengan printer dan kamera web (*webcam*) serta jaringan lokal (LAN) yang terhubung ke internet.
- b) Perangkat lunak untuk RP belum tersedia atau belum dikembangkan.
- c) Sumber daya manusia (SDM) yang ada (mahasiswa, dosen) pun kebanyakan belum mengetahui mengenai *telemanufacturing* dan *rapid prototyping*.
- d) Sumber daya keuangan yang ada pun terbatas, karena tidak termasuk dalam program penelitian resmi di jurusan.

3) Keterbatasan-Keterbatasan

- a) Perangkat keras *rapid prototyping* belum tersedia.
- b) Lokasi yang tetap bagi sistem yang akan dirancang.
- c) Belum adanya sistem jaringan *telemanufacturing* maupun *rapid prototyping* yang operasional di Indonesia.

4) Kebutuhan-Kebutuhan yang Ingin Dipenuhi

- a) Sebuah jaringan yang mampu mengirimkan gambar rancangan produk melalui internet ke sistem RP di tempat lain.
- b) Sistem RP tersebut akan otomatis membuat prototipe produk sesuai dengan gambar rancangan yang dikirimkan.
- c) Klien atau pengirim gambar rancangan produk itu dapat memantau proses pembuatan prototipe secara *real-time*.

c. Studi Kelayakan

1) Pertimbangan Aspek Organisasi

Jaringan *telemufacturing* yang dirancang ini berguna bagi pendalaman materi pada perkuliahan *layer manufacturing*. Saat ini telah dimulai penelitian lanjutan tentang perancangan perangkat RP berupa printer tiga dimensi dan program pendukungnya untuk membentuk sistem yang lengkap.

2) Pertimbangan Aspek Ekonomis

Jaringan *telemufacturing* ini dirancang dengan memperhatikan ketersediaan anggaran (*budget*) yang minimum. Perangkat keras yang digunakan adalah yang sudah tersedia (PC, printer, *webcam*), dan perangkat lunak yang digunakan sebagian besar didapatkan dengan cuma-cuma (*free*).

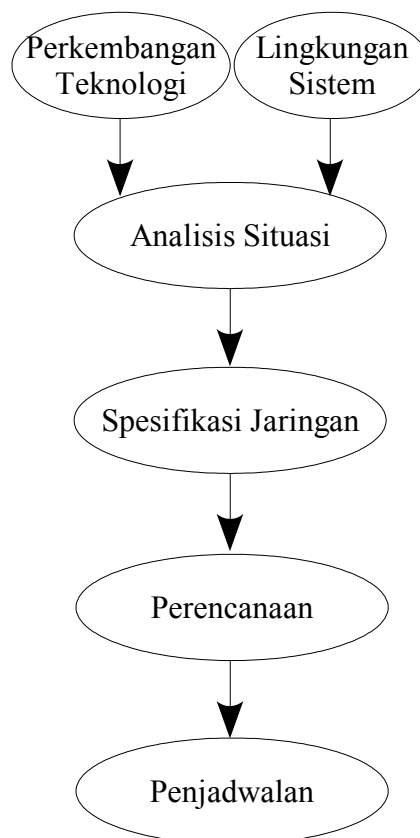
3) Pertimbangan Aspek Teknologi

Jaringan *telemufacturing* yang dirancang ini sedapat mungkin memanfaatkan perangkat yang ada, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Program antarmuka pengguna (*user interface*) yang dirancang menggunakan bahasa pemrograman web yang sederhana dan terbuka (*open source*) sehingga memudahkan dalam pengembangannya (modifikasi dan penambahan fungsi). Hal ini di sisi lain akan menekan anggaran belanja (*budget*) yang harus dikeluarkan.

Dilihat dari ketiga aspek di atas, perancangan jaringan telemufacturing ini layak untuk dilakukan karena banyak manfaatnya serta tidak banyak memakan biaya.

3.1.2 Perencanaan Umum

Seperti terlihat pada Gambar 3.2, dalam tahap ini, dilakukan analisis situasi yang mencakup perkembangan teknologi dan lingkungan sistem, kemudian dilanjutkan pembuatan spesifikasi jaringan secara umum, mengenai perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan.



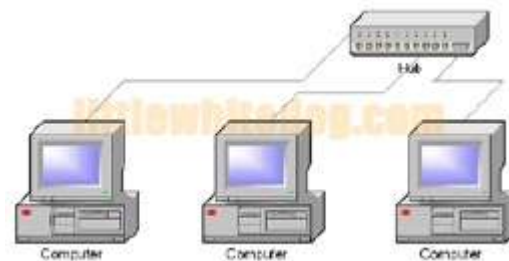
Gambar 3.2 Proses Perencanaan (Oetomo, 2003)

a. Analisis Situasi

1) Perkembangan Teknologi

Jaringan yang dirancang ini berbasis sistem jaringan lokal (LAN) ethernet sesuai standar IEEE802.3 dengan media 10BaseT, yang strukturnya terlihat pada Gambar 3.3, menggunakan kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) dan konektor RJ-45 berkecepatan sampai 10 Mbps dengan topologi *star* (menyebar). Dewasa

ini teknologi 100BaseT berkecepatan sampai 100 Mbps sudah menggantikan 10BaseT dengan harga yang sama.



Gambar 3.3 Struktur 10BaseT

Jaringan yang dirancang ini berbasis internet, jadi menggunakan protokol TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), sebuah implementasi dari standar OSI (*Open System Interconnection*). Aplikasi yang digunakan adalah HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) untuk lalu lintas pengiriman dan penerimaan data menggunakan *browser web*.

Keuntungan menggunakan standar-standar tersebut adalah sifatnya yang terbuka sehingga mudah diimplementasikan, banyak didukung oleh perangkat keras dan lunak yang tersedia di pasaran, serta aplikasinya dalam jaringan global (internet) sudah teruji selama bertahun-tahun. Pemrograman berbasis web berkembang sangat pesat seiring perkembangan internet, dengan munculnya teknologi seperti CGI, JSP, ASP, SSI, dan *web service*. Bahasa yang mendukung pemrograman web juga semakin banyak, seperti PHP, Perl, Python, dan Java.

2) Lingkungan Sistem

Sistem jaringan yang dirancang ini akan menjadi basis dari keseluruhan sistem yang terdiri atas perangkat *rapid prototyping* (printer tiga dimensi) dan perangkat lunak penunjangnya. Jaringan ini akan menghubungkan perangkat lunak desain produk ke mesin pembuat prototipe. Saat ini keduanya sedang dalam

proses pembuatan, sehingga jaringan ini dalam implementasinya menggunakan masukan dan keluaran yang disimulasikan. Masukannya berupa irisan-irisan (*slices*) gambar rancangan produk dan keluarannya berupa cetakan (*printout*) di atas kertas dari sebuah printer biasa (dua dimensi).

b. Spesifikasi Jaringan

1) Perangkat Keras

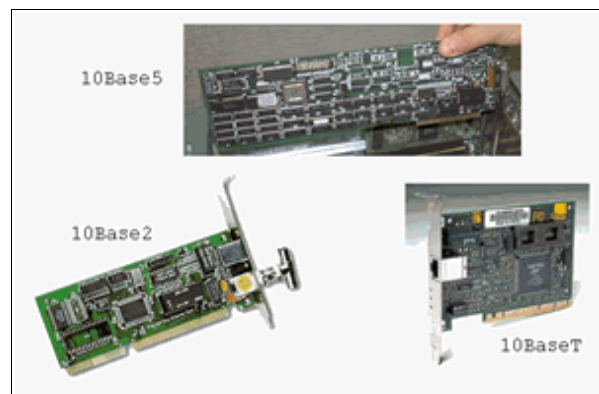
- a) Komputer (PC) yang berfungsi sebagai klien dan server, seperti terlihat pada

Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Komputer (PC)

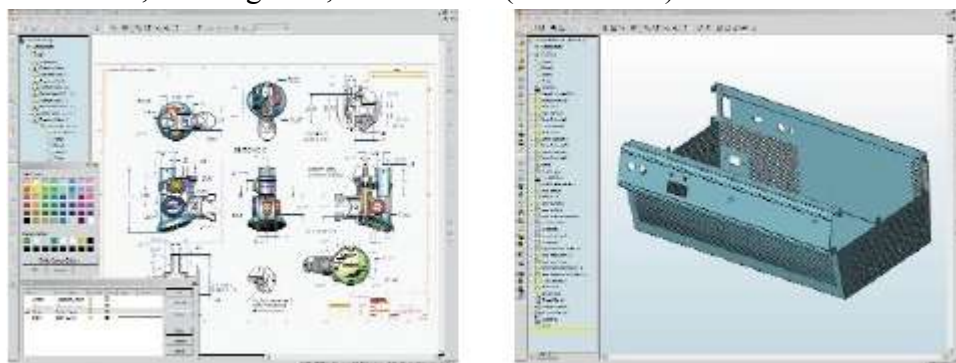
- b) Printer sebagai perangkat keluaran (*output*), menggantikan perangkat RP yang belum tersedia.
- c) *Webcam* sebagai umpan balik (*feedback*) bagi pengguna (klien)
- d) Perangkat jaringan (kartu jaringan, kabel, konektor, dan *hub/switch*) sebagai penghubung antara komputer dengan jaringan internet. Contoh kartu jaringan (*Network Interface Card/NIC*) 10Base2, 10Base5, dan 10BaseT terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kartu Jaringan (NIC)

2) Perangkat Lunak

- a) Sistem operasi, meliputi sistem operasi klien dan server. Sistem operasi klien harus mampu menjalankan perangkat lunak CAD, perangkat lunak *slicing*, konverter gambar, dan browser web. Sistem operasi server harus mampu menjalankan server web, aplikasi grafis, *driver* printer, dan server *webcam*.
- b) Perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) tiga dimensi, untuk menghasilkan gambar rancangan (STL). Contoh program CAD : Autodesk Inventor, Pro/Engineer, SolidWorks (Gambar 3.6)



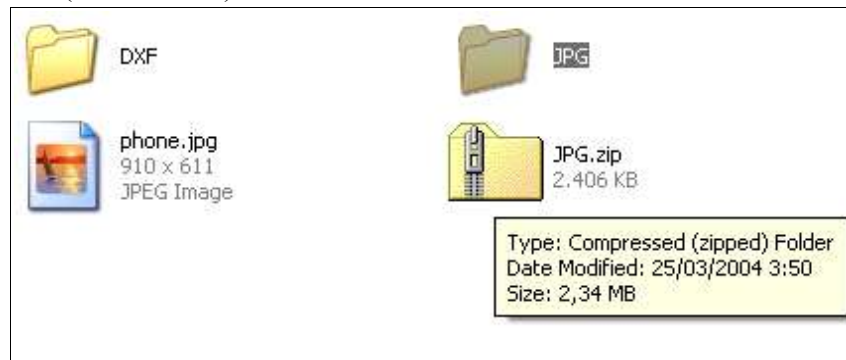
Gambar 3.6 Tampilan SolidWorks

- c) Perangkat lunak untuk membuat irisan (*slices*) dari gambar rancangan tiga dimensi yang dihasilkan perangkat lunak CAD. Contoh: VisCam RP (Gambar 3.7)



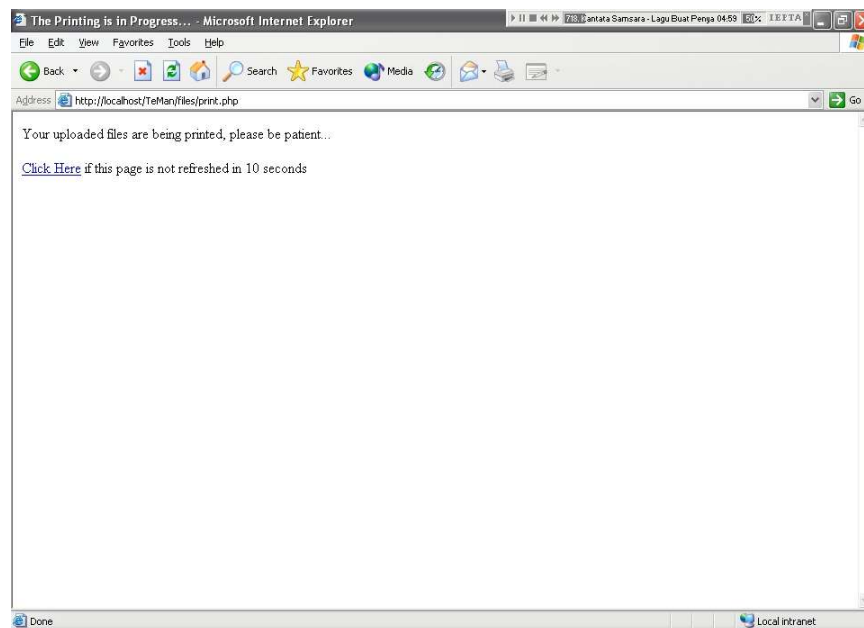
Gambar 3.7 Tampilan VisCam RP

- d) Konverter irisan gambar rancangan (tiga dimensi) ke format dua dimensi.
- e) Perangkat lunak kompresi dan pengarsipan, digunakan untuk memadatkan irisan-irisan (*slices*) hasil pengolahan perangkat lunak *slicing* dan konverter grafi. Satu gambar rancangan produk tiga dimensi akan diolah menjadi puluhan bahkan ratusan irisan (*slice*), maka untuk mempermudah pengiriman ke server, irisan-irisan tersebut disatukan menjadi satu *file* arsip dalam format zip. Contoh perangkat lunak jenis ini: WinZip, Compressed Folder (Gambar 3.8)

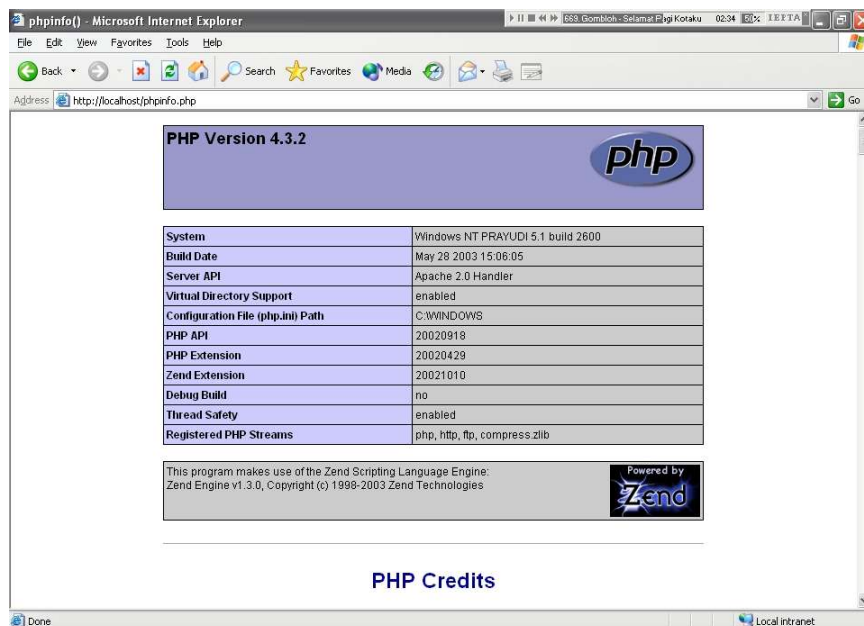


Gambar 3.8 Tampilan *Compressed Folder*

- f) *Browser* web sebagai medium bagi klien untuk berinteraksi dengan *server*. Klien mengirimkan gambar, mencetak, dan memantau proses pencetakan melalui program ini. Contoh browser adalah Internet Explorer (Gambar 3.9)



Gambar 3.9 Tampilan Internet Explorer

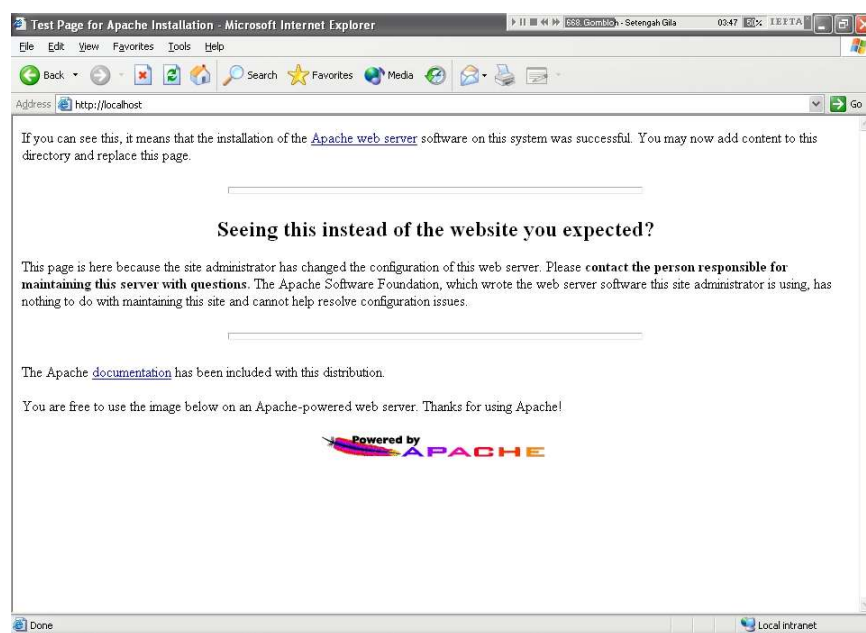


Gambar 3.10 Tampilan PHP

- g) Program khusus berbasis web sebagai antarmuka pengguna (*user interface*) yang dijalankan melalui *browser* dan menjalankan fungsi-fungsi utama jaringan di server. Program ini ditulis dengan bahasa pemrograman *web*, seperti PHP (Gambar 3.10) dijalankan di server, dan mengendalikan

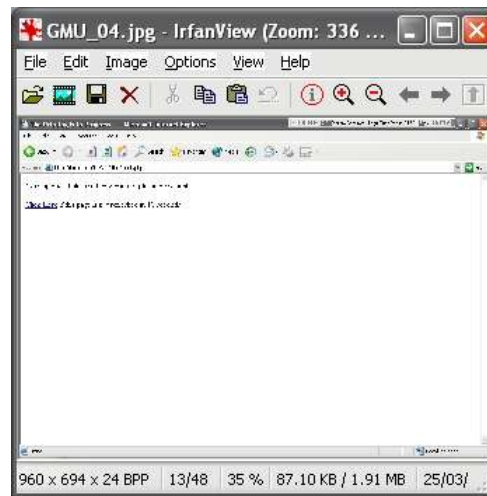
program-program tambahan seperti aplikasi grafis, *printer spooler*, dan server *webcam*.

- h) Server web, mengolah program antarmuka pengguna dan masukan dari klien. Pada server web ini terpasang *interpreter* bahasa pemrograman *web* untuk menjalankan *script* pada program antarmuka pengguna. Contoh: Apache (Gambar 3.11)



Gambar 3.11 Tampilan Apache

- i) Program aplikasi grafis untuk menerjemahkan *file* gambar yang dikirimkan ke server ke bahasa printer untuk mendapatkan keluaran berupa *printout* gambar dua dimensi. Aplikasi ini harus bisa dikendalikan dari antarmuka pengguna dengan baris perintah (*command line*), Contohnya IrfanView (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Tampilan IrfanView

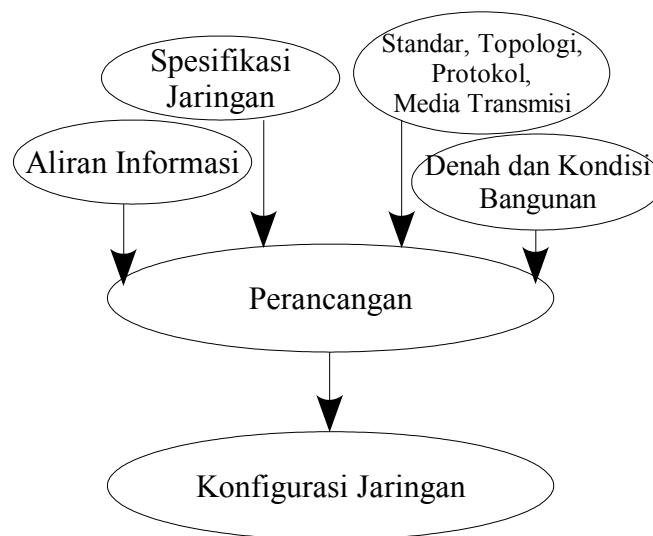
- j) *Driver* printer, sebagai penghubung *file* hasil pengolahan aplikasi dengan instruksi pencetakan printer untuk menghasilkan keluaran (*output*) sesuai yang diinginkan.
- k) Server *webcam* berfungsi untuk mengatur masukan dari *webcam* dan mengirimkannya ke server web agar bisa diakses oleh pengguna. Contoh: Timershot atau DCam Server (Gambar 3.13).



Gambar 3.13 Tampilan Server *Webcam*

3.1.3 Perancangan Detail

Dalam perancangan detail, seperti terlihat pada gambar 3.14, semua spesifikasi dari perencanaan umum diperinci secara lebih spesifik, hanya yang digunakan dalam rancangan yang akan diuji. Selain itu juga ditentukan standar, topologi, protokol, dan media transmisi yang digunakan, denah dan kondisi bangunan, serta aliran informasi antar komponen jaringan. Pada akhirnya akan dihasilkan konfigurasi jaringan *telemufacturing* yang siap untuk dioperasikan.



Gambar 3.14 Proses Merancang Konfigurasi (Oetomo, 2003)

a. Spesifikasi Jaringan

- 1) Pada tahap awal ini, digunakan satu klien dan satu server yang dihubungkan dengan kabel silang (*cross cable*) tanpa konsentrator (*hub/switch*), seperti yang terlihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Dua Komputer Terhubung dengan *Crossover Cable*

- 2) Sistem operasi yang digunakan adalah Microsoft Windows XP Professional, baik untuk klien maupun server.
- 3) Printer yang digunakan adalah Epson Stylus C41SX (Gambar 3.16) yang terhubung ke server melalui *port* paralel (LPT1).



Gambar 3.16 Printer Epson Stylus C41SX

- 4) Kamera web (*webcam*) yang digunakan adalah Logitech QuickCam Express (Gambar 3.17) yang terhubung ke server melalui *port* USB.

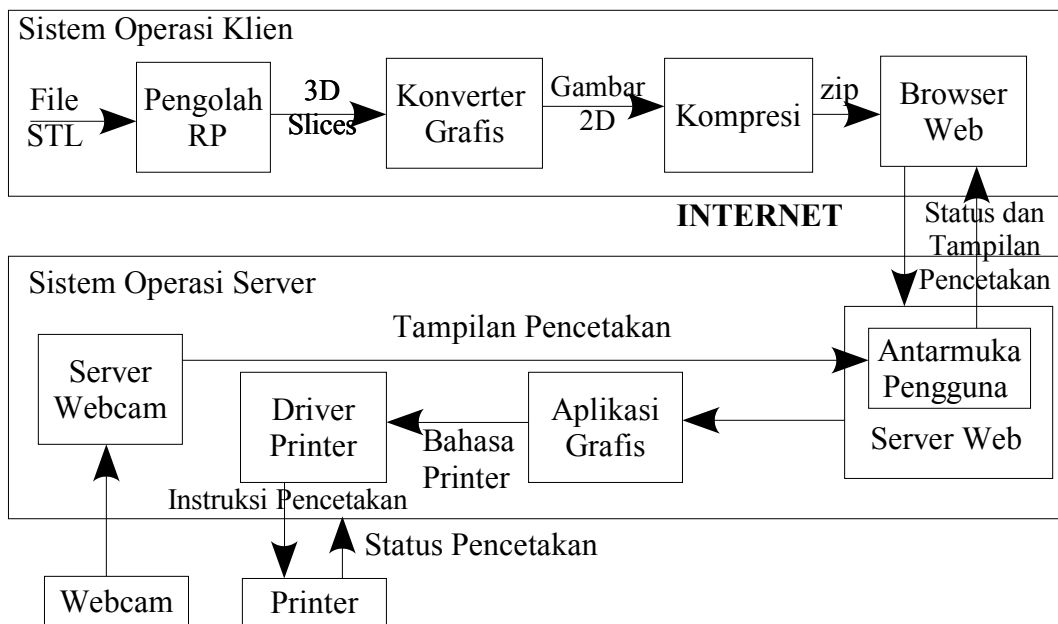


Gambar 3.17 *Webcam* Logitech QuickCam Express

- 5) Perangkat lunak yang diinstalasi di server: Apache, PHP, IrfanView, Dcam Server, dan *driver* printer Epson Stylus High Quality ESC/P 2.
- 6) Perangkat lunak yang diinstalasi di klien: VisCam RP, CtrlView, dan Internet Explorer.
- 7) File STL sebagai masukan tidak dirancang dari awal menggunakan perangkat lunak CAD 3D, namun diambil dari *file* yang sudah ada.

- 8) Antarmuka pengguna dikembangkan dengan bahasa pemrograman PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) berupa sebuah situs web bernama GMU (*Gadjah Mada University*) *Telemanufacturing Testbed*.

b. Aliran Informasi



Gambar 3.18 Aliran Informasi dalam Jaringan *Telemanufacturing*

Aliran informasi dalam jaringan telemanufacturing ini seperti terlihat pada gambar 3.18 adalah sebagai berikut:

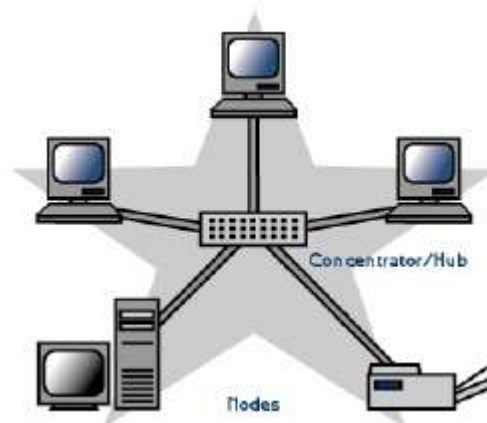
- 1) Gambar rancangan tiga dimensi (STL) diubah menjadi irisan-irisan (*slices*) menggunakan perangkat lunak RP.
- 2) Irisan-irisan (*slices*) itu diubah ke format dua dimensi menggunakan konverter grafis.
- 3) Irisan-irisan (*slices*) dipak menggunakan perangkat lunak kompresi menjadi file arsip berformat zip agar memudahkan pengguna dalam mengirimkan rancangan ke server.

- 4) File arsip (zip) itu dikirimkan ke server lewat internet (HTTP) menggunakan antarmuka pengguna yang diakses dari server menggunakan *browser* web.
- 5) File yang dikirimkan diproses di server menggunakan antarmuka pengguna. File arsip dimekarkan kembali dan disimpan dalam situs *telemufacturing*.
- 6) Pengguna dapat mengecek file-file tersebut lewat tampilan di antarmuka, sebelum memerintahkan pencetakan.
- 7) File-file dikirim ke printer menggunakan aplikasi grafis yang dikendalikan oleh antarmuka pengguna.
- 8) *Webcam* akan mengirimkan tayangan proses pencetakan ke server web, yang dapat diakses pengguna lewat antarmuka, bersama dengan status pencetakan dari sistem operasi.

c. Standar Topologi, Protokol, Media Transmisi

1) Topologi

Topologi yang direncanakan berbentuk *star* (menyebar), seperti nampak pada Gambar 3.19, dengan beberapa klien terhubung ke satu server atau lebih. Pemilihan topologi ini dengan pertimbangan teknis instalasinya relatif mudah, pengembangannya mudah, dan perangkatnya mudah didapatkan di pasaran.



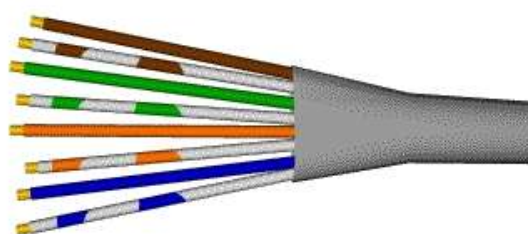
Gambar 3.19 Topologi Jaringan *Star* (Kelik, 2003)

2) Protokol

Protokol yang digunakan adalah TCP/IP yang juga digunakan untuk internet karena standarnya terbuka, tersedia untuk semua sistem operasi, aplikasinya banyak tersedia, dan relatif *familiar* di kalangan pengguna sehingga tidak diperlukan banyak pelatihan bagi SDM yang mengoperasikan jaringan ini.

3) Media Transmisi

Media transmisi yang dipilih adalah kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) kategori 5, seperti nampak pada Gambar 3.20, dengan kecepatan sampai 100 Mbps. Media ini dipilih karena harganya relatif murah, banyak tersedia di pasaran, kompatibel dengan kartu jaringan yang ada, dan mudah dalam pengembangannya.

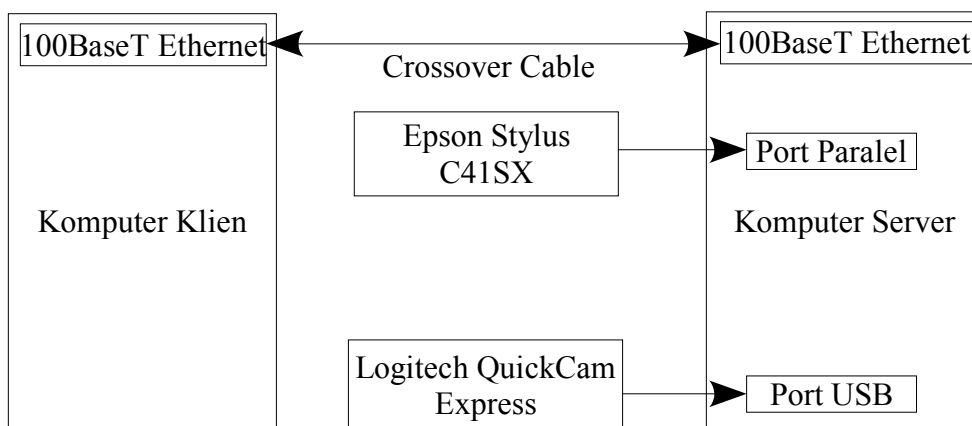


Gambar 3.20 Kabel UTP (Kelik, 2003)

d. Denah dan Kondisi Bangunan

Pada tahap awal ini, jaringan ini belum mempunyai lokasi tetap dan akan diimplementasikan dalam ruang terbatas, dengan komputer klien dan server berada dalam satu lokasi. Dalam perkembangannya, bila memungkinkan, komputer server akan dihubungkan ke jaringan lokal yang telah ada.

e. Konfigurasi Jaringan



Gambar 3.21 Konfigurasi Perangkat Keras dalam Jaringan *Telemanufacturing*

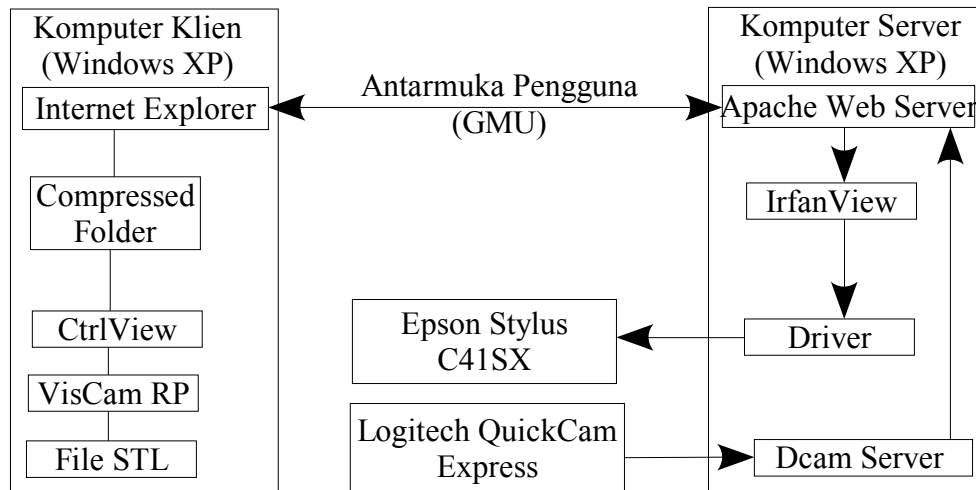
1) Konfigurasi Perangkat Keras

Konfigurasi perangkat keras untuk jaringan *telemanufacturing* ini seperti terlihat pada Gambar 3.21, adalah sebagai berikut :

- a) Pada komputer server, terpasang printer Epson Stylus C41SX yang terhubung melalui *port* paralel dan *webcam* Logitech QuickCam Express yang terhubung melalui *port* USB.
- b) Komputer server dan klien terhubung dengan kabel *crossover* melalui kartu jaringan 100BaseT yang terpasang di dalam masing-masing komputer. Masing-masing komputer dikonfigurasi protokol TCP/IP untuk jaringan lokal (LAN) menggunakan alamat IP statik.

2) Konfigurasi Perangkat Lunak

Konfigurasi perangkat lunak untuk jaringan *telemufacturing* ini seperti terlihat pada Gambar 3.22, adalah sebagai berikut :



Gambar 3.22 Konfigurasi Perangkat Lunak dalam Jaringan *Telemufacturing*

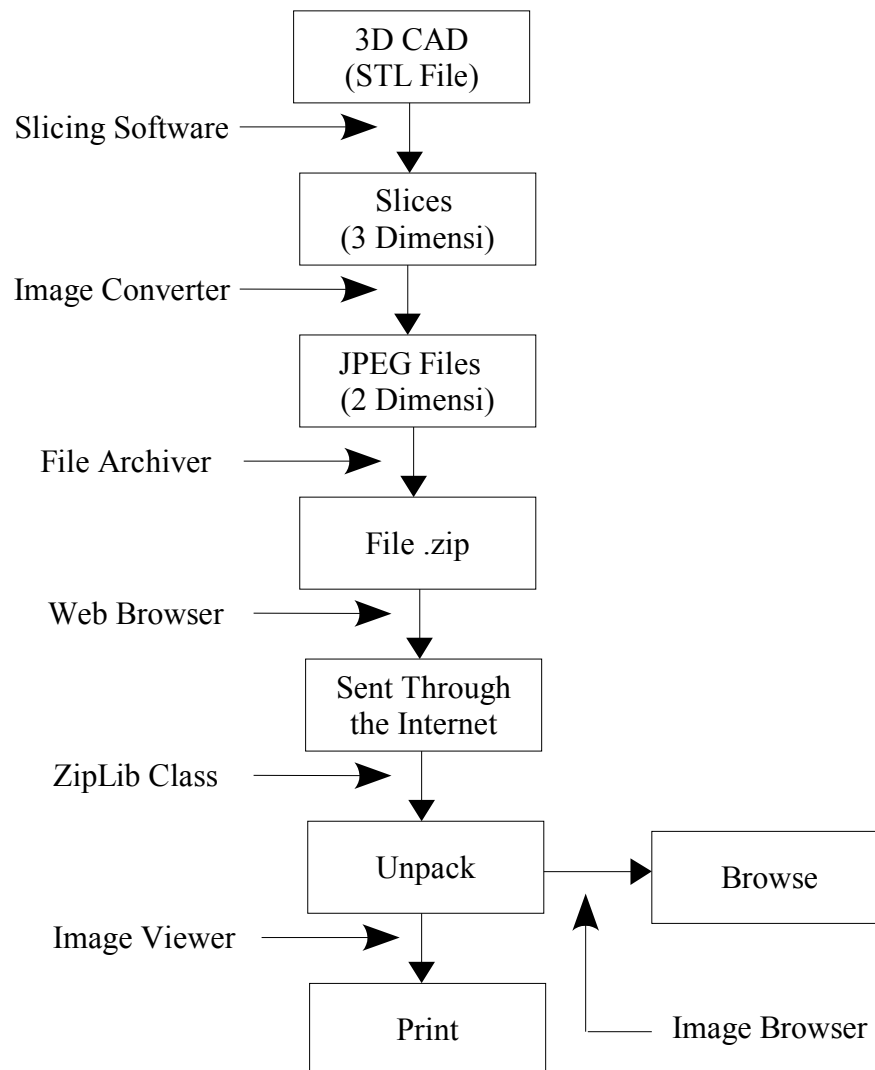
- Pada komputer klien, diinstalasikan sistem operasi Windows XP, yang di dalamnya termasuk browser Internet Explorer dan *Compressed Folder*, dan program aplikasi CtrlView, serta VisCam RP.
- Pada komputer server diinstalasikan sistem operasi Windows XP, server web Apache, PHP, IrfanView, driver printer Epson Stylus C41SX, dan Dcam Server. Antarmuka pengguna juga diinstalasikan dalam server web.

3.2 Metodologi Pengujian

3.2.1 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan *file *.STL* yang telah dipotong-potong ke dalam file-file irisan (*slices*) secara berurutan, dengan menggunakan mesin printer *inkjet* (Epson Stylus C41SX) sebagai keluaran, seperti terlihat pada

Gambar 3.23. Pengujian dilakukan dengan dua komputer yang terhubung dengan kabel *crossover* UTP 100BaseT dengan spesifikasi :



Gambar 3.23 Alur Pengujian Sistem GMU

1. Komputer server: AMD Duron 600, DDR-SDRAM 256 MB PC2700, 40 GB Hard Disk, Kartu Jaringan SiS 900, Logitech QuickCam Express, Epson Stylus C41SX, Microsoft Windows XP Professional *Service Pack 1*, Dcam Server 8.2.5, Apache 2.0.46, PHP 4.3.2, IrfanView 3.85.

2. Komputer klien: Intel Pentium IV/1,8A, DDR-SDRAM 256MB PC2100, 30 GB Hard Disk, Kartu Jaringan RTL3189C, Microsoft Windows XP Professional SP1, VisCam RP 1.94, CtrlView 2.60, Microsoft Internet Explorer 6 *Service Pack 1*.

File *.STL yang digunakan dalam pengujian adalah rancangan telepon selular (Phone.stl) berukuran 685 KB, yang diolah menggunakan perangkat lunak VisCam RP versi 1.94 menjadi 112 irisan (*slices*) dengan ketebalan 0,152 mm dengan ukuran file seluruhnya sebesar 1738 KB. Setiap irisan dikonversi ke format JPEG (*Joint Picture Expert Group*) menggunakan perangkat lunak CtrlView 2.60.

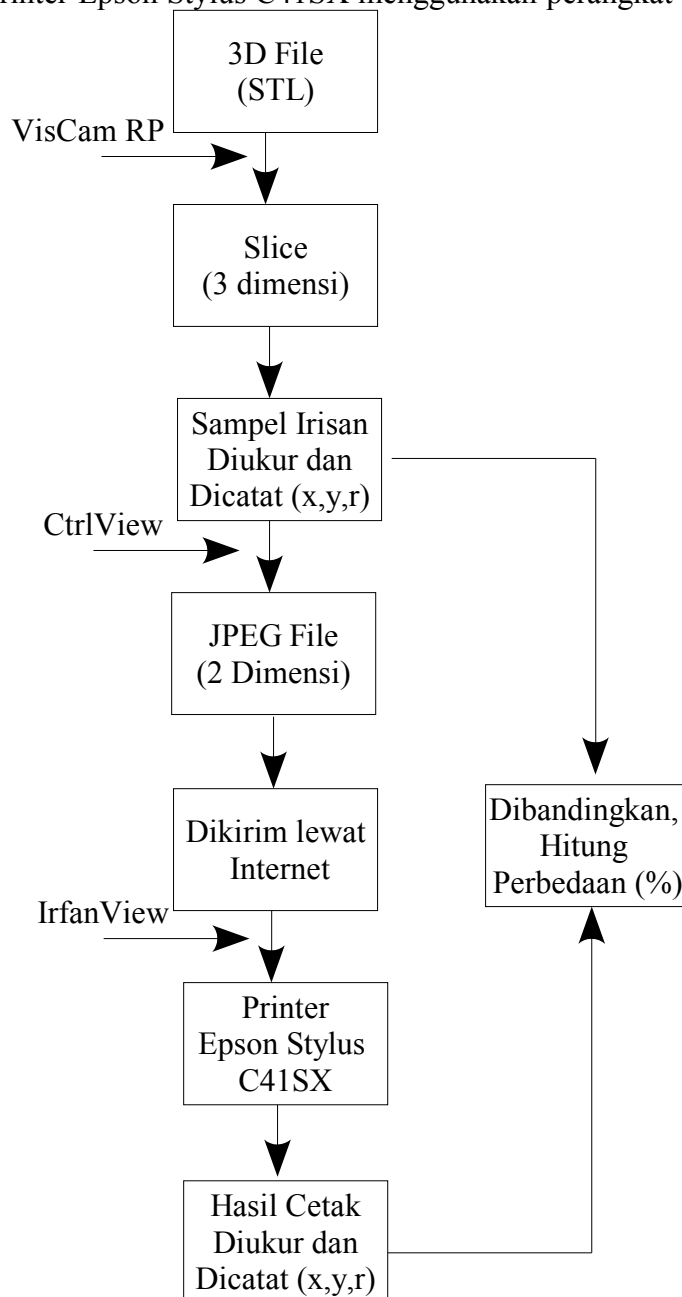
File-file irisan berformat JPEG ini dikompresi menjadi satu file zip berukuran 789 KB dan dikirim ke komputer server menggunakan antarmuka GMU lewat *browser* Microsoft Internet Explorer 6 dan hasilnya berupa cetakan (*printout*) di atas kertas ukuran A4 70 gram menggunakan mesin printer Epson Stylus C41SX yang terhubung ke komputer melalui antarmuka *port* paralel. Pencetakan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak IrfanView versi 3.85 dan *driver* printer Epson Stylus C41SX versi 5.31.

Waktu yang diukur meliputi waktu transmisi, waktu pengarsipan (kompresi dan dekompresi), dan waktu pencetakan.

3.2.2 Pengujian Dimensional

Untuk pengujian dimensional, digunakan satu file irisan dari phone.stl yang diukur panjang, lebar, dan radiusnya dalam aplikasi pengolah VisCam RP. File

tersebut dikirimkan ke server GMU menggunakan antarmuka pengguna, dan dicetak ke printer Epson Stylus C41SX menggunakan perangkat lunak IrfanView.



Gambar 3.24 Alur Pengujian Dimensional Hasil cetaknya (*printout*) diukur panjang, lebar, dan radiusnya, kemudian dibandingkan dengan dimensi awal, dan dihitung persentasi perbedaannya. Selengkapnya perhatikan Gambar 3.24

BAB IV

HASIL PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan antarmuka pengguna berupa sebuah situs web yang dinamakan GMU Telemufacturing Testbed (GMU). GMU secara keseluruhan berisi 25 file, yang terdiri atas 14 file PHP, 3 file HTML, 1 file CSS, 5 file GIF, 1 file JPEG, dan 1 file program bantu (IrfanView 3.85). Kode sumber (*source code*) untuk masing-masing file (HTML dan PHP) dapat dilihat dalam lampiran A.

Di luar situs web dibutuhkan satu program *webcam* untuk keperluan *capturing*, dalam rancangan ini digunakan Dcam Server 8.2.5.

4.1.1 Instalasi Jaringan

Sebagaimana program komputer yang lainnya, aplikasi dari jaringan *telemufacturing* ini harus melewati beberapa tahap instalasi sebelum dapat dipergunakan. Secara sistematis, tahap-tahap tersebut terdiri atas :

1. Instalasi Server
 - a) Hubungkan printer Epson Stylus C41SX dan *webcam* Logitech QuickCam Express ke komputer server.
 - b) Instalasi sistem operasi Windows XP Professional
 - c) Instalasi *driver* printer Epson Stylus C41SX untuk Windows XP.

d) Instalasi Apache 2.0.46 dan PHP 4.3.2

Apache berfungsi sebagai server web dan PHP sebagai pengolah skrip PHP pada program antarmuka pengguna. Selengkapnya lihat Lampiran B

e) Instalasi Dcam Server 8.2.5

Dcam Server berfungsi sebagai server *webcam*. Selengkapnya lihat Lampiran B

f) Instalasi IrfanView 3.85

IrfanView akan meneruskan file-file irisan gambar rancangan yang dikirimkan oleh klien untuk dicetak ke printer.

g) Menyiapkan situs web GMU

File-file dalam situs web GMU ditempatkan pada direktori `c:\program files\apache_group\apache2\htdocs\gmu`. Selengkapnya lihat Lampiran B

h) Konfigurasi jaringan

Komponen TCP/IP harus terpasang, komputer diberikan nomor IP 192.168.1.1 dan *NetMask* 255.255.255.0.

2. Instalasi Klien

a) Instalasi sistem operasi Windows XP Professional

Windows XP selain sebagai sistem operasi juga berisi program kompresi (*Compressed Folder*) dan *browser* web (Internet Explorer).

b) Instalasi Autodesk Inventor atau perangkat lunak CAD lainnya.

Perangkat lunak CAD digunakan untuk menyiapkan gambar rancangan tiga dimensi dalam format STL. Jika belum mendukung format STL, perlu

diinstalasikan konverter STL seperti STL Exporter, atau jika format keluaran didukung oleh CtrlView maka konverter tidak diperlukan.

c) Instalasi VisCam RP 1.94.

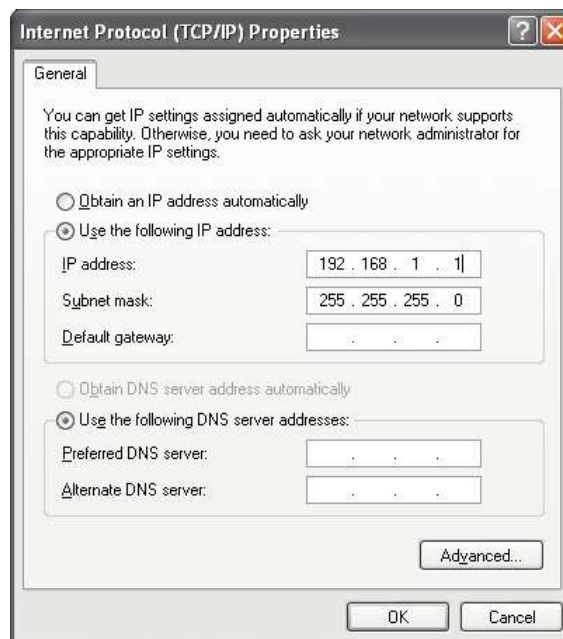
VisCam RP berfungsi untuk mengolah gambar rancangan tiga dimensi menjadi irisan-irisan (*slices*) dengan ketebalan tertentu.

d) Instalasi CtrlView 2.60.

CtrlView berfungsi untuk mengubah format gambar irisan dari tiga dimensi ke dua dimensi.

e) Konfigurasi jaringan

Komponen TCP/IP harus terpasang, komputer diberikan nomor IP 192.168.1.2 dan *NetMask* 255.255.255.0 seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Konfigurasi Jaringan Lokal

3. Instalasi Jaringan

- a) Kabel jaringan dihubungkan ke kartu jaringan masing-masing komputer sebelum dinyalakan.

- b) Koneksi jaringan dapat dicek dengan menggunakan program *ping* dari komputer klien (ketikkan *ping 192.168.1.1* pada *command prompt*)

4.1.2 Implementasi Jaringan

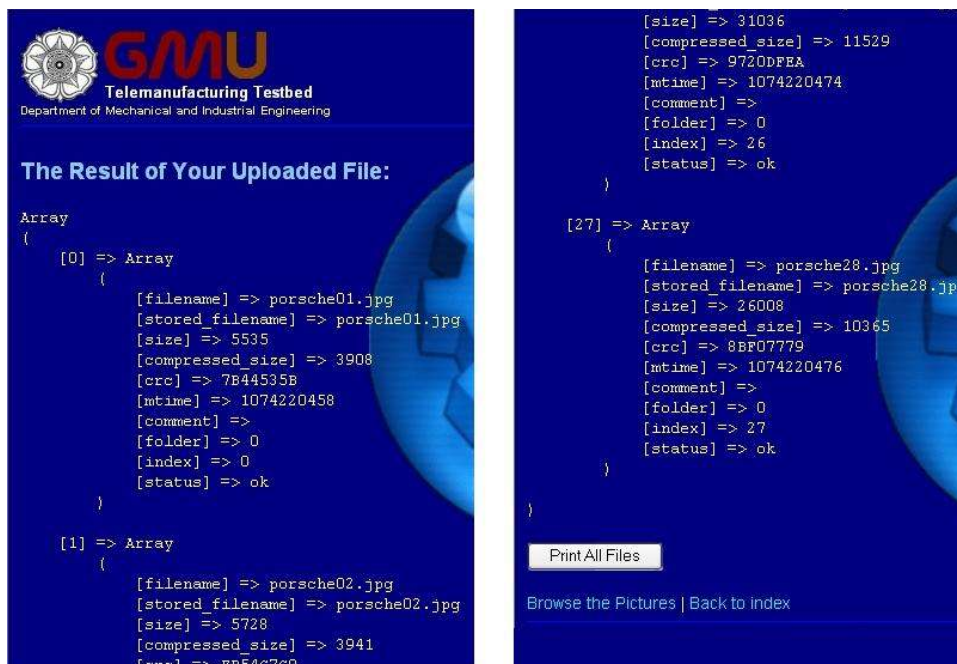
Prinsip Kerjanya:

- a) Klien menyiapkan file *.STL dari rancangan tiga dimensi SolidWorks, PTC Pro/Engineer, SolidEdge, Catia, atau Autodesk Inventor.
- b) File *.STL tersebut diolah menggunakan perangkat lunak RP (VisCam RP) menjadi irisan-irisan (*slices*) dalam format *.DXF (Drawing Exchange Format).
- c) File-file *.DXF ini dikonversi ke format JPEG (*Joint Picture Expert Group*) menggunakan perangkat lunak *3D image viewer* (CtrlView).
- d) File-file irisan dalam format JPEG ini dikompresi menggunakan perangkat lunak kompresi (*Send to Compressed Folder*).



Gambar 4.2 Tampilan Awal Situs GMU

- e) Klien membuka situs <http://192.168.1.1/gmu/index.php> menggunakan *browser*, akan muncul tampilan halaman pembuka (Gambar 4.2).
- f) Klien mengirimkan file .zip ke server menggunakan formulir yang disediakan. File .zip akan otomatis dimekarkan (ekstraksi) ke subfolder *files* menjadi file-file JPEG seperti keadaan sebelum dikompresi (Gambar 4.3).

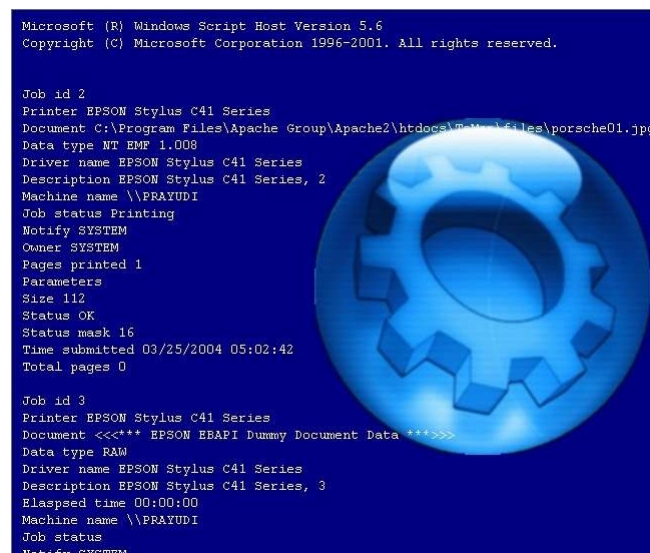


Gambar 4.3 Tampilan Status Pengiriman dan Pemekaran File

- g) Klien tinggal menekan tombol *Print All Files*, dan file-file JPEG akan dicetak ke printer yang terhubung ke server menggunakan perangkat lunak Irfan View yang terinstalasi di server.
- h) Setelah menunggu kira-kira 10 detik, akan muncul tampilan gambar *webcam* dari mesin printer yang sedang bekerja melakukan pencetakan (Gambar 4.4), dan tampilan status pencetakan (Gambar 4.5). Tampilan ini akan diperbarui setiap 30 detik.



Gambar 4.4 Tampilan Proses Pencetakan dari Webcam



Gambar 4.5 Tampilan Status Pencetakan

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Data Hasil Pengujian

a. Pengujian Sistem

1) Data Awal

- a) File awal (Phone.stl) berukuran 685 KB (Gambar 4.6)

b) File irisan (slice) sebanyak 112 file, berukuran total 1,65 MB (1738 KB).

Perhatikan gambar 4.7.

c) File arsip (zip) berukuran 789 KB



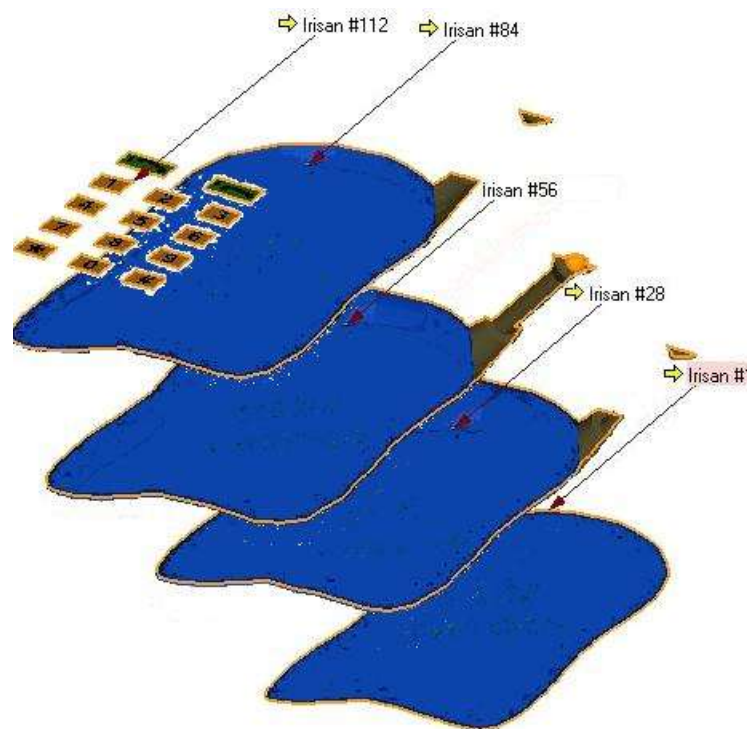
Gambar 4.6 *File Awal phone.stl* (685 k)

2) Waktu yang Diukur

- a) Waktu transmisi (mulai penekanan tombol *Send* pada gambar 4.2 sampai mulai muncul tampilan gambar 4.3)
- b) Waktu pemampatan (kompresi) dan pemekaran (dekompresi) file arsip (zip)
- c) Waktu pencetakan (untuk tiap *file* irisan)

3) Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian sistem, didapatkan hasil-hasil seperti pada Tabel 4.1.



Gambar 4.7 Ilustrasi Irisan dari *File phone.stl*

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sistem

<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>	<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>	<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>
1	15	32	39	16	47	77	15	38
2	15	33	40	16	46	78	15	38
3	15	33	41	16	47	79	15	38
4	15	32	42	16	47	80	15	38
5	15	33	43	16	47	81	15	38
6	15	33	44	16	47	82	15	38
7	15	33	45	16	47	83	15	38
8	15	33	46	16	47	84	15	37
9	15	33	47	16	47	85	15	37
10	15	34	48	16	47	86	15	38
11	15	34	49	16	47	87	15	37
12	15	34	50	16	47	88	15	37
13	15	35	51	16	47	89	15	37

(Lanjutan)

<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>	<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>	<i>Irisan ke-</i>	<i>Ukuran File (KB)</i>	<i>Waktu Cetak (detik)</i>
14	15	36	52	16	47	90	15	36
15	15	36	53	16	47	91	15	36
16	15	36	54	16	47	92	15	35
17	15	36	55	16	47	93	17	35
18	15	37	56	16	47	94	17	60
19	15	36	57	16	47	95	17	60
20	15	37	58	16	47	96	17	59
21	15	37	59	16	47	97	17	56
22	15	37	60	16	47	98	17	50
23	15	37	61	16	47	99	17	48
24	16	37	62	16	47	100	17	55
25	16	37	63	16	47	101	17	55
26	15	37	64	16	47	102	17	55
27	16	37	65	16	47	103	17	55
28	15	37	66	16	47	104	17	55
29	16	37	67	16	47	105	17	55
30	16	37	68	16	47	106	15	24
31	16	37	69	16	47	107	15	24
32	16	37	70	16	47	108	15	23
33	16	38	71	16	47	109	15	23
34	16	46	72	16	48	110	15	23
35	16	46	73	16	39	111	15	22
36	16	47	74	15	38	112	15	22
37	16	46	75	15	38			
38	16	46	76	15	38			
Total							1738	4511

- Waktu transmisi = 78,9 detik
- Waktu pengarsipan = 7,89 detik
- Kecepatan cetak = $1738/4597,79 = 0,378$ kbps

b. Pengujian Dimensional

Data hasil pengujian dimensional dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Dimensional

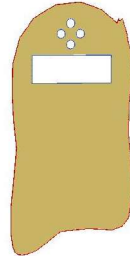
	<i>Irisan</i>		<i>Selisih (mm)</i>	<i>Persentase (%)</i>
	<i>CAD (mm)</i>	<i>Hasil Cetak (mm)</i>		
Panjang (Dx)	67,23	73	5,77	8,58
Lebar (Dy)	159,66	188	28,34	17,75
Radius (R)	33,32	38	4,68	14,05
Rata-Rata				13,46

4.2.2 Analisis Hasil Pengujian

a. Pengujian Sistem

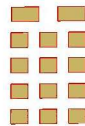
Analisis hasil pengujian di atas adalah sebagai berikut :

1. Waktu total pencetakan adalah sebesar = $78,9 + 7,89 + 4511 = 4597,79$ detik atau 76,6289 menit (1 jam 17 menit).
2. Waktu transmisi data jauh lebih kecil dibandingkan dengan waktu cetak, artinya kecepatan proses lebih dipengaruhi kecepatan mesin/perangkat RP dalam membuat prototipe.
3. Waktu cetak tidak sebanding dengan ukuran file, namun lebih dipengaruhi kerumitan bentuk yang dicetak. Perhatikan irisan ke-94 (Gambar 4.8) yang waktu cetaknya paling lama, dan irisan ke-106 (Gambar 4.9) yang waktu cetaknya paling singkat.



Gambar 4.8 Hasil Cetak *File* Irisan ke-94

4. Ukuran file akhir total sebesar 1738 KB, berarti sama dengan data awal, sehingga dapat disimpulkan tidak ada data yang hilang selama proses pemampatan (kompresi), pengiriman (transmisi), dan pemekaran (dekompresi).



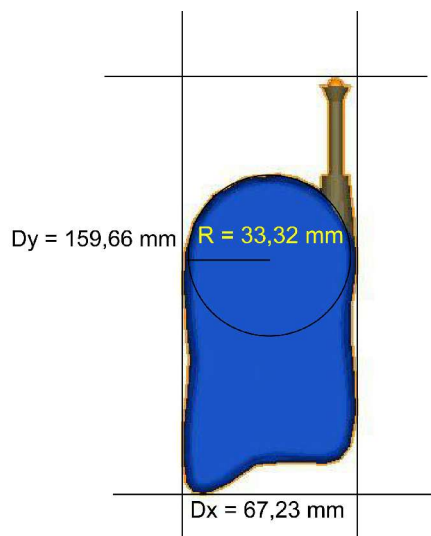
Gambar 4.9 Hasil Cetak *File* Irisan ke-106

b. Pengujian Dimensional

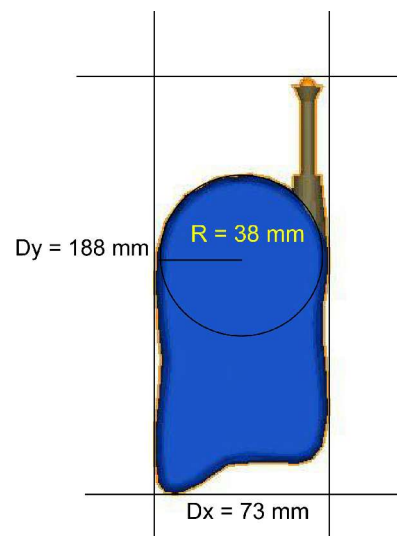
Analisis hasil pengujian di atas adalah sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan antara file sebelum dicetak (berupa irisan) dan setelah dicetak (*printout*). Hasil cetak lebih besar ukurannya dibandingkan *file* aslinya.
2. Perbedaan terbesar pada lebar (Dy) sebesar 17,55 %, diikuti radius sebesar 14,05 % dan panjang (Dx) sebesar 8,58 %, dengan rata-rata 13,46 %.

3. Perbedaan yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:
- Toleransi yang diberikan perangkat lunak pengolah RP saat melakukan pengirisan (*slicing*)
 - Toleransi dalam proses konversi ke format dua dimensi oleh perangkat lunak konverter grafis.
 - Toleransi oleh perangkat lunak *image viewer* untuk menyesuaikan dengan kertas (media pencetakan)
 - Toleransi yang diberikan printer yang disebabkan oleh penerjemahan isi *file* ke dalam bahasa printer.
 - Toleransi pada pengukuran akhir, yang dilakukan secara manual.



Gambar 4.10 File Irisan Awal



Gambar 4.11 File Hasil Cetak Akhir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hal-hal yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil perancangan jaringan *telemufacturing* ini mampu menjalankan proses *rapid prototyping* dengan keluaran ke mesin printer *inkjet* (dua dimensi) dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan.
2. Pengujian sistem menghasilkan kecepatan cetak sebesar 0,378 kbps dan perbedaan dimensional rata-rata sebesar 13,46 % lebih besar.
3. Hasil pengujian sistem jaringan *telemufacturing* ini menunjukkan bahwa kecepatan proses *rapid prototyping* lebih dipengaruhi kecepatan mesin printer yang digunakan dan kerumitan bentuk prototipe dibandingkan ukuran data yang dikirimkan
4. Hasil pengujian dimensional menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang disebabkan oleh panjangnya proses yang harus dilalui sebuah gambar rancangan sehingga banyak toleransi yang diberikan. Untuk itu diperlukan mekanisme koreksi, dengan menambahkan perangkat lunak khusus.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan untuk perancangan ini agar bisa didapatkan hasil yang maksimal adalah :

1. Pengembangan jaringan, terutama integrasi dengan perangkat keras, dalam hal ini mesin *rapid prototyping*, yang sampai skripsi ini terselesaikan belum tersedia.
2. Pengujian jaringan dalam kondisi nyata, dengan klien dan server terpisah dan masing-masing terhubung ke internet dan parameter yang diuji selain kecepatan dan akurasi juga kehandalan jaringan dan keamanan data.
3. Untuk meningkatkan kecepatan sistem, bisa dipertimbangkan pengesetan ulang mesin printer atau menyederhanakan masukan, misalnya mengurangi jumlah warna atau menggunakan format *file* yang lebih ringkas.
4. Untuk meningkatkan akurasi dimensional, bisa dipertimbangkan antara mengembangkan mekanisme koreksi atau memperpendek jalur yang harus dilalui oleh gambar rancangan sampai tercetak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Malek, L., 2001, *The Nucleus of an Application Service Provider in Telemanufacturing Electronic Commerce Application Track*, Proceedings of the Twelfth Annual Conference of the Production and Operations Management Society, POM-2001, March 30 - April 2, 2001, Orlando, USA
- Bailey, M.J., 1995, *Tele-Manufacturing: Rapid Prototyping on the Internet with Automatic Consistency-Checking*,
<http://www.sdsc.edu/tmf/Whitepaper/whitepaper.html>
- Bakken, S.S. (editor), 2003, *PHP Manual*. The PHP Documentation Group,
<http://www.php.net/docs.php>
- Bandung, Y., Hubbany, S., dan Hartanto, A.A., 2002, *Teknologi Multimedia over Internet Protocol*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Divisi Penelitian dan Pengembangan MADCOMS, 2003, *Dasar Teknis Instalasi Jaringan Komputer*, Edisi 1, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Hardin, J.D., 1999, *Linux VPN Masquerade HOWTO*, Rev. 2.19, The Linux Documentation Project
- Hartanto, A.A. dan Purbo, O.W., 2001, *Teleoperasi Menggunakan Internet*, Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Hendriyana, Y.F., 2001, *Tutorial Pengantar Perencanaan Jaringan Bagian 1*, *Majalah InfoLinux*, No. 03/I/2001 hal. 56-58
- _____, 2001, *Tutorial Pengantar Perencanaan Jaringan Bagian 2*, *Majalah InfoLinux*, No. 04/I/2001 hal. 72-73.
- Kelik, W., 2003, *Pengantar Pengkabelan dan Jaringan*,
<http://ilmukomputer.com/umum/kelik/kelik-kabel.pdf>
- Oetomo, B.S.D., 2003, *Konsep dan Perancangan Jaringan Komputer: Bangunan Satu Lantai, Gedung Bertingkat, dan Kawasan*, Edisi 1, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Prihanto, H., 2003, *Membangun Jaringan Komputer: Mengenal Hardware dan Topologi Jaringan*, <http://ilmukomputer.com/umum/harry-jaringan.php>
- Purbo, O.W., Basamalah, A., Fahmi, I., dan Thamrin, A.H., 2002, *TCP/IP: Standar, Desain, dan Implementasi*, Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Purbo, O.W., 2002, *Konferensi Video Melalui Internet*, Edisi 1, Yogyakarta: Penerbit Andi
- Rafiudin, R., 2003, *Panduan Membangun Jaringan Komputer untuk Pemula*, Edisi 1, Jakarta: PT Elex Media Komputindo

- Ross, J., 1997, *Internet Power Tools*, Jakarta: Dinastindo
- Smith, C.S. dan Wright, P.K., 1996, *Cybercut: A World Wide Web Based Design to Fabrication Tool*, <http://kingkong.me.berkeley.edu/cybercut/cybercut.htm>
- Sofyan, A., 2001, *Server Linux: Membangun Linux sebagai Internet/Intranet Server*, Jakarta: Nurul Fikri Computer & Statistics
- Sulyani, A.C., 2002, *Internet Protocol Virtual Private Networking (IP VPN)*, <http://www.gematel.com/Edisi30/Analisis%20Teknologi/analisis2.html>
- Sung-Hoon, A., Roundy, S., dan Wright, P.K., 1999, *Design Consultant: A Network-Based Concurrent Design Environment*, Proceedings of the ASME 1999 International Mechanical Engineering Congress & Exposition November 15-20, 1999 - Nashville, Tennessee
- Sung-Hoon, A., Sequin, C., and Wright, P.K., 1999, *Internet-Based Design And Manufacturing*, Final Report 1998-99 for MICRO Project 98-136
- Supraha, W.Q., 2002, *Mengenal Teknologi VPN*, <http://al-hikmah.com/contents.php?id-122>
- Wahana Komputer Semarang, 2003, *Panduan Lengkap Pengembangan Jaringan Linux*, Edisi 1, Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wilson, M.D., 2002, *VPN HOWTO*, Rev. 2.0, The Linux Documentation Project
- Wright, P.K. dan Sequin, C., 1997, *CyberCut: A Networked Manufacturing Service*, http://cybercut.berkeley.edu/html/papers/england_ppr.html
- Wright, P.K., 2001, *21st Century Manufacturing*, New Orleans: Prentice-Hall

Situs Web

- ADMesh, <http://www.varlog.com/products/admesh.html>
- BenPinter, <http://www.benpinter.net>
- CAD/CAM Publishing Inc., <http://www.cadcamnet.com>
- CyberCut, <http://cybercut.berkeley.edu>
- Dcam Server, <http://www.hyperionx.com>
- HotScripts, <http://www.hotscripts.com>
- IlmuKomputer.Com - Situs Ilmu Komputer Indonesia, <http://ilmukomputer.com>
- IrfanView, <http://www.irfanview.com>
- The Linux Dictionary, <http://startext.demon.co.uk/Linux-Dictionary/>
- The Linux Documentation Project, <http://www.tldp.org>
- NJIT Telemufacturing, <http://www-ec.njit.edu/telemfg>
- PHP Builder, <http://www.phpbuilder.com>
- The Rapid Prototyping Homepage, <http://www.cc.utah.edu/~asn8200/rapid.html>
- Rapid Manufacturing Research Group, <http://www.lboro.ac.uk/departments/mm/research/rapid-manufacturing/research.html>
- The SDSC Tele-Manufacturing Facility, <http://www.sdsc.edu/tmf>
- University of Bath, <http://www.bath.ac.uk>
- VisCam RP, <http://www.marcam.de>
- Worldwide Guide to Rapid Prototyping, <http://home.att.net/~castleisland>