

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 PACS

PACS (*Picture Archiving and Communication System*) adalah *filmless* dan metode komputerisasi komunikasi dan menyimpan data gambar medis seperti computed radiographic, digital radiographic, computed tomographic, ultrasound, fluoroscopic, magnetic resonance dan foto X-ray (Tong, dkk, 2009). Selama lebih dari 100 tahun, effisiensi praktek radiologi telah dibatasi oleh film dan kegiatan penanganan film, dengan adanya PACS memungkinkan gambar radiologi dapat dilihat secara virtual atau elektronik dimanapun pada computer server ataupun computer personal biasa (Dreyer, dkk, 2006).

Akusisi citra adalah titik awal data citra masuk ke PACS dari hasil pemeriksaan citra yang dilakukan oleh berbagai modalitas citra digital (seperti CT - *Computed Tomography*, MR - *Magnetic Resonance*, PET - *Positron Emission Tomography*, US - *Ultrasound*, XA - *XRay Angiography*, dll).

Terdapat 2 metode untuk melakukan akusisi citra digital, yaitu *direct capture*, dan *frame grabbing*. Dengan metode *direct capture*, antarmuka *direct digital* akan menangkap dan mentransmisikan data citra dari modalitas berupa data spasial dan *bit* atau *gray scale* dengan resolusi penuh, dan ditampilkan ke monitor. Pada metode *frame-grabbing*, seperti pada proses cetak citra ke film, kualitas citra dibatasi oleh proses hanya sampai pada resolusi 8 *bits* (atau 256 *gray values*). Sebagaimana telah disebutkan di atas, akusisi citra dapat dilakukan dengan CT atau modality lainnya.

Saat citra telah diakusisi, PACS akan mengelolanya dengan tepat untuk memastikan penyimpanan, pengambilan, dan pengiriman seluruh citra dapat dilakukan tanpa kesalahan. Selain itu PACS akan menjamin penyimpanan data citra jangka panjang, dan dapat digunakan kapan saja saat dibutuhkan, secara real time, terutama untuk interpretasi citra. Inti PACS terdiri dari: sistem manajemen database relasional (seperti Oracle, MS-SQL, Sybase), media penyimpan (seperti RAID, Jukebox), *software pengendali (image manager)*, dan antarmuka RIS.

Sistem manajemen database adalah jantung dari PACS. Relasi antara citra dan lokasi penyimpanan disimpan dan dikelola di dalam database, berikut dengan semua data terkait yang dibutuhkan untuk pemanfaatan citra. Sistem manajemen database harus dapat menyediakan data citra berdasarkan pada pencarian pasien atau pemeriksaan tertentu saat diminta (*to be queried*) oleh RIS atau sistem lainnya.

Untuk menjamin kompatibilitas komunikasi antar sistem yang berbeda ini, digunakan standar komunikasi yang didefinisikan oleh standar *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Selain itu, dibutuhkan pula upaya untuk dapat mengelola penyimpanan data citra dalam ukuran yang besar (biasanya menggunakan teknologi RAID), dan menjamin penyimpanan data citra dalam jangka waktu yang lama sesuai dengan regulasi penyimpanan serta pengembalian data saat terjadi bencana (*disaster recovery*).

Workstation adalah tempat dimana fisikawan dan praktisi klinis melihat citra dan informasi hasil pemeriksaan yang telah dilakukan. Terdapat 2 klasifikasi *workstation*, yaitu diagnostik dan review. Perbedaan antara 2 klasifikasi *wokstation* ini ada pada resolusi dan fungsionalitas.

Workstation diagnostik adalah tipe *wokstation* yang digunakan oleh ahli radiologi untuk melakukan interpretasi pemeriksaan secara primer. *Workstation* tipe ini memiliki resolusi dan *brightness* tertinggi dan berisi tingkat fungsionalitas tertinggi. Secara historis, mereka didedikasikan untuk tugas dengan aplikasi yang dijalankan secara lokal.

Tipe *workstation* berikutnya adalah *workstation* klinikal review yang digunakan oleh praktisi klinis untuk melakukan review citra. *Workstation* ini tidak sebagus *workstation* diagnostik, baik dari segi *hardware* (resolusi) ataupun fungsionalitas. Area ini mendapatkan keuntungan terbanyak dari pemanfaatan *workstation* yang berbasis web, sehingga akses ke citra dapat didistribusikan lebih luas (bahkan dari luar lingkungan praktik).

1.2 DICOM

DICOM (*Digital Imaging And Communication In Medicine*) adalah standar industri untuk radiologis transferral dari gambar dan informasi medis lainnya antara komputer (Huang, 2004). Setelah menggunakan pola sistem terbuka *Interconnection of International Standar Organization*, DICOM memungkinkan komunikasi digital antara peralatan diagnostik dan terapeutik dan sistem dari berbagai produsen.

Dengan standar internasional ini, para vendor dan para praktisi medis akan lebih mudah dalam melakukan pertukaran informasi dalam hal medis tanpa mengalami kendala bahasa. Beberapa keuntungan yang didapat dari pemanfaatan DICOM antara lain :

1. Mengurangi kesulitan koneksi dengan berbagai peralatan.
2. Karena DICOM adalah standar yang berlaku secara internasional, maka tidak diperlukan lagi standar yang berbeda untuk tiap peralatan medis.

3. Manajemen pasien yang lebih baik.
4. Citra medis pasien dapat diproses dengan menggunakan piranti lunak yang banyak tersedia.
5. Adanya kemudahan untuk pengarsipan citra medis.

2.2.1 Sejarah DICOM

DICOM terlahir dari perkumpulan anggota *American College Of Cardiology* (ACC), *American College Of Radiology* (ACR), *American Society of Echocardiography* (ASE), *European Society of Cardiology* (ESC), dan *American Society of Nuclear Cardiology* (ASNC) bersama dengan perusahaan yang membuat peralatan medis (anggota dari *National Electrical Manufacturer's Association* – NEMA). Percobaan pertama DICOM sebenarnya dimulai pada tahun 1984, dan secara resmi disebut sebagai standar ACR/NEMA. Sekarang, DICOM telah diperkenalkan oleh organisasi standar dunia diluar Cardiologi dan Radiologi. Contohnya, DICOM telah diadopsi oleh *Committee European de Normalization* (CEN TC 251) dibawah nama MEDICOM dan oleh Asosiasi *Japan Industry and Radiation Apparatus* (JIRA).

Dalam usahanya untuk mengembangkan sebuah standar yang berarti pengguna peralatan citra medis (seperti *tomography*, *magnetic resonance imaging*, *nuclear medicine*, dan *ultrasound*) dapat menjembatani tampilan atau peralatan lain dengan mesin ini, ACR dan NEMA membentuk sebuah komite bersama pada awal tahun 1983. misi dari group ini, NEMA, adalah untuk mencari atau mengembangkan antarmuka antara peralatan citra medis dan apapun yang ingin dikoneksikan oleh user. Untuk mengkoneksikan perangkat keras dan standar yang akan dikembangkan maka diikutkan sebuah daftar data elemen yang digunakan untuk pencitraan dan interpretasi citra medis secara benar.

Setelah 2 tahun kerja, versi pertama dari standar, *ACR-NEMA 300-1985* (yang juga disebut ACR-NEMA Versi 1.0) didistribusikan pada tahun 1985 pada pertemuan tahunan RSNA dan dipublikasikan oleh NEMA. Sebagaimana halnya terbitan pertama, banyak kesalahan ditemukan dan perbaikan banyak diusulkan. Komite menunjuk *Working Group* (WG) VI untuk memperbaiki standar setelah awal diluncurkan. WG ini menjawab banyak pertanyaan dari developer terkenal dan mulai bekerja pada perubahan untuk memperbaiki standar. Pada 1998, *ACR-NEMA 300-1988* (atau ACR-NEMA Versi 2.0) diluncurkan. Standar ini secara substansial masih menggunakan spesifikasi perangkat keras yang tidak jauh berbeda dari versi sebelumnya, namun ditambahkan banyak data elemen dan perbaikan sejumlah kerusakan dan ketidak konsistenan.

Sementara versi 2.0 yang diluncurkan pada tahun 1988 dan menciptakan istilah, struktur informasi, pengkodean file yang standar masih belum mencapai sesuatu yang memuaskan hingga versi 3.0 diluncurkan pada tahun 1993. pada versi 3.0 terjadi perubahan nama menjadi DICOM dan beberapa pengembangan yang mengantarkan standar ini menjadi bahasa komunikasi standar yang digunakan hingga saat ini (NEMA, 2007).

2.2.2 Ruang Lingkup DICOM

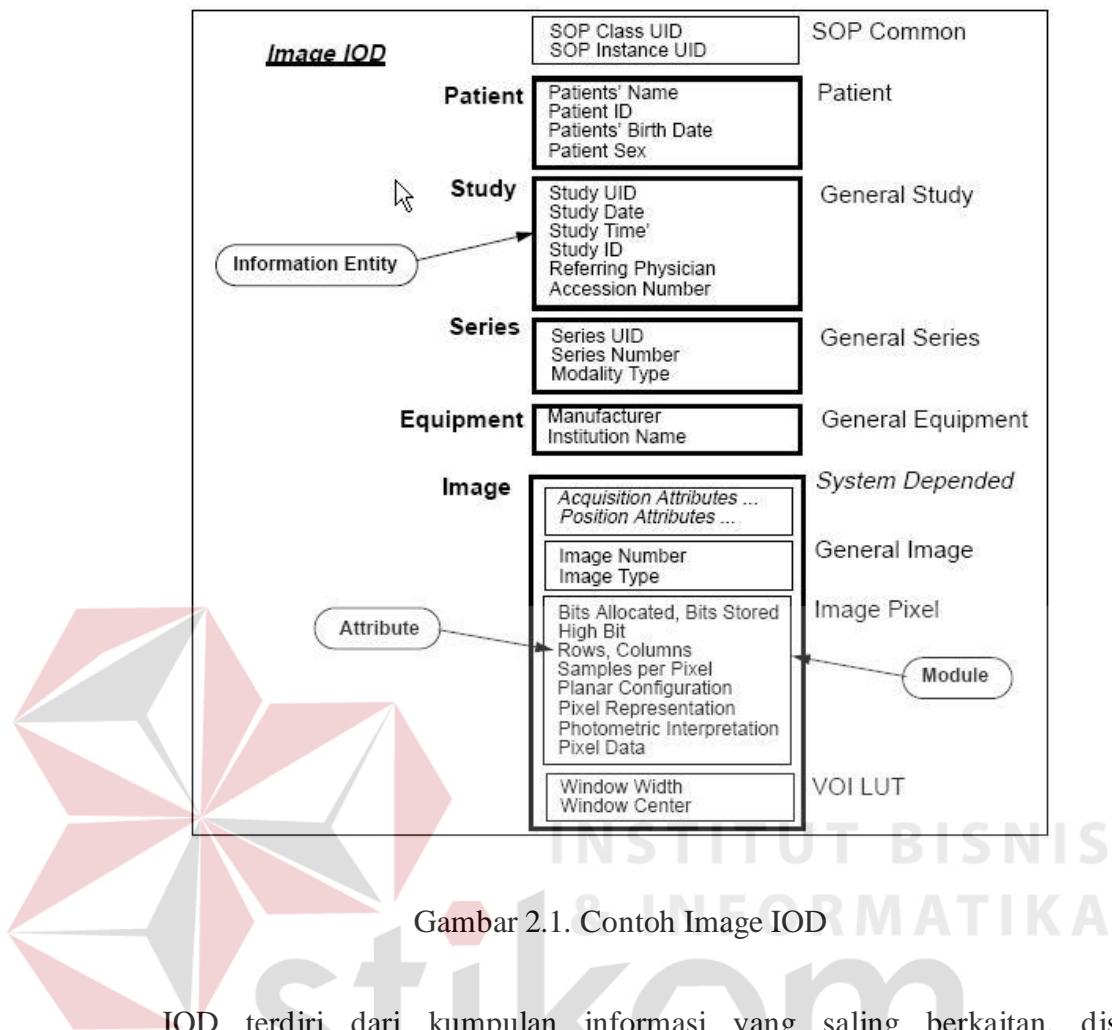
DICOM ada untuk menciptakan dan menjaga standar internasional untuk komunikasi medis yang menggunakan citra medis dan data yang berhubungan di dalamnya. Tujuan dari DICOM sendiri adalah untuk mencapai kompatibilitas dan mengembangkan efisiensi kinerja antara sistem pencitraan dan sistem informasi lainnya pada lingkungan medis di dunia. DICOM adalah sebuah standar yang berkerja sama. Konektifitas dapat berjalan karena vendor mau untuk bekerja sama selama masa

ujicoba selama demonstrasi pada public, melalui internet dan tes secara internal. Setiap vendor diagnostik umum citra medis di dunia telah memiliki standar yang disatukan pada desain produknya masing-masing dan sebagian besar secara aktif berpartisipasi pada pengembangan standar tersebut.

DICOM sekarang atau akan digunakan secara nyata pada setiap profesi medis yang menggunakan citra medis pada dunia industri kesehatan. Hal ini termasuk *cardiology, dentistry, endoscopy, mammography, ophthalmology, orthopedics, pathology, pediatrics, radiation therapy, radiology, surgery*, dan lain-lain. DICOM bahkan digunakan dalam dunia kedokteran hewan saat ini.

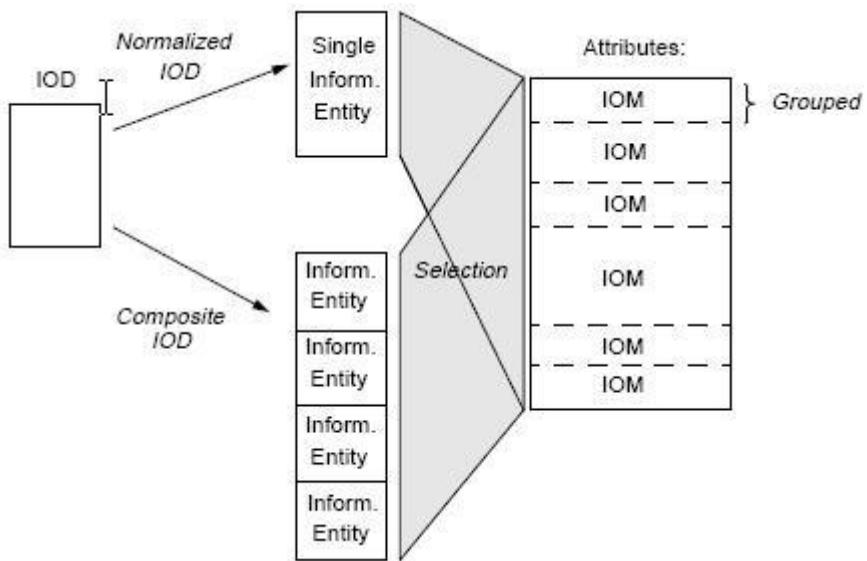
2.2.3 DICOM IOD

DICOM *Information Object Definitions* (IOD) Merupakan model data abstrak berorientasi obyek atau *class* yang mengelompokkan sejumlah properti yang berhubungan dan digunakan untuk menunjukkan informasi dari obyek yang sesungguhnya. IOD digunakan sebagai standar pertukaran informasi dalam komunikasi antar *Application Entity* (NEMA, 2007).



Gambar 2.1. Contoh Image IOD

IOD terdiri dari kumpulan informasi yang saling berkaitan, disebut *Information Entities*. Sebuah IOD mengandung sebuah data mengenai patient, seperti *Patient ID*, gambar, dll (Revet, 1997). Bagian dari proses pengolahan informasi disebut *Service Class*, membagi IOD menjadi 2. Yaitu, *Normalized IOD*, IOD yang memiliki satu *Information Entity* dan *Composite IOD*, IOD yang berisikan kombinasi dari *Information Entity*. *Information Entity* berisikan atribut yang menjelaskan satu informasi, contoh : nama pasien. Atribut yang memiliki kesamaan dikelompokan kedalam *Information Object Modules* (IOMs). IOMs dapat terdiri lebih dari satu IOD.



Gambar 2.2. Relasi antar IOD dan Atribut.

IOD pada satu file DICOM bergantung pada modaliti yang menghasilkannya, Tabel 2.1 s/d table 2.5 menjelaskan tentang attribute yang terdapat dalam beberapa tipe modaliti (Nema, 2007) :

a. DICOM *IOD* pada citra CT

Tabel 2.1 Tabel IOD citra CT

Informasi Entity	Modul	Usage
Patient	Patient	M
	Clinical Trial Subject	U
Study	General Study	M
	Patient Study	U
	Clinical Trial Study	U
Series	General Series	M
	Clinical Trial Series	U
Frame of Reference	Frame of Reference	M
Equipment	General equipment	M
Image	General Image	M
	Image Plane	M
	Image Pixel	M
	Contrast/bolus	C-Required if contrast media was used in this image

Tabel 2.1 Tabel IOD citra CT (lanjutan)

Informasi Entity	Modul	Usage
Image	Device	U
	Specimen	U
	CT Image	M
	Overlay Plane	U
	VOI Lut	U
	SOP Common	M

b. DICOM IOD pada citra XA

Tabel 2.2 Tabel IOD citra XA

Informasi Entity	Modul	Usage
Patient	Patient	M
	Clinical Trial Subject	U
Study	General Study	M
	Patient Study	U
	Clinical Trial Study	U
Series	General Series	M
	Clinical Trial Series	U
Frame of Reference	Frame of Reference	U
Equipment	General equipment	M
Image	General Image	M
	Image Pixel	M
	Contrast/bolus	C-Required if contrast media was used in this image
	Cine	C-Required if pixel data is Multiframe cine data
	Multi-Frame	C-Required if pixel data is Multiframe cine data
	Frame Pointers	U
	Mask	C-Required if the image may be subtracted
	Display Shutter	U
	Device	U
	Intervention	U
	Specimen	U
	X-Ray Image	M
	X-Ray Acquisition	M
	X-Ray Colimator	U

Tabel 2.2 Tabel IOD citra XA (lanjutan)

Informasi Entity	Modul	Usage
Image	X-Ray Table	C-Required if image is created with table motion, may be present otherwise
	XA Positioner	M
	DX Detector	U
	Overlay Plane	U
	Multi-Frame Overlay	C-Required if Overlay data contains multiple frames
	Modality LUT	C-Required if pixel intensity relationship is LOG U-Optional if pixel intensity relationship is DISP
	VOI LUT	U
	SOP Common	M
	Frame Extraction	C-Required if the SOP instance was created in response to a Frame-Level retrieve request

c. DICOM IOD pada citra PT

Tabel 2.3 Tabel IOD citra PT

Informasi Entity	Modul	Usage
Patient	Patient	M
	Clinical Trial Subject	U
Study	General Study	M
	Patient Study	U
	Clinical Trial Study	U
Series	General Series	M
	Clinical Trial Series	U
	PET Series	M
	PET Isotope	M
	PET Multi-gated Acquisition	C-Required if series type value is GATED
	PET Patient Orientation	M
Frame of Reference	Frame of Reference	U
Equipment	General equipment	M
Image	General Image	M
	Image Plane	M
	Image Pixel	M
	Device	U

Tabel 2.3 Tabel IOD citra PT (Lanjutan)

Informasi Entity	Modul	Usage
Image	Specimen	U
	PET Image	M
	Overlay Plane	U
	VOI LUT	U
	Acquisition Context	U
	SOP Common	M

d. DICOM *IOD* pada citra MR

Tabel 2.4 Tabel IOD citra MR

Informasi Entity	Modul	Usage
Patient	Patient	M
	Clinical Trial Subject	U
Study	General Study	M
	Patient Study	U
	Clinical Trial Study	U
Series	General Series	M
	Clinical Trial Series	U
Frame of Reference	Frame of Reference	M
Equipment	General equipment	M
Image	General Image	M
	Image Plane	M
	Image Pixel	M
	Contrast/Blous	C-Required if contrast media was used in this image
	Device	U
	Specimen	U
	MR Image	M
	Overlay Plane	U
	VOI LUT	U
	SOP Common	M

d. DICOM *IOD* pada citra US

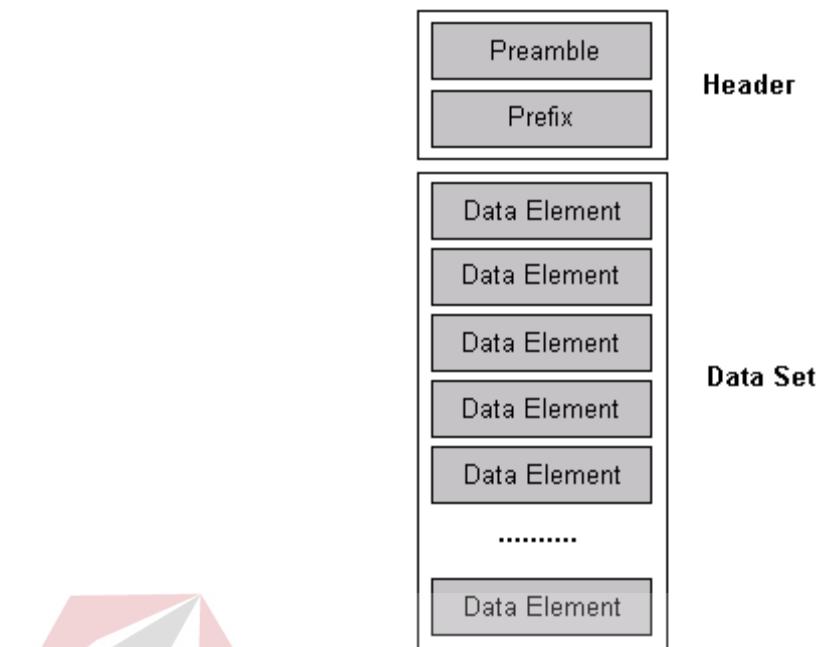
Tabel 2.5 Tabel IOD citra US

Informasi Entity	Modul	Usage
Patient	Patient	M
	Clinical Trial Subject	U
Study	General Study	M
	Patient Study	U
	Clinical Trial Study	U
Series	General Series	M
	Clinical Trial Series	U
Frame of Reference	Frame of Reference	M
	Synchronization	U
Equipment	General equipment	M
Image	General Image	M
Image	Image Pixel	M
	Contrast/Blous	C-Required if contrast media was used in this image
	Device	U
	Specimen	U
	US Region Calibration	U
	US Image	M
	Overlay Plane	U
	VOI LUT	U
	SOP Common	M

2.2.4 Struktur Data, Semantik

Standar tentang struktur data dan semantik dijelaskan pada DICOM standar PS. 3.5 (NEMA, 2007). Standar ini mendefinisikan bagaimana seharusnya sebuah aplikasi DICOM menangani sebuah *Data Set* yang merupakan hasil dari penggunaan obyek informasi dan kelas layanan sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab di atas.

Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, *file* DICOM adalah *file* yang memiliki banyak bagian (*multi-part*) karena didalamnya terkandung banyak informasi selain data citra medis itu sendiri, namun juga data pasien, studi, dan lain-lain. Secara umum struktur *file* DICOM dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3. Struktur file DICOM

Sebuah *file* DICOM terdiri dari 2 bagian besar yaitu *header* dan Pixel Citra Medis. Sebuah *header* terdiri dari 128 byte *file preamble* dan 4 byte DICOM *prefix* yang berisi ‘D’, ‘I’, ‘C’, dan ‘M’. Standar DICOM tidak memerlukan struktur untuk ukuran pasti sebuah *preamble*. Tidak diperlukan juga untuk terstruktur seperti *Data Element* dengan sebuah tag dan panjang di dalamnya. Hal ini sengaja dilakukan untuk memfasilitasi akses pada citra yang tersimpan pada *Data Set* dan data lainnya dengan cara menyediakan kompatibilitas dengan sejumlah format citra komputer yang telah umum. Sedangkan *prefix* digunakan untuk membedakan *file* DICOM dengan *file* lainnya.

Semua informasi mengenai gambar, pasien, studi dan sebagainya disimpan pada *header*. Dalam istilah DICOM, file gambar DICOM disebut sebagai *Data Set*. Sebuah *Data Set* terdiri dari :

A. *Data Elemen Tag*. Dapat dianggap juga sebagai informasi. Sebuah *data elemen tag* adalah kombinasi dari grup dan elemen. Contohnya tag(0010,0020). 0010 adalah grup dan 0020 adalah elemennya. Sebuah grup menyatakan sebuah kelompok dan sebuah elemen menunjukkan informasi secara khusus dari kelompok tersebut. Pada contoh diatas grup 0010 menyatakan kelompok data pasien dan elemen 0020 menyatakan data pasien yang berupa nama pasien. Berikut ini adalah tabel yang menyatakan grup dan informasi yang terkandung di dalamnya.

Tabel 2.6. Pengelompokan Entitas Informasi

Grup	Entitas Informasi
Grup 2	Informasi Meta File
Grup 8	Informasi Seri
Grup 10	Info Pasien
Grup 29	Informasi Umum Studi
Grup 28	Informasi gambar
Grup 7F	Pixel Data

B. *Value Representation* (VR) yaitu nilai yang menunjukkan tipe data. VR sendiri terbagi menjadi 2 jenis yaitu *Implicit VR* dan *Explicit VR*. Jika eksplisit, tipe data harus disebutkan, namun jika implisit, maka tipe data tidak akan ditemukan. Contohnya sebuah data gambar, VR akan bertipe *Other Bytes* (OB) atau *Other Words* (OW). VR ini sendiri telah didefinisikan pada sebuah *Data Dictionary* yang dimasukkan dalam standar DICOM. Ketika menggunakan *Explicit VR*, elemen data akan dibangun dari 4 field. *Data Element Tag*, VR, *Value Length*, dan *Value* itu sendiri. Struktur ini akan ditentukan oleh sejenis VR yang ada. Untuk VR yang

bertipe OB, OW, SQ dan UN maka akan dipesan 2 bytes yang tidak boleh digunakan. VL-nya akan bernilai 32 bit *unsigned integer*. Nilai *Value Length* akan bernilai sebesar nilai yang diisikan *value field*.

Tabel 2.7. Struktur Elemen Data dengan *Explicit VR*

Group Number	Element Number	Value Representation	Value Length	Value Field
2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	"Value Length" bytes

Data elemen yang menggunakan VR secara implisit akan dibangun dari 3 *field* saja.

Tabel 2.8. Struktur Elemen Data dengan *Implicit VR*

Group Number	Element Number	Value Length	Value Field
2 bytes	2 bytes	4 bytes	"Value Length" bytes

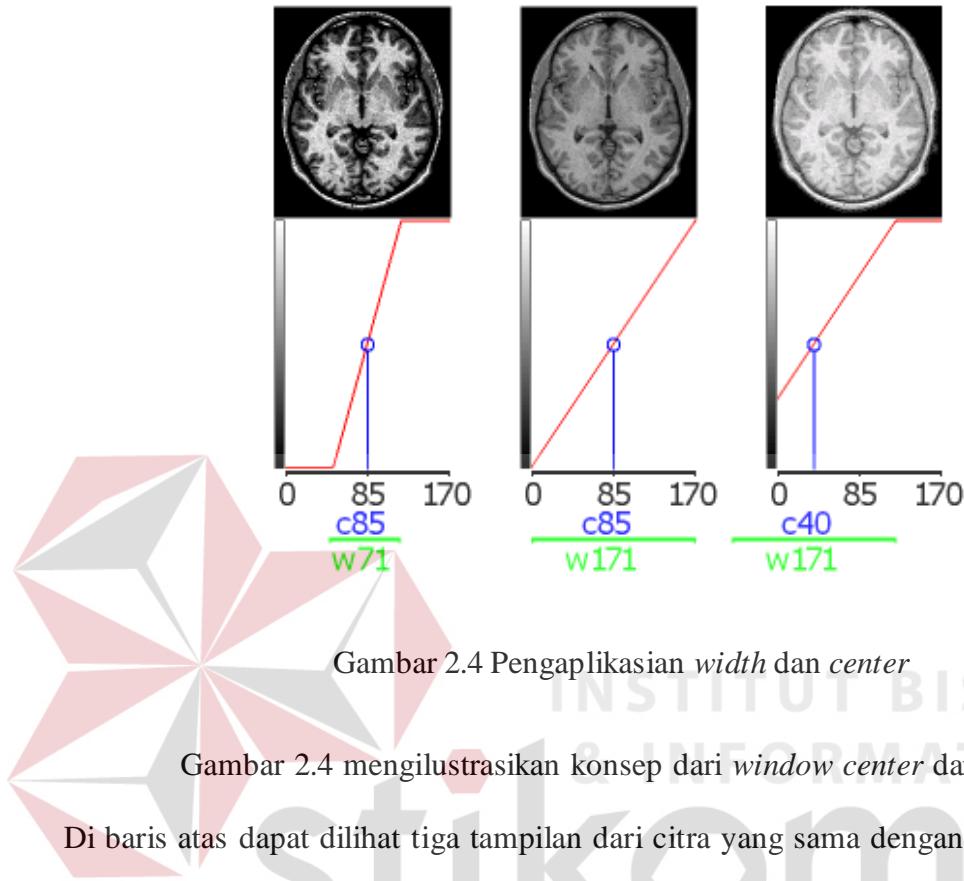
C. *Value Length* (VL) yang menunjukkan panjang nilai. VL akan menempati 4 bytes yang menyatakan panjang dari sebuah data. Misalkan jika nilai dari tag *patient name* bernilai 'listya', maka VL-nya seharusnya bernilai 6.

D. *Value Field* adalah *field* dimana sebuah informasi disimpan.

2.2.5 Pencitraan medis DICOM

Dalam proses pencitraan DICOM terdapat istilah *window center* dan *window width* atau yang lebih dikenal dengan *brightness* dan *contrast*. Nilai *center* dan *width* sangat penting terutama bagi jenis *scanner* X-ray/CT/PET sehingga intensitasnya bisa kita tentukan secara spesifik. Pasangan *center* dan *width* (C:W) dengan nilai 400:2000 mungkin bagus untuk menampilkan susunan tulang, sementara nilai 50:350 mungkin baik untuk menampilkan jaringan saraf halus. Karena kadar *brightness* dan *contrast*

untuk tiap *scanner* memiliki perbedaan maka nilai C:W akan berbeda-beda untuk tiap jenis *scanner* yang berbeda.



Gambar 2.4 mengilustrasikan konsep dari *window center* dan *window width*. Di baris atas dapat dilihat tiga tampilan dari citra yang sama dengan nilai C:W yang berbeda. Dan baris yang bawah mengilustrasikan pemetaan warna untuk tiap citra (dengan sumbu vertikal menunjukkan nilai *brightness* dan sumbu horizontal menunjukkan intensitas citra). Misalnya terdapat citra dengan intensitas antara 0 sampai dengan 170, maka awal estimasi yang cocok untuk pencitraan adalah dengan memilih nilai tengah (85) sebagai intensitasnya.

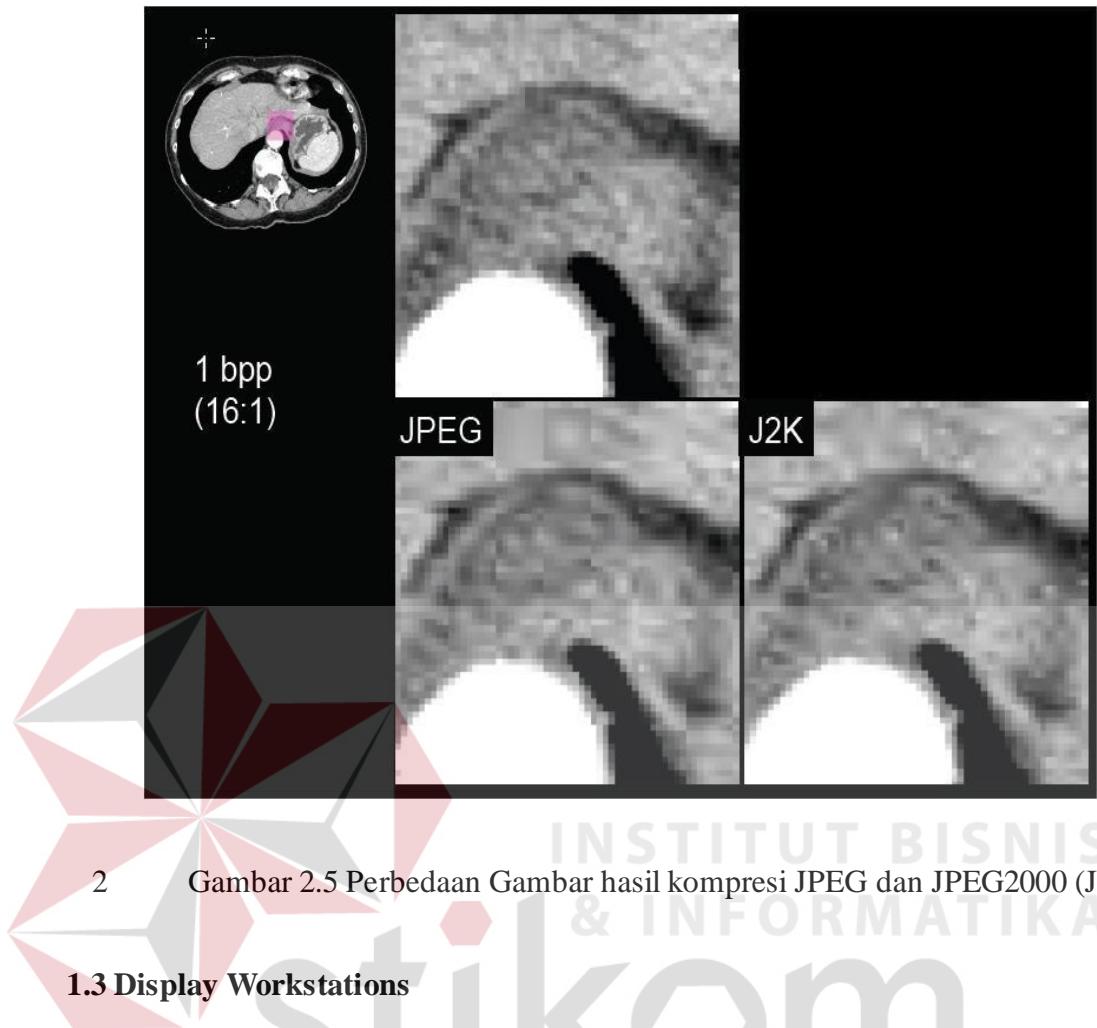
Untuk mempermudah dalam pemilihan standar pengaturan *width* dan *center* pada pencitraan medis, maka sebuah *presentation state* dibuat. *Presentation state* mewakili sebuah citra medis yang dianggap memiliki nilai *width* dan *center* yang cocok. Nilai C:W dari *presentation state* inilah yang kemudian akan digunakan dalam pencitraan medis dengan menggunakan nilainya sebagai standar nilai C:W untuk jenis

citra yang diproduksi dari scanner yang sama. Namun demikian pemanfaatan *presentation state* ini bukanlah sebuah keharusan karena sifatnya adalah sebagai alat bantu untuk meningkatkan efisiensi kinerja dan waktu. File DICOM memiliki dua tipe yaitu *single-frame* dan *multi-frame*. Dengan dukungan DICOM untuk menampilkan jenis citra bertipe *multi-frame*, maka analisa terhadap suatu masalah medis dapat dilakukan dengan lebih akurat.

2.2.6 DICOM Compression

Untuk mengurangi besarnya data DICOM yang akan digunakan sebagai dokumentasi, maka diperlukan kompresi terhadap data tersebut. Hasil kompresi akan menghasilkan data yang membutuhkan kapasitas penyimpanan yang lebih kecil dari data sebenarnya (Branstetter, 2009).

Terdapat 2 model kompresi yaitu (1) *Loosless Compression* : model kompresi yang mengumpulkan data terlebih dahulu sebelum proses kompresi dilaksanakan, proses ini menyebabkan tidak ada informasi yang hilang dan (2) *Loosy Compression* : model kompresi yang menghilangkan sebagian datanya pada saat proses kompresi. Format JPEG adalah contoh model kompresi *Loosless Compression*, JPEG2000 adalah contoh model kompresi *Loosy Compression*.



1.3 Display Workstations

Display Workstations atau yang sering disebut dengan *DICOM Viewer* adalah sub sistem dari PACS yang berguna untuk menampilkan gambar dan data patient pada file DICOM (Huang, 2004). *Display Workstations* dibagi menjadi 6 tipe yaitu :

1. *Diagnostic Workstations*

Diagnostic Workstations digunakan oleh seorang ahli radiologi dalam membuat diagnosa primer. Tipe *workstation* ini membutuhkan peralatan dengan kualitas terbaik, untuk menampilkan citra yang berkualitas, sehingga dapat memperkecil kesalahan diagnosa ahli radiologi.

2. *Review Workstations*

Review Workstations digunakan oleh seorang ahli radiologi maupun dokter dari pasien untuk melakukan *review* terhadap hasil diagnosa primer.

3. *Analysis Workstations*

Analysis Workstations, berbeda dari *Diagnostic Workstations* dan *Review Workstations*, yang digunakan untuk mengestrak parameter – parameter yang berguna dari citra. *Analysis Workstations* membutuhkan kinerja *processor* dan *software* yang lebih dari *Diagnostic Workstations* dan *Review Workstations*, karena beberapa ekstraksi parameter membutuhkan perhitungan komputasi yang intensif, seperti 3-D *rendering*.

4. *Digitizing and Printing Workstation*

Digitizing and Printing Workstation digunakan oleh staf department radiologi dan pustakawan radiologi, yang mengubah film menjadi citra digital. *Workstation* ini juga digunakan untuk mencetak citra digital menjadi film dan membuat *hard copy*.

5. *Interactive Teaching Workstation*

Interactive Teaching Workstation digunakan untuk pembelajaran citra medis secara interaktif.

6. *Desktop Workstations*

Desktop Workstations digunakan oleh ahli radiologi maupun dokter untuk membuat *slides* pembelajaran citra yang berasal dari data pada PACS *database*. *Desktop Workstation* menggunakan spesifikasi komputer standard, dalam melakukan analisa harian. *Desktop Workstation* juga bisa digunakan sebagai *web client* yang mengakses *web server*, *web server* berisikan citra dan informasi terkait

yang berasal dari PACS. *Desktop Workstation* dapat melihat *electronic patient record* pada citra yang terkait.

2.3.1 Image Display

Display Workstation, khususnya *workstation* yang bertipe *Diagnostic Workstation*, memiliki fitur maupun kebutuhan standar dalam menampilkan serta mengolah citra medis (Kim, dkk, 1991). Fitur dan kebutuhan itu adalah :

1. *Image Arrangement*

Workstation mengatur citra pilihan ahli radiologi yang akan ditampilkan pada *viewer*, citra yang ditampilkan adalah seluruh citra dalam satu *Image Series* yang disusun secara *stack*. Citra yang tampil pada *viewer* harus dapat dirubah letak lokasinya secara bebas dalam *Viewer range*.

2. *Image Processing*

Workstation memiliki kemampuan pengolahan citra, yaitu :

a. *Window and Level Adjustment*

Fitur ini berfungsi untuk mengubah tingkat keabu – abu yang akan ditampilkan pada monitor. Nilai yang diubah adalah nilai *window center* dan *window width*.

b. *Magnification*

Fitur ini berfungsi untuk melakukan *Zoom* citra yang tampil.

c. *Image Reorientations*

Fitur untuk merubah orientasi citra, seperti *flip* dan *rotate* citra.

d. *Digital Magnifying glass*

Fitur untuk melakukan *Zoom* pada sebagian citra yang diamati.

e. *Image Mensuration*

Fitur untuk menghitung jarak antar suatu *point* secara otomatis. Serta dapat menghitung sudut antar *point* tersebut.

f. *Image Annotation*

Fitur untuk menandai gambar, membuat pointer dan catatan, dan menyimpan penjelasan seperti overlay.

1.4 Leadtools Medical Imaging 17

LEADTOOLS adalah *component* terbaik dalam pencitraan toolkit untuk pengembang yang bekerja dengan teknologi Microsoft terbaru (Leadtools, 2009). Leadtools v17 merupakan versi terbaru dari Leadtools.

Leadtools v17 memiliki modul Medical Imaging toolkit yang dikhususkan untuk pengembangan aplikasi medis. Menangani semua aspek end-to-end pengembangan aplikasi medis, termasuk menangkap, pengolahan, penekanan, menampilkan dan mencetak. Mendukung semua *Information Object Definitions* (IODs) standar DICOM 3.0 yang memungkinkan aplikasi untuk melakukan pertukaran informasi digital multi-vendor peralatan pencitraan medis dan sistem-sistem lain dalam pengarsipan gambar serta komunikasi DICOM (PACS).

Fitur utama dalam Leadtools Medical Imaging toolkit antara lain :

1. DICOM Features

Standard DICOM memfasilitasi interoperabilitas dari sistem pencitraan medis, gambar yang terkait, dan informasi terkait. Mendefinisikan protokol untuk pertukaran informasi digital antara peralatan pencitraan medis (seperti CT dan scanner MR) dan sistem lainnya. LEADTOOLS mendukung penuh dan lengkap

untuk protokol-protokol standar industri pencitraan medis, memberikan akses ke gambar medis diambil dari berbagai modalitas digital imaging.

Fitur yang terdapat dalam DICOM Features Leadtools meliputi:

- a. Mendukung standard DICOM 3.0, termasuk :
 - Mampu secara otomatis mengenali tipe file DICOM, termasuk Little-Endian/Big-Endian, implisit / eksplisit VR, dan lain-lain.
 - Mendukung semua kelas IOD standar dan berbagai *modality* seperti CR, CT, MR, NM, US, RF, SC, dan VL.
 - Mampu membaca semua elemen tag data Standard, Nilai dari *Value Representations* (VRs), termasuk nilai *float string* dan lain - lain.
- b. Mempermudah penanganan data :
 - Mempermudah manipulasi DICOM dataset (*Insert, update, delete*)
 - Menyediakan *Private tag* dan *Private IODs*
 - Otomatis menambahkan *Delimitation Item* (*FFFE, E00D*), dan *Sequence Delimitation Item* (*FFFE, E0DD*).
- c. Penanganan dan Pengolahan Citra
 - Mendukung gambar *grayscale* 1, 8, 10, 12, 16, 32-bit dan gambar warna 24-bit.
 - *Encapsulated* atau penyandian data asli untuk gambar tunggal atau multi-frame
- d. Mendukung fitur yang harus ada dalam workstation, diantaranya :
 - Membuat DICOM *directory* (DICOMDir)
 - Merubah nilai *Window Level*
 - Memberikan annotasi pada citra medis.

2. *Image Processing*

LEADTOOLS memiliki lebih dari 200 fungsi pengolahan citra seperti mengubah, fliters, konversi warna, dan gambar.

3. *Image Compression*

Leadtools memberikan beragam teknologi dalam melakukan kompresi citra. Berbagai tipe *Loosless* kompresi dapat digunakan dalam mengompresi citra tanpa menghilangkan ingegritas data gambar, dimana dengan kehilangan sedikit data citra suatu aplikasi atau sistem dapat mencapai keuntungan kinerja.

4. *3D Imaging*

Leadtools menyediakan kemampuan untuk memungkinkan rendering dan melihat serangkaian gambar medis dua dimensi dalam ruang tiga-dimensi. Sebuah tampilan tiga-dimensional lebih mudah untuk menganalisis daripada gambar dua dimensi komponen. Pengguna dapat membuat objek dalam berbagai cara dan dapat memilih dari berbagai alat yang membuatnya lebih mudah untuk melihat, menangani dan memanipulasi objek 3D.

Rekonstruksi 3D memberikan visualisasi tentang detail anatomi yang sulit untuk mengevaluasi menggunakan 2D iris aksial saja. Beberapa contoh skenario di mana teknik rekonstruksi 3D akan berguna:

- *Maximum Intensity Projection* (MIP) : Teknik yang digunakan untuk mempermudah dokter dalam mengidentifikasi *pulmonary modules*

- *Minimum Intensity Projection* (MinIP) : Teknik untuk meningkatkan ruang udara pada gambar, digunakan untuk memungkinkan dokter menilai struktur paru-paru.
- *Multi-planar Reconstruction* (MPR) : Digunakan untuk membentuk suatu citra menjadi satu keutuhan tampilan 3D.
- *Volume Reconstruction Technique* (VRT) : Teknik untuk menghapus anatomi obstruktif dari tampilan 3D. Dengan VRT, dapat mengubah transparansi dari tulang sehingga dapat terlihat lebih baik.

1.5 Microsoft .Net Framework 4.0

Microsoft .NET Framework adalah suatu teknologi kompleks yang menyediakan infrastruktur untuk membangun, menjalankan, dan mengelola aplikasi (Del Sole: 2010). .NET Framework diposisikan antara sistem operasi Microsoft Windows dan aplikasi yang dibuat. .NET didefinisikan sebagai sebuah platform, tetapi juga didefinisikan sebagai suatu teknologi karena terdiri dari beberapa bagian seperti *libraries*, *executable tools*, serta mengintegrasikan aplikasi dengan sistem operasi. Visual Basic 2010 adalah bahasa .NET yang mengandalkan dan dapat membangun aplikasi untuk .NET Framework 4.0.

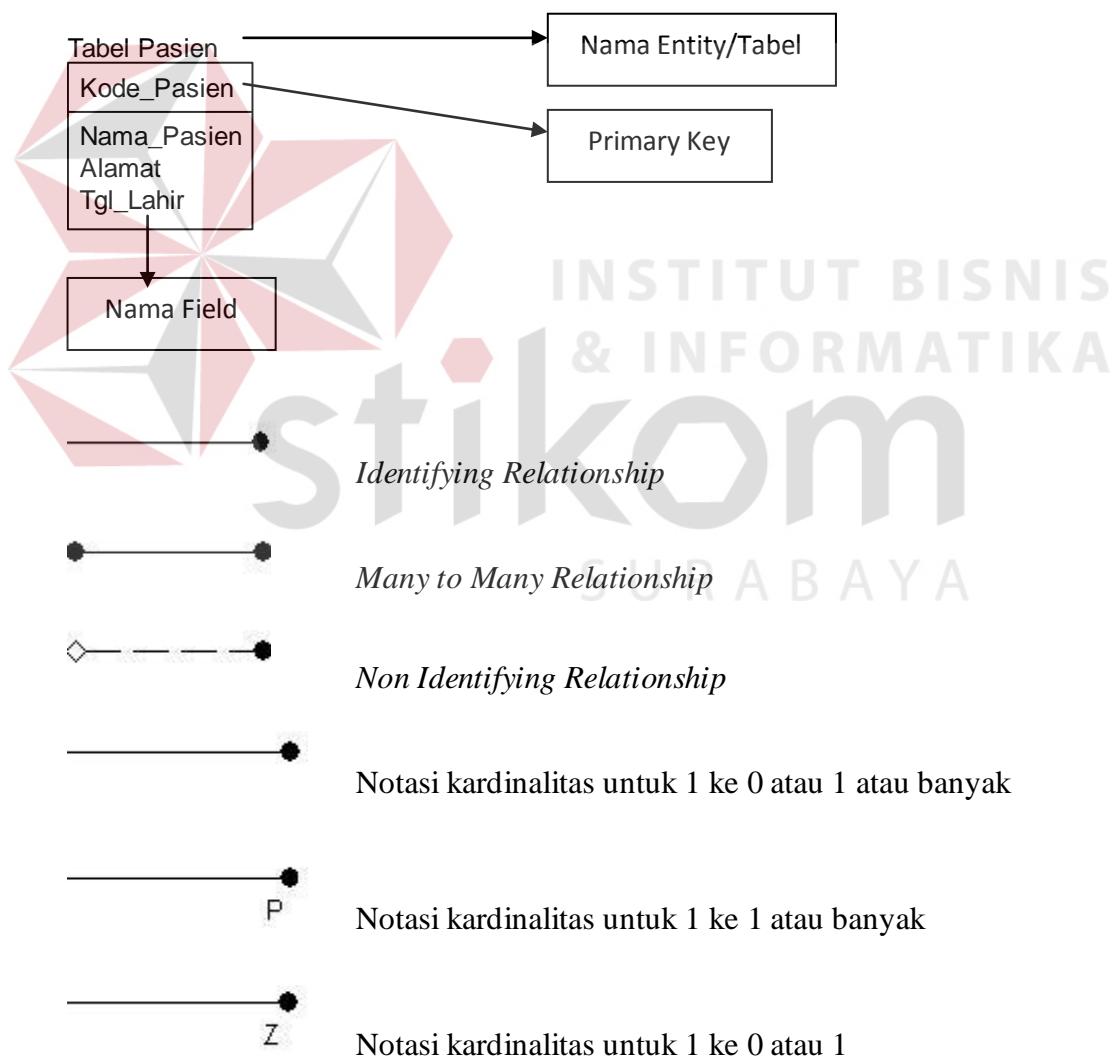
2.5.1 Thread

Thread adalah satu unit kerja. Pemrograman berbasis threading dapat melakukan beberapa perintah kerja secara bersamaan sehingga suatu perintah kerja yang besar dapat dibagi di beberapa threads. .NET Framework 4.0 Menawarkan dukungan untuk multithreading melalui namespace System.Threading.

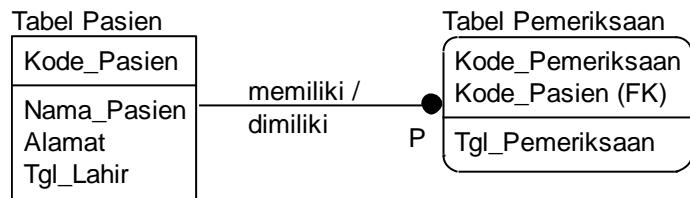
1.6 Erwin

ERwin Data Modeler (ERwin) adalah sebuah *tool* yang digunakan untuk pemodelan data (data analisa kebutuhan, disain basis data) dari pengembangan sistem informasi, termasuk basis data transaksional dan basis data analitikal.

ERwin merupakan *tool* yang digunakan sebagai pemodelan data untuk *Entity Relationship Diagram* (ERD) pada Tugas Akhir ini. Berikut adalah beberapa notasi yang ada pada ERwin untuk tipe model *Logical* (CDM) :

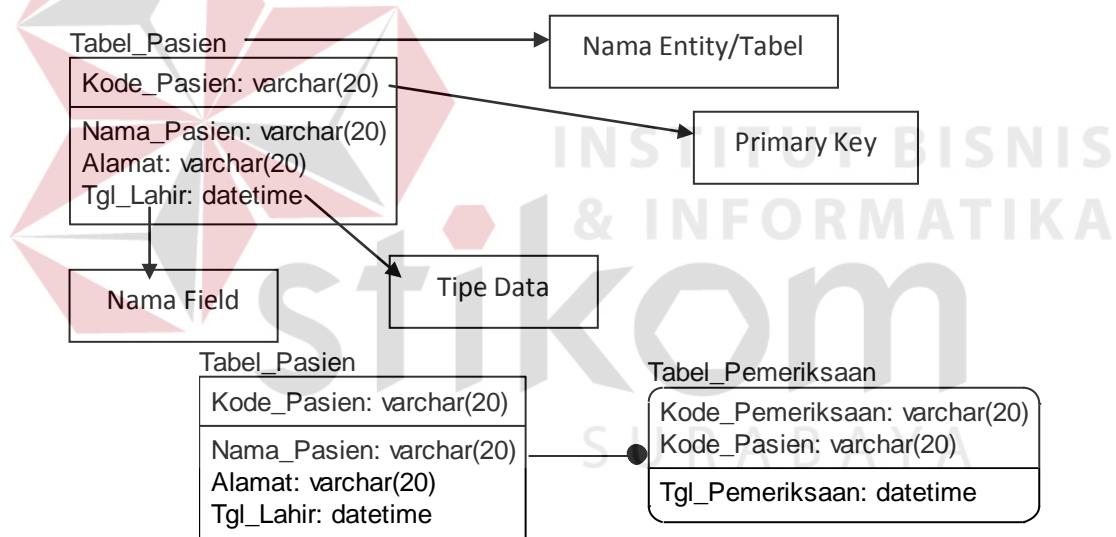


- Notasi kardinalitas untuk 1 ke n (n merupakan angka yang ditentukan, misalnya 1, 2, 3,...)



Gambar 2.6 Model Relasi antar tabel pada ERwin (CDM)

Berikut adalah beberapa notasi pada ERwin untuk tipe model *Physical* (PDM), antara lain:



Gambar 2.7 Model Relasi antar tabel pada ERwin (PDM)