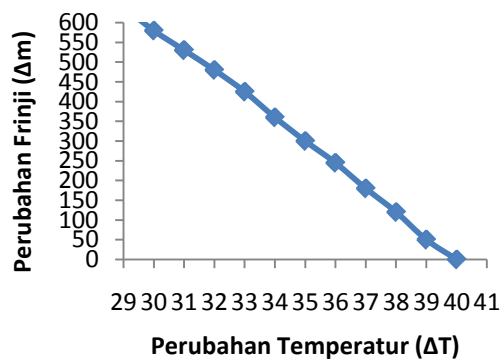


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

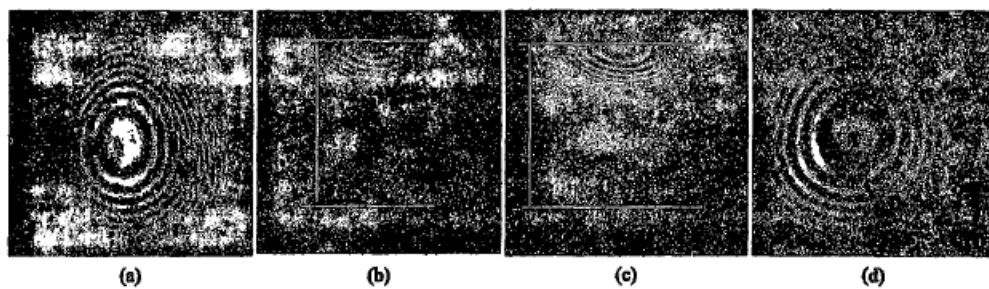
Penelitian menggunakan metode Interferometer Michelson telah dilakukan sebelumnya oleh Siagian (2004) untuk menentukan parameter fisis zat cair yaitu karbon tetraklorida. Salah satu parameter yang ditentukan dalam penelitian tersebut yaitu indeks bias. Nilai indeks bias dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya dan keadaan suatu medium seperti temperatur dan kerapatan. Pada penelitian ini Interferometer Michelson digunakan untuk menganalisa hasil interferensi berupa cincin – cincin terang gelap konsentris, kemudian menghitung jumlah perubahan frinji (Δm) yang terjadi setiap perubahan temperatur (ΔT) pada sampel. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hubungan jumlah perubahan frinji akibat penurunan temperatur karbon tetraklorida seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan temperatur terhadap perubahan frinji

Data pada Gambar 1 digunakan untuk memperoleh nilai koefisien perubahan indeks bias terhadap temperatur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Siagian (2004), diperoleh indeks bias karbon tetraklorida pada temperatur kamar yaitu 1,45663. Pada penelitian ini perhitungan perubahan frnji dilakukan secara manual, sehingga dimungkinkan terjadi kekeliruan yang cukup besar.

Metode Interferometer Michelson juga digunakan pada penelitian Apsari dkk (2008) untuk menentukan nilai koefisien difusi larutan transparan ammonium dihidrogen phosphate $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ dengan berbagai konsentrasi berdasarkan pengamatan pergeseran fase. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pergeseran fase diamati dengan menggunakan sensor CCD. Perbedaan beda lintasan optis dapat dilihat dari selisih jarak pergeseran rumbai antara pusat dua rumbai pada waktu-waktu tertentu selama terjadinya proses difusi berdasarkan hasil foto yang diperoleh. Perubahan rumbai pada konsentrasi tertentu ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a). Rumbai sebelum proses difusi (b). Rumbai yang terbentuk saat proses difusi berlangsung pada waktu 30 menit (c). Rumbai yang terbentuk saat proses difusi berlangsung pada waktu 90 menit (d). Rumbai yang terbentuk setelah proses difusi.

Foto dengan format JPEG dibuka dalam *microsoft word*, kemudian dilakukan pengkonversian dari luasan gambar dalam skala *pixel* diubah ke luasan cm, agar didapatkan besar gambar sesuai ukuran aslinya. Setelah proses konversi, selanjutnya setiap gambar rumbai dianalisis untuk mendapatkan jarak pusat dua rumbai pada setiap gambarnya. Analisis dilakukan dengan cara menarik garis lurus pada pusat dua rumbai dengan memanfaatkan fasilitas *line* yang ada di Microsoft Word, hasilnya dicetak dan diukur dengan jangka sarong. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai koefisien difusi larutan transparan ammonium dihidrogen phosphate untuk konsentrasi 0,4981 (gmol/liter), 0,7469 (gmol/liter), 0,9959(gmol/liter), 1,5471(gmol/liter) dan 1,9907 (gmol/liter) masing – masing yaitu $8,66 \pm 0,03 (x 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s})$, $8,09 \pm 0,07 (x 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s})$, $7,289 \pm 0,11 (x 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s})$, $6,70 \pm 0,06 (x 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s})$ dan $5,57 \pm 0,01 (x 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s})$. Pada penelitian ini, pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong, diperlukan bahasa pemrograman seperti Delphi untuk menganalisa perbedaan lintasan optis sehingga memudahkan dalam analisis hasil.

B. Teori Dasar

1. Indeks Bias

Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik yang memungkinkan kita untuk dapat melihat benda-benda disekitar kita. Cahaya bergerak lurus ke semua arah dan hal ini dapat digambarkan seperti titik pusat bola yang berperan sebagai sumber cahaya dan cahaya yang dipancarkan akan bergerak keseluruhan arah ruang bola.

Gelombang cahaya merupakan gelombang elektromagnet yang terdiri atas medan magnet dan medan listrik. Medan magnet dan medan listrik pada gelombang cahaya bergerak saling tegak lurus satu sama lain dan juga tegak lurus dengan arah perambatannya sering dapat disimpulkan bahwa gelombang cahaya juga merupakan gelombang transversal. Cahaya memiliki kecepatan perambatan dalam ruang hampa sebesar 299.792.459 meter perdetik atau dibulatkan menjadi 300.000.000 meter perdetik atau $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan dilambangkan dengan huruf c . Kecepatan cahaya merupakan hasil kali dari panjang gelombang cahaya dengan frekuensi gelombang cahaya (Hidayat dkk, 2011).

Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan yang jernih, kecepatannya akan turun karena ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks bias. Indeks bias merupakan nilai perbandingan (*rasio*) antara kecepatan cahaya di dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya didalam bahan, maka besaran indeks bias tidak memiliki satuan. Dengan indeks bias berperan sebagai faktor pembagi dalam menentukan kecepatan cahaya didalam suatu bahan, hal ini berarti bahwa semakin rendah nilai indeks bias maka semakin tinggi kecepatan cahaya di dalam bahan terkait (Hasibuan, 2012).

Nilai indeks bias (n) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Dengan n adalah indeks bias medium, c adalah kecepatan cahaya di udara dan v adalah kecepatan cahaya di dalam medium.

Cahaya yang melewati dua medium dengan indeks bias yang berbeda akan mengalami penyerapan, pemantulan atau pembiasan. Saat cahaya dari medium udara melalui medium air akan terjadi pembiasan cahaya (Ermawati, 2012).

Tabel 1. Indeks bias medium (Hasibuan, 2012).

No	Medium	Indeks Bias
1	Udara Hampa	1,00
2	Air	1,33
3	Kaca Kuarsa lebur	1,46
4	Kaca Korona	1,52

Menurut Giancoli (2001) bahwa cahaya merambat lebih lambat pada suatu zat dibandingkan dengan di udara hampa dapat dijelaskan pada tingkat atomik akibat serapan dan pemengemukakan ancaran kembali cahaya oleh atom-atom dan molekul-molekul pada bahan tersebut.

2. Hukum Snellius

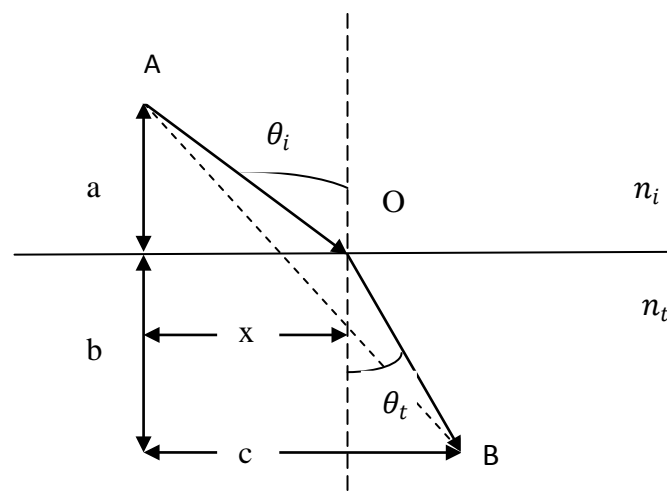
Arah perambatan sinar cahaya diukur dengan titik acuan garis normal bidang perbatasan antara kedua medium. Garis normal merupakan sebuah garis yang mengarah tegak lurus terhadap permukaan bidang perbatasan. Sudut yang dibentuk oleh arah sinar datang ke bidang perbatasan (terhadap garis normal) disebut dengan sudut datang. Sedangkan sudut yang dibentuk oleh arah sinar meninggalkan bidang perbatasan (terhadap garis normal) disebut dengan sudut bias (Hasibuan, 2012).

Sudut bias memiliki nilai lebih besar dari sudut datang ketika cahaya merambat dari bahan yang berindeks bias besar ke bahan lainnya yang berindeks bias lebih kecil. Seorang astronom berkebangsaan Belanda bernama Willebrord Snellius menemukan hubungan matematis antara indeks bias kedua bahan dengan nilai sinus dari sudut-sudut sinar (Hani, 2011). Hukum Snellius menyatakan hubungan antara sudut datang (θ_i), sudut bias (θ_t) dan indeks bias kedua medium yang dinyatakan dalam persamaan 2

$$n_i \sin\theta_i = n_t \sin\theta_t \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan 2, n_i merupakan indeks bias udara dan θ_i merupakan sudut datang. Sedangkan n_t merupakan indeks bias medium dan θ_t merupakan sudut bias (Ridlo, 2010).

Matematikawan Perancis Pierre de Fermat mengemukakan prinsip umum untuk membuktikan hukum pembiasan dengan konstruksi seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Konstruksi dari prinsip Fermat untuk membuktikan hukum pembiasan

Jika cahaya bergerak lebih lambat dalam medium kedua, seperti yang diasumsikan dalam Gambar 3, dengan meminimalkan waktu tempuh dari A ke B. Secara matematis waktu tempuh minimal dapat dirumuskan sebagai berikut

$$t = \frac{AO}{v_t} + \frac{OB}{v_i} \quad (3)$$

Dimana v_i dan v_t masing – masing yaitu kecepatan rambat cahaya di udara dan kecepatan cahaya di medium. Memanfaatkan teora Pythagoras, jarak didefinisikan sebagai berikut

$$t = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{v_t} + \frac{\sqrt{b^2+(c-x)^2}}{v_i} \quad (4)$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_t \sqrt{a^2+x^2}} - \frac{c-x}{v_i \sqrt{b^2+(c-x)^2}} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{\sin\theta_t}{v_t} - \frac{\sin\theta_i}{v_i} = 0 \quad (6)$$

Sehingga $v_t \sin\theta_t = v_i \sin\theta_i$, dengan mensubstitusikan hubungan indeks bias medium $v = c/n$ diperoleh hukum Snellius seperti pada persamaan 2 (Pedrotti dan Pedrotti, 1993).

3. Interferensi

Interferensi merupakan superposisi dua gelombang atau lebih yang bertemu dalam satu titik di ruang. Apabila dua gelombang harmonik memiliki frekuensi dan panjang gelombang sama tetapi berbeda fase bergabung, maka gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang yang amplitudonya bergantung pada perbedaan fasenya. Jika perbedaan fase 0° atau bilangan bulat kelipatan 360° , gelombang akan sefase dan berinterferensi saling menguatkan atau disebut dengan interferensi konstruktif. Sedangkan amplitudonya sama dengan penjumlahan

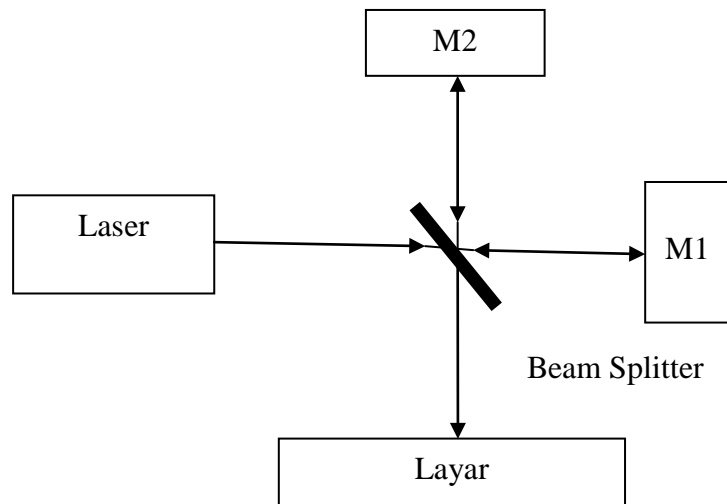
amplitudo masing-masing. Jika perbedaan fasenya 180° , maka gelombang yang dihasilkan akan berbeda fase dan berinterferensi saling melemahkan disebut dengan interferensi destruktif. Amplitudo yang dihasilkan merupakan perbedaan amplitudo masing-masing gelombang (Tipler, 1991).

Koherensi merupakan salah satu sifat gelombang yang dapat menunjukkan interferensi, yaitu gelombang tersebut selalu sama baik fase maupun arah penjarannya. Koherensi juga merupakan parameter yang dapat mengukur kualitas suatu interferensi (derajat koherensi). Untuk menghasilkan frinji-frinji interferensi, sangat diperlukan syarat syarat agar gelombang-gelombang yang berinterferensi tersebut tetap koheren selama periode waktu tertentu. Jika salah satu gelombang berubah fasenya, frinji akan berubah menurut waktu (Laud, 1988).

4. Interferometer Michelson

Sejarah interferometri dimulai pada tahun 1887 ketika fisikawan Amerika Albert Abraham Michelson pertama kali menunjukkan percobaan interferometer untuk mengukur kecepatan cahaya. Hal ini yang mendasari Teori Relativitas Einstein. Interferometer Michelson disusun oleh sumber cahaya yang koheren, dua cermin, *beam splitter* dan *detector*. (Nguyen & Kim, 2012).

Skema Interferometer Meichelson dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Interferometer Michelson

Cara kerja Interferometer Michelson yaitu berkas cahaya monokromatis yang berasal dari laser dipecah menjadi dua berkas oleh cermin pembagi berkas atau yang disebut beam splitter. Cermin ini terbuat dari lapisan tipis perak yang hanya memantulkan setengah dari cahaya yang jatuh pada cermin. Satu bagian berkas ditransmisikan ke cermin tetap M_2 dan berkas tersebut dipantulkan kembali. Sebagian berkas yang lainnya ditransmisikan ke cermin bergerak M_1 dan dipantulkan kembali. Kedua berkas sinar dipantulkan oleh beam splitter ke layar. Apabila panjang kedua lintasan sama, maka kedua berkas koheren yang memasuki layar akan berinterferensi konstruktif (Giancoli, 2001).

Kuswanto (2012) menyatakan bahwa seberkas cahaya melalui suatu celah yang sempit, maka berkas cahaya tersebut akan disebarkan dengan pola tertentu, sehingga jika diproyeksikan pada layar akan terbentuk suatu pola terang-gelap yang beraturan yang disebut dengan pola frinji.

Interferometer Michelson dapat menghasilkan pola frinji yang dimanfaatkan untuk aplikasi pengukuran dengan tingkat akurasi tinggi. Pengamatan pola frinji terjadi pada saat adanya perubahan beda lintasan optis (Nugraheni, 2012).

Pengukuran jarak yang tepat dapat diperoleh dengan menggerakkan cermin pada Interferometer Michelson dan menghitung frinji interferensi bergerak atau berpindah, dengan acuan suatu titik pusat. Sehingga diperoleh perubahan lintasan optik yang berhubungan dengan perubahan frinji sebesar

$$\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2} \quad (3)$$

Dengan Δd adalah perubahan lintasan optik, ΔN adalah perubahan jumlah frinji, dan λ adalah panjang gelombang laser yang digunakan (Phywe, 2006).

Beda panjang lintasan untuk dua gelombang apabila keduanya digabungkan kembali adalah $2d_2 - 2d_1$. Sesuatu yang akan mengubah beda lintasan akan menyebabkan perubahan fase.

Perubahan pola interferensi dapat disebabkan oleh adanya penyisipan bahan transparan yang tipis ke dalam lintasan optis dari satu cermin. Jika bahan memiliki tebal L dan indeks bias n , maka bilangan gelombang sepanjang lintasan cahaya bolak balik yang melalui bahan dengan ketebalan L adalah

$$N_m = \frac{2L}{\lambda_n} = \frac{2Ln}{\lambda} \quad (7)$$

Bilangan gelombang pada ketebalan udara $2L$ yang sama sebelum penyisipan bahan sebagai berikut

$$N_a = \frac{2L}{\lambda} \quad (8)$$

Pada saat bahan disisipkan, cahaya yang dikembalikan ke cermin mengalami perubahan fase dalam panjang gelombang.

$$N_m - N_a = \frac{2Ln}{\lambda} - \frac{2L}{\lambda} = \frac{2L}{\lambda} (n - 1) \quad (9)$$

Untuk perubahan fase satu panjang gelombang, pola garis akan mengalami perubahan sebesar satu garis (Halliday dkk, 2012).

5. Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan teknik pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Data masukan dan informasi keluaran dari proses pengolahan berupa citra. Sedangkan pengolahan citra digital secara umum dapat didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi (Ginting, 2009).

Pengolahan citra dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu kategori rendah, menengah dan tinggi. Kategori rendah melibatkan operasi-operasi sederhana seperti prapengolahan citra untuk mengurangi derau, pengaturan kontras, dan pengaturan ketajaman citra. Pengolahan kategori rendah ini memiliki input dan output berupa citra. Kategori menengah melibatkan operasi-operasi seperti segmentasi dan klasifikasi citra. Proses pengolahan citra menengah ini melibatkan input berupa citra dan output berupa atribut (fitur) citra yang dipisahkan dari citra







input. Sedangkan Kategori tinggi melibatkan proses pengenalan dan deskripsi citra (Putra, 2010).

Penyimpanan citra *grayscale* dalam bentuk format 8 bit untuk setiap sample pixel, yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Format ini sangat membantu dalam pemrograman karena manipulasi bit yang tidak terlalu banyak (AlFatta, 2007).

6. Citra Warna (*True Color*)

Pada citra warna, setiap titik mempunyai warna yang spesifik yang merupakan kombinasi dari 3 warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru. Format citra ini sering disebut sebagai citra RGB yaitu *Red*, *Green* dan *Blue* (Achmad & Firdausy, 2013). RGB merupakan ruang warna yang langsung mengarah pada warna sesuai dengan ketiga parameter *red*, *green* dan *blue* tanpa memperhitungkan faktor hitam dan putih suatu warna (Prayitno, 2012). Setiap warna dasar mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8 bit), dan warna minimum adalah putih. *Red* memiliki warna minimum putih dan warna maksimum merah. *Green* memiliki warna minimum putih dan warna maksimum hijau. *Blue* memiliki warna minimum putih dan warna maksimum biru. Misalnya warna kuning merupakan kombinasi warna merah dan hijau sehingga nilai RGB-nya adalah (255 255 0). Dengan demikian setiap titik (*pixel*) pada citra warna membutuhkan data 3 *byte* (Achmad & Firdausy, 2013). Warna dan nilai RGB dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Citra warna dan nilai RGB (Situmorang, 2013).

Warna	R	G	B
	77	9	13
	142	88	45
	0	0	0
	49	98	205
	10	5	1
	100	139	60

7. Citra Skala keabuan (*Gray scale*)

Format citra ini disebut skala keabuan karena pada umumnya warna yang digunakan adalah antara hitam sebagai warna minimal dan warna putih sebagai warna maksimalnya, sehingga warna antaranya adalah abu-abu. Pada prakteknya warna yang digunakan tidak terbatas pada warna abu-abu; sebagai contoh dipilih warna minimalnya adalah putih dan warna maksimalnya adalah merah, maka semakin besar nilainya semakin besar pula intensitas warna merahnya. Citra keabuan memberi kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner, karena ada nilai-nilai di antara nilai minimum dan nilai maksimumnya. Banyaknya nilai minimum dan maksimum bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Sebagai contoh untuk skala keabuan 4 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^4 = 16$ dan nilai maksimumnya adalah $2^4 - 1 = 15$. Sedangkan untuk skala keabuan 8 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^8 = 256$ dan nilai maksimumnya adalah $2^8 - 1 = 255$. Pada umumnya citra skala keabuan

menggunakan jumlah bit 8, sesuai dengan satuan memori komputer (Achmad & Firdausy, 2005). Citra grayscale berikut memiliki kedalaman warna 8 bit (256 kombinasi warna keabuan).



Gambar 5. Citra *Greyscale*

8. Delphi

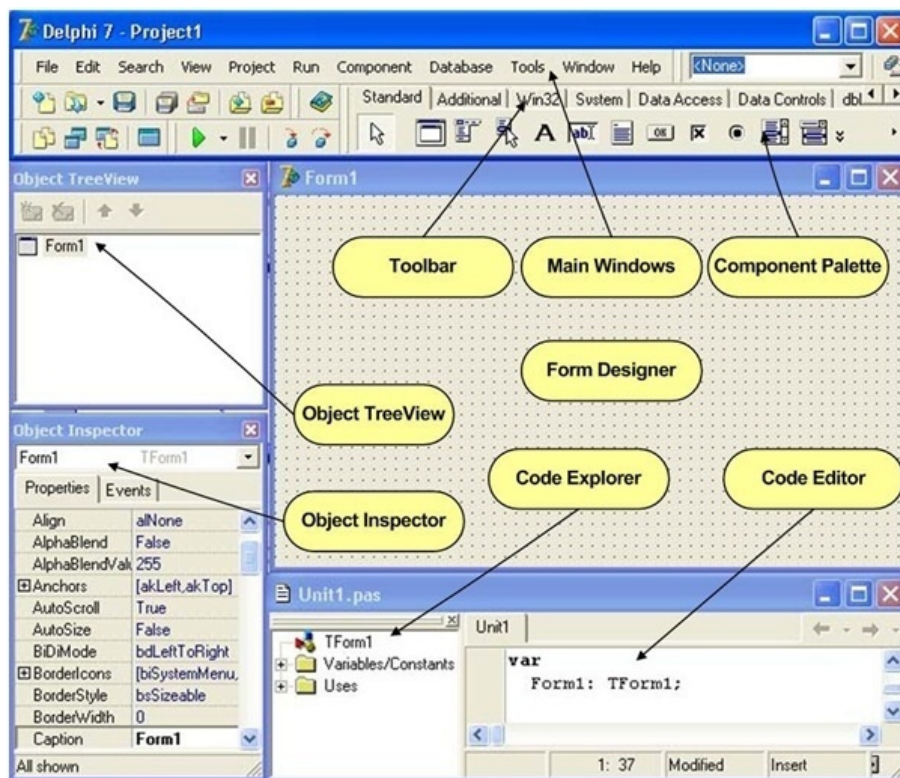
Delphi merupakan program aplikasi *database* yang berbasis Object Pascal dari Borland serta memiliki kemampuan membangun aplikasi yang *multi-threaded*. Artinya, jika aplikasi *database* semakin kompleks, maka aplikasi tersebut perlu dijalankan dalam beberapa bagian dan masing-masing bagian akan menjalankan fungsi tertentu. Bagian-bagian tersebut dinamakan *threads*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Delphi adalah sebuah program aplikasi yang mendukung pembuatan, pemakaian dan pengontrolan thread.

Delphi dibedakan menjadi 3 versi yaitu Delphi *desktop*, Delphi *developer*, dan Delphi *client/server* (CS). Versi-versi tersebut memiliki tingkat konektivitas yang berbeda. Delphi desktop dapat berhubungan dengan dBase dan Paradox melalui *Borland Database Engine*. Sementara versi *Developer* berisi konektivitas ODBC.

Versi CS memiliki SQL Link sehingga dapat berhubungan dengan database SQL, seperti *SyBase* dan *Oracle* yang berkecepatan tinggi (Sugiri dan Supriyadi, 2006).

Program Delphi juga dikenal dengan nama IDE(*Integrated development Environment*), yaitu lingkungan pengembangan aplikasi terpadu. Melalui IDE ini dibangun aplikasi-aplikasi dari merancang tampilan untuk pemakai, menuliskan kode sampai mencari penyebab kesalahan(*debugging*).

Tampilan utama Borland Delphi dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini



Gambar 6. Tampilan jendela utama Delphi

Bagian-bagian dari Borland Delphi sebagai berikut:

Menu

Pada bagian *main windows* terdapat sebelas menu utama, yaitu *menu file, edit, search, view, Project, Run, Component, Database, Tools, window* dan *Help*.

Untuk menggunakan menu dengan cara mengklik pada menu utama kemudian memilih sub menu.

Toolbar

Fungsi *toolbar* sama seperti fungsi *menu*, namun pada *toolbar* terdapat pilihan-pilihan yang berupa *icon*. *Icon-icon* pada *toolbar* merupakan pilihan-pilihan pada menu yang sering digunakan dalam membuat program aplikasi, sehingga memudahkan pengguna untuk memilih proses yang sering dilakukan tanpa harus memilihnya pada menu.

Component Palette

Component Palette merupakan tempat dimana kontrol-kontrol dan komponen-komponen diletakkan. Untuk membuat *object control* pada form program aplikasi diambil dari *control-control* yang ada pada *component palette*.

Object TreeView

Object TreeView berfungsi sebagai tempat untuk melihat daftar dari objek-objek apa saja yang terdapat pada program aplikasi. Tampilan dari objek-objek pada *object treeview* berbentuk seperti pohon.

Object Inspector

Object Inspector merupakan tempat untuk *property* dan *event* dari setiap *object control* yang digunakan. Dengan menu ini pengguna dapat membuat dan melihat *event* dari setiap *object control*. Pengguna dapat mengubah *property* yang digunakan sebagai *default* dari *object control* pada waktu pertama kali program dieksekusi.

Form Editor

Form Editor merupakan tempat untuk membuat tampilan untuk program aplikasi. Pengguna dapat meletakkan atau menambahkan *objek control* maupun komponen yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi.

Speed Bar

Speed Bar atau sering juga disebut *toolbar* berisi kumpulan tombol sebagai pengganti beberapa *item menu* yang sering digunakan. Dengan kata lain, setiap tombol pada *speed bar* menggantikan salah satu *item menu*.

Form Designer

Form Designer berfungsi sebagai tempat untuk merancang jendela aplikasi. Perancangan *form* dilakukan dengan meletakkan komponen-komponen yang diambil dari *component palette*.

Code Explorer

Code Explorer merupakan tempat untuk menuliskan program. Pernyataan-pernyataan tersebut ditulis dalam bentuk bahasa *object Pascal*. Kita tidak perlu menuliskan semua kode sumber karena Delphi telah menuliskan kerangka program (Mangkulo, 2005).