EFEKTIFITAS METODE NEWTON RAPHSON DAN METODE SECANT UNTUK MENYELESAIKAN TITIK IMPAS

(Aplikasi : Analisis Keuntungan Bisnis Jasa Warnet)

SKRIPSI

Oleh :

Ratih Hermiyati
NIM : 9302101031

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2000

Motto

وَأَنْ لَيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى

(القرآن الكريم سورة النجم : ٣٩)

Artinya:

Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya. (An-Najm : 39)

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. *Ibunda Titin Fatimah (Almarhumah), Ibunda Ai' Piroh, dan Ayahanda Djuwari yang selalu menyertaiku dengan do'a dan kasih sayang.*
2. *Saudara-saudaraku: Eno, Ayu, Kinoi, Rudy, Remy, Ajo.*
3. *Almamater yang kubanggakan.*

EFEKTIFITAS METODE NEWTON RAPHSON DAN METODE SECANT UNTUK MENYELESAIKAN TITIK IMPAS

(***Aplikasi: Analisis Keuntungan Bisnis Jasa Warnet***)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan
Program Sarjana Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

oleh

Nama Mahasiswa	:	Ratih Hermiyati
Nomor Induk Mahasiswa	:	9302101031
Jurusan	:	Pendidikan MIPA
Program	:	Pendidikan Matematika
Angkatan tahun	:	1993
Daerah Asal	:	Jember
Tempat, Tanggal Lahir	:	Bogor, 15 Juni 1975

Dosen Pembimbing I

Dra. Titik Sugiarti, M.Pd
Nip. 131 274 732

Dosen Pembimbing II

Drs. Dafik, M.Sc
Nip. 132 052 409

PENGESAHAN

Telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Pada hari	: Kamis
Tanggal	: 26 Oktober 2000
Tempat	: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Drs. Susanto, M.Pd
NIP. 131 759 847

Sekretaris

Drs. Dafik, M.Sc
NIP. 132 052 409

Anggota:

1. Dra. Titik Sugiarti (………………)
   NIP. 131 274 732
2. Drs. Antonius CP, M.AppSc (………………)
   NIP. 132 046 352

Mengetahui

Dekan

Drs. Dwi Suparno, M.Hum
NIP. 131 274 724

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmad dan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini, terutama kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Program Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu sangat diharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Jember, Oktober 2000

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

DAFTAR GRAFIK

DAFTAR GAMBAR

ABSTRAK

Ratih Hermiyati, Oktober 2000, Efektifitas Metode Newton Raphson Dan Metode Secant Untuk Menyelesaikan Titik Impas (*Aplikasi: Analisis Keuntungan Bisnis Jasa Warnet*)

Skripsi, Program Studi Pendidikan Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
Pembimbing: (1) Dra. Titik Sugiarti, M.Pd
(2) Drs. Dafik, M.Sc

Kata Kunci: Efektifitas, Metode Newton Raphson, Metode Secant, Titik Impas.

Latar belakang penelitian ini bertitik tolak pada penggunaan metode numerik untuk menyelesaikan persamaan yang tidak dapat diselesaikan dengan cara yang sederhana. Metode yang digunakan adalah metode Newton Raphson dan metode Secant. Penggunaan metode ini adalah untuk menyelesaikan titik impas, yang dalam hal ini menggunakan pemrograman dalam bahasa Matlab. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah menentukan fungsi titik impas untuk variasi suku bunga yang berlainan, pola algoritma dari metode Newton Raphson dan metode Secant, format listing program metode Newton Raphson dan metode Secant dalam bahasa Matlab, efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pola algoritma dari metode Newton Raphson dan metode Secant, membuat program metode Newton Raphson dan metode Secant dalam programming, mengetahui gambaran efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant. Salah satu fungsi titik impas yang akan dieksekusi dalam program metode Newton Raphson dan metode Secant adalah

$$f(n)=\frac{8268750(1.1575)^n}{1.1575^n-1}+\frac{1125000n}{1.1575^n-1}-29642857.14$$

Solusi dari fungsi tersebut berupa hasil, jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu, disertai pula dengan grafik. Dari solusi tersebut selanjutnya ditentukan efektifitas suatu metode ditinjau dari ketiga indikator yakni jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu. Hasil dari penelitian ini adalah metode Newton Raphson lebih efektif daripada metode Secant jika ditinjau dari ketiga indikator.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak fenomena yang dapat di model dalam persamaan matematika khususnya persamaan tak linier. Model matematis dari suatu fenomena yang sudah ditemukan dalam persamaan tak linier kadangkala menjadi cukup komplikatif sehingga tidak dapat diselesaikan dengan cara yang sederhana. Persamaan tak linier yang demikian dapat dijumpai pada suatu model matematis dari titik impas, dimana titik impas ini dipergunakan untuk menentukan titik dimana dua harga pilihan alternatif bernilai setara. Pilihan yang demikian seringkali dijumpai dalam bidang ekonomi.

Penerapan dalam bidang ekonomi ini, misal mengembangkan bisnis jasa warnet "A" dan "B", yang akan ditinjau disini adalah berapa lama warnet itu bertahan?, misal dari kedua warnet tersebut mempunyai fungsi titik impas sebagai berikut:

$$f(n) = \frac{-1400(1,2)^n}{1,2^n - 1} - \frac{150n}{1,2^n - 1} + 3750 = 0$$

Mencari solusi persamaan diatas tidak dapat ditentukan secara analitis. Untuk mengatasi masalah ini digunakan suatu teknik (metode) yang disebut dengan teknik atau metode numerik. Pengertian metode numerik sebagaimana dikemukakan oleh Higham (dalam Dafik, 1999a:2) adalah suatu model pendekatan dengan menggunakan teknik komputasi berulang (teknik iterasi) untuk mencari penyelesaian hampiran suatu masalah, utamanya masalah yang sulit dikerjakan dengan cara analitis.

Adapun metode hampiran/pendekatan yang dipergunakan yaitu metode Newton Raphson, dan metode Secant. Sebagai metode hampiran/pendekatan tentu saja dalam proses iterasi teknik ini menimbulkan nilai kesalahan, sehingga evaluasi terhadap kesalahan dalam kalkulasi itu terus dilakukan untuk mencapai hasil yang optimal. Dari proses mengevaluasi nilai kesalahan ini, sangat menarik diadakan kegiatan penelitian untuk memperoleh suatu teknik penyelesaian titik impas yang baik. Sehingga dalam hal ini dipandang perlu untuk mengkaji suatu metode numerik tertentu melalui judul "Efektifitas Metode Newton Raphson dan Metode Secant Untuk Menyelesaikan Titik Impas".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat pada latar belakang, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan fungsi titik impas untuk variasi suku bunga yang berlainan?
2. Bagaimanakah pola algoritma dari metode Newton Raphson dan metode Secant?
3. Bagaimanakah format listing program metode Newton Raphson dan metode Secant dalam bahasa Matlab?
4. Bagaimanakah efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Memperoleh fungsi titik impas untuk variasi suku bunga yang berlainan.
2. Mengetahui pola algoritma dari metode Newton Raphson dan metode Secant.
3. Membuat program metode Newton Raphson dan metode Secant dalam programming.
4. Mengetahui gambaran efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan konstribusi berupa:

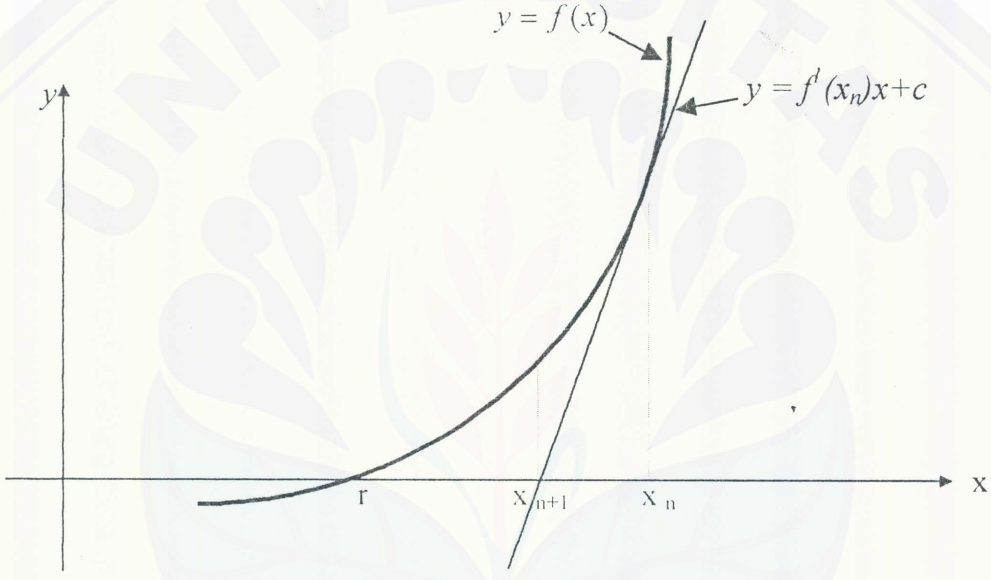
1. Pola algoritma metode Newton Raphson dan metode Secant.
2. Hasil programming metode Newton Raphson dan metode Secant.
3. Deskripsi efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Numerik Untuk Menyelesaikan Titik Impas

2.1.1 Metode Newton Raphson

Metode Newton Raphson diturunkan berdasarkan tafsiran geometris, seperti dalam grafik 1 yang disadur dari Atkinson (1985:69). Jika terkaan awal pada akar adalah x_n, sebuah garis singgung dapat ditarik dari titik $(x_n, f(x_n))$. Garis singgung ini akan memotong sumbu x di x_{n+1}.



Grafik 1. Grafik Metode Newton Raphson

Pada grafik terlihat turunan pertama $f(x)$ di x_n setara dengan kemiringan garis singgung kurva:

$$f^1(x_n) = \frac{f(x_n) - 0}{x_n - x_{n+1}} \qquad \text{.............................. (2.1)}$$

dari persamaan (2.1) dapat diperoleh:

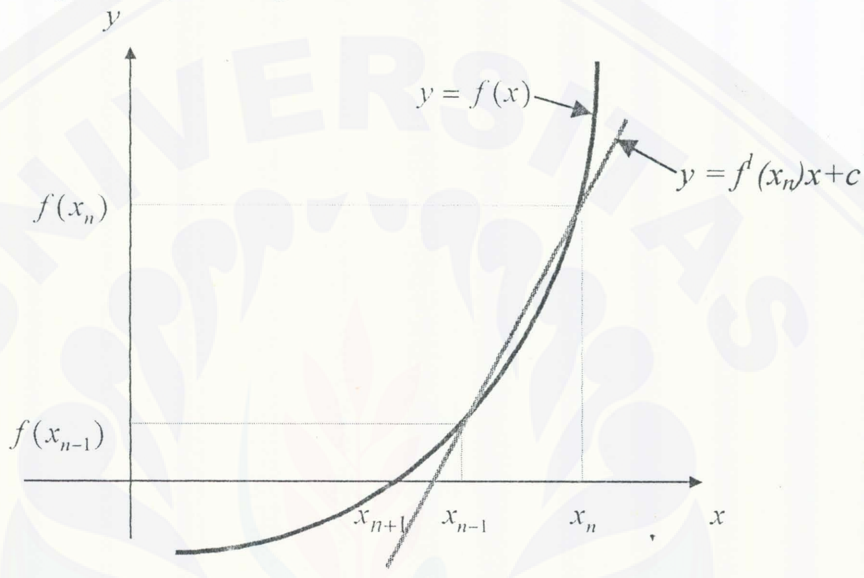
$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f^1(x_n)} \qquad \text{.............................. (2.2)}$$

$$n = 0,\ 1,\ 2,\ ....$$

Persamaan (2.2) dinamakan rumus Newton Raphson.

2.1.2 Metode Secant

Secara geometris perbedaan antara metode Newton Raphson dan metode Secant yaitu pada metode Newton Raphson x_{n+1} merupakan perpotongan sumbu x dan garis singgung di x_n, sedangkan dalam metode secant x_{n+1} berupa perpotongan sumbu x dan tali busur kurva $y = f$ (x). Pada metode Secant memerlukan dua tebakan awal, misal x_{n-1} dan x_n, tetapi menghindari perhitungan turunan.



Grafik 2. Grafik Metode Secant

Metode secant diperoleh dari metode newton dengan cara menghampiri turunan $f^1(x)$ dengan beda hingga terbagi seperti terlihat pada grafik 2 diperoleh:

$$f'(x_n) = \frac{f(x_{n-1}) - f(x_n)}{x_{n-1} - x_n} \quad \text{.....................................} \ (2.3)$$

Persamaan (2.3) disubstitusikan kedalam persamaan (2.2) sehingga menghasilkan persamaan iterasi berikut:

$$x_{n+1} = x_n - f(x_n)\frac{(x_{n-1} - x_n)}{f(x_{n-1}) - f(x_n)} \quad \text{..................................} \ (2.4)$$

Persamaan (2.4) merupakan rumus iterasi metode Secant (Chapra, 1994:141).

2.2 Titik Impas

Titik Impas dipakai untuk menentukan titik dimana dua harga pilihan alternatif bernilai setara. Titik impas seringkali dijumpai dalam bidang ekonomi, misal mempertimbangkan pembelian salah satu komputer pribadi: "Lean Machine" dan "Ultimate". Taksiran pengeluaran dan keuntungan untuk tiap komputer diberikan dalam tabel 1.

Tabel 1: Biaya dan Keuntungan dari Dua Komputer Pribadi

Keterangan	Komputer	
	Lean Machine	**Ultimate**
Biaya Pembelian ($)	-3000	-10.000
Kenaikan biaya pemeliharaan per tahun ($/th)	-200	-50
Keuntungan tahunan ($/th)	1000	4000

Sumber: Studi kasus (Chapra, 1994:197)

keterangan:

- Tanda negatif menunjukkan biaya atau kerugian
- Tanda positif menunjukkan keuntungan

Agar dapat mempertimbangkan dua pilihan itu, harus mengkonversi biaya-biaya ini keukuran yang dapat dibandingkan. Satu cara untuk melakukan ini adalah menyatakan semua biaya sebagai pembayaran tahunan yang ekuivalen, yakni nilai dolar ekuivalen per tahun selama rentang pakai komputer. Rumus ekonomi juga tersedia untuk menyatakan biaya pembelian dan biaya pemeliharaan. Biaya pembelian awal dapat diubah kedalam suatu deret pembayaran tahunan yang seragam dengan rumus:

$$A_p = P\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad \text{.................................. (2.5)}$$

dimana:

A_p = besarnya pembayaran tahunan
P = biaya pembelian
i = tingkat bunga
n = banyaknya tahun

Biaya pemeliharaan diberikan oleh formula:

$$A_m = G\left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad \text{.............................. (2.6)}$$

dimana:

G = kenaikan biaya pemeliharaan per tahun
n = banyaknya tahun
i = kurs bunga

Sehingga berdasarkan data pada tabel:

- Jumlah pembayaran tahunan Lean Machine untuk kurs bunga 20% adalah

$$A_p = -3000\frac{0{,}2(1{,}2)^n}{(1{,}2)^n - 1}$$

- Jumlah pembayaran tahunan Ultimate untuk kurs bunga 20% adalah

$$A_p = -10000\frac{0{,}2(1{,}2)^n}{(1{,}2)^n - 1}$$

- Biaya pemeliharaan Lean Machine adalah

$$A_m = -200\left[\frac{1}{0{,}2} - \frac{n}{(1{,}2)^n - 1}\right]$$

- Biaya pemeliharaan Ultimate adalah

$$A_m = -50\left[\frac{1}{0{,}2} - \frac{n}{(1{,}2)^n - 1}\right]$$

Persamaan 2.5 dan 2.6 digabung untuk mendapatkan harga bagi setiap komputer yang dinyatakan dalam sederetan pembayaran sedemikian hingga:

$A_t = A_p + A_m$ + keuntungan

$$A_t = P\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + G\left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1}\right] + k \quad \text{.................................} \quad (2.7)$$

dimana:

A_t = keuntungan tahunan total
k = keuntungan

Formula keuntungan tahunan total Lean Machine dan Ultimate:

- untuk Lean Machine:

$$A_t = \frac{-600(1{,}2)^n}{1{,}2^n - 1} + \frac{200n}{1{,}2^n - 1} \quad \text{................................} \quad (2.8)$$

- untuk Ultimate:

$$A_t = \frac{-2000(1,2)^n}{1,2^n - 1} + \frac{50n}{1,2^n - 1} + 3750 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.9)$$

Dari suatu perspektif matematika, titik impas adalah harga n dimana persamaan (2.8) dan persamaan (2.9) ekuivalen. Sehingga (2.8) dan (2.9) menjadi:

$$\frac{-600(1,2)^n}{1,2^n - 1} + \frac{200n}{1,2^n - 1} = \frac{-2000(1,2)^n}{1,2^n - 1} + \frac{50n}{1,2^n - 1} + 3750 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.10)$$

Dengan membawa semua suku persamaan (2.10) ke dalam sebuah ruas sehingga menjadi:

$$f(n) = \frac{-1400(1,2)^n}{1,2^n - 1} - \frac{150n}{1,2^n - 1} + 3750 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.11)$$

Persamaan (2.11) merupakan persamaan titik impas.

2.3 Kekonvergenan

Menurut Gerald dan Wheatley (1984:75), metode Newton Raphson konvergen secara kuadratis. Selanjutnya Conte dan Boor (1993:87) juga menjelaskan bahwa metode secant lebih lambat dari metode Newton Raphson.

Metode Newton Raphson dan metode Secant menginterpolasi fungsi $f(x)$ pada dua titik, misalkan α dan β, menurut suatu garis lurus

$$p(x) = f(\alpha) + f[\alpha,\beta]\,(x - \alpha)$$

yang akarnya

$$r = \alpha - \frac{f(\alpha)}{f[\alpha,\beta]}$$

$$f[\alpha,\beta] = \frac{f(\beta) - f(\alpha)}{\beta - \alpha}$$

Diberikan suatu persamaan

$$f(x) = f(\alpha) + f[\alpha,\beta]\,(x - \alpha) + f[\alpha,\beta,x]\,(x - \alpha)\,(x - \beta) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.12)$$

Persamaan (2.12) berlaku untuk semua x. Jika ditentukan $x = \xi$ yaitu akar yang dikehendaki, maka

$$f(\xi) = f(\alpha) + f[\alpha,\beta]\,(\xi - \alpha) + f[\alpha,\beta,\xi]\,(\xi - \alpha)\,(\xi - \beta)$$

karena $f(\xi) = 0$ maka

$$f[\alpha,\beta]\,(\xi - \alpha) = -f(\alpha) - f[\alpha,\beta,\xi]\,(\xi - \alpha)\,(\xi - \beta) \qquad \text{.......................} \; (2.13)$$

dari persamaan (2.13) diperoleh hubungan

$$\xi = \alpha - \frac{f(\alpha)}{f[\alpha,\beta]} - \frac{f[\alpha,\beta,\xi]}{f[\alpha,\beta]}(\xi - \alpha)\,(\xi - \beta) \qquad \text{.......................} \; (2.14)$$

karena $r = \alpha - \dfrac{f(\alpha)}{f[\alpha,\beta]}$ maka persamaan (2.14) menjadi

$$\xi = r - \frac{f[\alpha,\beta,\xi]}{f[\alpha,\beta]}(\xi - \alpha)\,(\xi - \beta) \qquad \text{.......................} \; (2.15)$$

Persamaan (2.15) digunakan untuk mendapatkan persamaan kesalahan metode Newton Raphson dan metode Secant. Untuk metode Newton Raphson ditentukan $\alpha = \beta = x_n$, $e_n = \xi - x_n$, $r = x_{n+1}$ sehingga diperoleh:

$$e_{n+1} = -\frac{f[x_n, x_n, \xi]}{f[x_n, x_n]}\, e_n^2 \qquad \text{.......................} \; (2.16)$$

dengan $f[x_n,x_n] = f'(x_n)$ dan $f[x_n, x_n, \xi] = \frac{1}{2} f''(\eta_n)$, untuk η_n antara x_n dan ξ maka dari persamaan (2.16) diperoleh

$$e_{n+1} = -\frac{1}{2}\frac{f''(\eta_n)}{f'(x_n)}\, e_n^2 \qquad \text{..............................} \; (2.17)$$

Persamaan (2.17) menunjukkan bahwa metode Newton Raphson konvergen secara kuadratis yaitu secara kasar e_{n+1} sebanding dengan kuadrat dari e_n. Ini berarti bahwa banyaknya posisi desimal kira-kira akan berlipat dua pada tiap iterasi.

Untuk mendapatkan persamaan kesalahan metode Secant, ditentukan $\alpha = x_n$, $\beta = x_{n-1}$ sehingga dari persamaan (2.15) diperoleh

$$e_{n+1} = -\frac{f[x_{n-1}, x_n, \xi]}{f[x_{n-1}, x_n]}\, e_n\, e_{n-1} \qquad \text{..............................} \; (2.18)$$

Persamaan (2.18) menunjukkan bahwa kesalahan dalam iterasi ke-(n+1) adalah sebanding dengan hasil kali kesalahan ke-n dan ke-(n-1), dimana $f[x_{n-1}, x_n, \xi] = \frac{1}{2} f'(\xi_n)$ dan $f[x_{n-1},x_n] = f'(\eta_n)$ untuk η_n, ξ_n adalah titik-titik antara x_{n-1}, x_n dan ξ maka persamaan (2.18) menjadi

$$e_{n+1} = -\frac{1}{2}\,\frac{f''(\xi_n)}{f'(\eta_n)}\, e_n\, e_{n-1} \qquad \text{.................................} (2.19)$$

Definisi Tingkat Konvergensi:

Andaikan x_0, x_1, x_2, ... merupakan suatu barisan yang konvergen ke arah suatu bilangan ξ, dan ditentukan $e_n = \xi - x_n$. Jika terdapat suatu bilangan p dan suatu tetapan $C \neq 0$ sedemikian sehingga

$$\lim_{n\to\infty} \frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^p} = C$$

maka p disebut tingkat konvergensi dari barisannya dan C disebut tetapan kesalahan asimtotik (asymtotic error constant).

Dari definisi tingkat konvergensi, tingkat konvergensi metode secant adalah sebagai berikut:

persamaan (2.19) yaitu $e_{n+1} = \frac{1}{2}\,\frac{f''(\xi)}{f'(\xi)}\, e_n\, e_{n-1}$ sedemikian hingga menjadi

$$|e_{n+1}| = c_n |e_n e_{n-1}| \qquad \text{.........................} (2.20)$$

dimana $c_n = \frac{1}{2}\,|f''(\xi)/f'(\xi)|$ maka $\lim_{n\to\infty} c_n = c_\infty = 1/2 |f''(\xi)/f'(\xi)|$

dan untuk mencari bilangan p sedemikian hingga

$$\lim_{n\to\infty} \frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^p} = C$$

untuk suatu tetapan tak nol C.

Dari persamaan (2.20) terdapat hubungan

$$\frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^p} = c_n |e_n|^{1-p} |e_{n-1}| = c_n \left(\frac{|e_n|}{|e_{n-1}|^p} \right)^{\alpha} \qquad \text{.........................} (2.21)$$

andaikan $\propto = 1 - p$ dan $\propto p = -1$ maka

$$\propto p = p - p^2 = -1$$

sehingga persamaan menjadi $p^2 - p - 1 = 0$ yang mempunyai akar positif yang sederhana $p = (1 + \sqrt{5})/2 = 1{,}62$. Dengan $p = 1{,}62$ dan $\propto = -1/p$, terlihat bahwa persamaan (2.21) mendefinisikan suatu iterasi titik tetap

$$y_{n+1} = c_n\, y_n^{-1/p}$$

dimana $y_{n+1} = |e_{n+1}| / |e_n|^p$ dan $\lim\limits_{n\to\infty} c_n = c_\infty$

sehingga akibatnya y_n konvergen ke titik tetap dari persamaan

$$x = c_\infty x^{-1/p}$$

yang penyelesaiannya adalah $c_\infty^{1/p}$ karena $1 + 1/p = p$. Ini menunjukkan bahwa untuk metode secant terdapat

$$\frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^p} \approx \left|\frac{f''(\xi)}{2f'(\xi)}\right|^{1/p} \qquad \text{.............................. (2.22)}$$

dengan $p = 1{,}62$, maka tingkat konvergensi dari metode secant adalah $p = 1{,}62$ dan tetapan kesalahan asimtotiknya adalah $\left|f''(\xi)/(2f'(\xi))\right|^{1/p}$.

Untuk menentukan tingkat konvergensi metode Newton Raphson adalah sebagai berikut:

dari persamaan (2.14) $e_{n+1} = -\dfrac{1}{2}\dfrac{f''(\xi)}{f'(\xi)}e_n^2$ sedemikian hingga menjadi

$$\frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^2} = \frac{1}{2}\left|\frac{f''(\xi)}{f'(\xi)}\right| \quad \text{maka} \quad \lim_{n\to\infty}\frac{|e_{n+1}|}{|e_n|^2} = \frac{1}{2}\left|\frac{f''(\xi)}{f'(\xi)}\right| \qquad \text{.............................. (2.23)}$$

untuk $f'(\xi) \neq 0$, sehingga menurut definisi, tingkat konvergensinya adalah 2 dan tetapan kesalahan asimtotiknya adalah $\frac{1}{2}\left|\frac{f''(\xi)}{f'(\xi)}\right|$. Dilihat dari tingkat konvergensi kedua metode, maka metode secant konvergen lebih lambat daripada metode Newton Raphson.

Metode Newton Raphson dan metode Secant tidak selalu konvergen, pada metode Newton Raphson disebabkan $f'(x) = 0$ sedangkan pada metode Secant $f(x_{n-1}) - f(x_n) = 0$. Sehingga terkaan awal yang dekat pada akar, hampirannya akan meloncat ke tempat yang jauh. Akibatnya tidak terjadi kekonvergenan.

2.4 Kriteria Penghentian Iterasi

Galat numerik timbul dari penggunaan hampiran untuk menyatakan operasi dan besaran matematis yang eksak. Pada metode numerik memakai pendekatan secara iterasi untuk menghitung jawaban. Dalam pendekatan yang demikian, suatu aproksimasi sekarang dibuat berdasarkan aproksimasi sebelumnya. Proses ini dilakukan secara berulang atau secara iterasi dengan maksud secara beruntun menghitung aproksimasi yang lebih baik. Untuk kasus yang demikian, galat seringkali ditaksir sebagai selisih antara aproksimasi sebelumnya dengan yang sekarang. Jadi galat relatif ditentukan sesuai dengan

$$|\varepsilon_a| = |x_r - x_{r-1}| \qquad \text{.................................} \quad (2.24)$$

Keterangan:

x_r adalah akar untuk iterasi sekarang

x_{r-1} adalah akar dari iterasi sebelumnya.

Bilamana $|\varepsilon_a|$ menjadi lebih kecil dari kriteria penghentian ε_s yang ditentukan sebelumnya, maka komputasi dihentikan.

2.5 Jumlah Iterasi, Flops, Kecepatan CPU Komputer

Teknik penelitian yang digunakan merupakan teknik komputerisasi yang membahas mengenai suatu programing, sehingga indikator yang diambil adalah jumlah iterasi, flops, dan kecepatan CPU komputer dengan pengertian sebagai berikut.

Pengertian iterasi menurut Dafik (1999a:24), berkaitan dengan proses perhitungan berulang dalam komputer untuk mengevaluasi kesalahan. Misal domain masalah yang akan diselesaikan adalah $a \leq x \leq b$ maka teknik numeris dilakukan dengan membagi domain itu kedalam n bagian (grid) dengan jarak antara bagian yang satu dan yang lain h satuan, sehingga kalkulasi diproses berdasarkan langkah bertahap $x_i = a + ih$ untuk i = 1,2,…,n. Jumlah iterasi secara kongkrit adalah tergantung pada sejauh mana i melangkah. Bila proses perhitungan mencapai i = k maka komputer dikatakan melakukan k iterasi.

Flops singkatan dari floating point operations, berkaitan dengan operasi aritmatik yang berkenaan dengan penerapan algoritma, sehingga jumlah flops adalah jumlah operasi aritmatik yang diperlukan dalam penerapan suatu algoritma. Operasi aritmatik itu meliputi operasi numeris, matrik maupun operasi array. Satu flops adalah terdiri dari satu floating point perkalian dan pembagian ditambah dengan satu floating point penjumlahan dan pengurangan.

Kecepatan CPU (Central Processing Unit) adalah kecepatan yang dibutuhkan komputer untuk mengolah data, dinyatakan dalam detik atau menit (Dafik, 1999a:25). Ada banyak unsur hardware yang terkait dalam CPU ini. Semua unsur dirangkai dalam satu papan utama yang disebut motherboard. Papan inilah yang mengelola semua data, baik menerima masukan dari keyboard maupun menghasilkan keluarannya di monitor atau menyimpan hasilnya dalam hard disk bahkan mencetak laporan dalam hasil cetakan dalam printer. Salah satu unsur utama dalam CPU adalah prosessor. Prosessor memegang peranan yang cukup dominan dalam menentukan kecepatan komputer, termasuk didalamnya kecepatan eksekusi programming. Dengan kemampuan prosessor yang tinggi akan semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah, sebaliknya bila kemampuannya rendah akan semakin lama dalam menyelesaikan sesuatu. Banyak ragam prosessor yang dipakai komputer saat ini, salah satunya adalah Prosessor Intel Pentium. Jenis ini tergolong prosessor yang paling ekstensif digunakan dalam dunia komputer dan bahkan hampir setiap PC menggunakannya. Demikian juga dalam penelitian ini, semua listing program dieksekusi dalam prosessor Intel Pentium MMX 233 MHZ.

2.6 Algoritma dan MATLAB Programming

2.6.1 Algoritma

Proses penyusunan algoritma merupakan langkah awal dalam membuat programming. Algoritma adalah suatu prosedur yang menggambarkan urut-urutan rapi, dan logis dengan tujuan memudahkan pengimplementasian suatu masalah (Dafik, 1999a:30). Sebagai prosedur logis maka algoritma, harus dapat dengan mudah diinterpretasikan dalam fungsi-fungsi khusus pada komputer programming.

Beberapa simbol dan kata-kata yang dipakai dalam algoritma, misalnya simbol period (.) untuk menunjukkan akhir prosedur dan simbol titik koma (;) untuk memisahkan tugas dalam beberapa langkah. Adapun kata-kata yang dipakai adalah input, output, set, do dll. Selain itu juga dikenal teknik loop (pengulangan) yang dinyatakan dengan "kontrol penyangga"

for i = 1,2,…,n

set $x_i = a_i + ih$

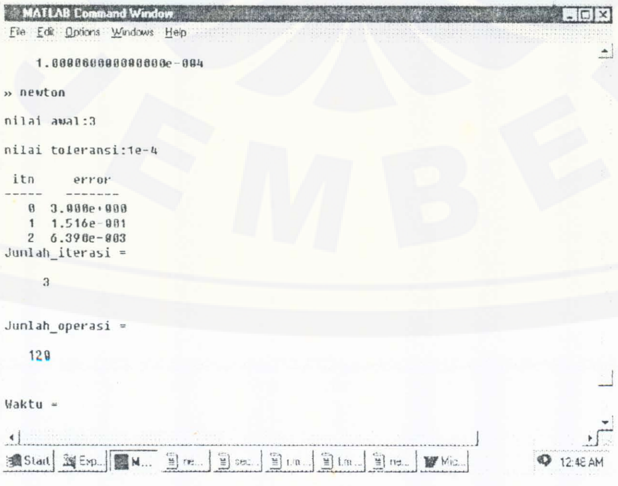
dan "kontrol bersyarat"

while i < N do step 3-6

if … then; if … then … else

2.6.2 MATLAB Programming

Matlab adalah software aplikasi yang dilengkapi oleh fungsi-fungsi khusus sedemikian hingga mudah dan cepat menyelesaikan beberapa masalah terutama dalam maslah sains dan teknologi (Dafik,1999b:1). Sofware ini juga dilengkapi piranti programming nonprosedural yang memberikan keleluasaan dan kemudahan bagi programmer untuk menyelesaikan dan mengembangkan suatu masalah. Prosedur untuk menjalankan fungsi-fungsi tersebut ditulis langsung pada lembar kerja *Matlab*.



Gambar 1. Lembar Kerja untuk Menjalankan Fungsi-fungsi *Matlab*

Gambar 2. Lembar Kerja Notepad untuk penulisan Listing Program

Fasilitas lain dari *Matlab* adalah user dapat menggunakan *Matlab* programming editor untuk menyusun prosedur-prosedur logis dalam program nonprosedural yang dapat dipahami langsung oleh *Matlab*. Penulisan listing program dalam bahasa *Matlab* ditulis dalam editor programming yaitu pada *editor Notepad* seperti pada gambar 2. Berhubung bahasa *Matlab* adalah bahasa nonprosedural maka struktur bahasa yang dikembangkan tidak terlampau hirarkikal dan banyak mengaitkan fungsi-fungsi yang sudah build-in dalam *Matlab* library. Sehingga dalam hal ini *Matlab* memberikan fleksibelitas yang luas terhadap para user untuk mengembangkan imajinasinya dalam menyelesaikan masalah.

Selain ini *Matlab* juga dapat melakukan program besar sebagaimana Compiler (bahasa pemrograman prosedural) lainnya. Dengan kemampuan ini user dapat mengembangkan suatu algoritma kemudian diimplementasikan dalam *Matlab* programming untuk memecahkan masalah tertentu.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam hal ini diartikan sebagai strategi yang mengatur latar (setting) penelitian, agar peneliti memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental, sehingga rancangan penelitian yang dipilih adalah rancangan penelitian yang memungkinkan peneliti untuk mengendalikan (mengontrol) variabel-variabel lain yang diduga dapat mempengaruhi variabel terikat (dependent variabel) (Hidayati, 1986:30).

Adapun langkah-langkah penelitian tersebut adalah:

1. Menyusun fungsi titik impas
2. Menyusun algoritma Newton Raphson, dan metode Secant
3. Membuat program listing metode Newton Raphson dan metode Secant dalam bahasa Matlab
4. Simulasi data untuk mendapatkan metode yang efektif berdasarkan jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu.

3.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di laboratorium komputer Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Menurut Nasir (1988 : 211), pengumpulan data adalah prosedur yang sistematik dan standart untuk memperoleh data yang diperlukan. Selalu ada hubungan antara data dengan masalah penelitian yang ingin dipecahkan. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data berfungsi untuk mendukung penelitian dalam memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen diartikan sebagai pengamatan dan pencatatan dengan sistematis fundamental yang diselidiki (Hadi, 1986:138). Jadi yang dimaksud metode eksperimen adalah pengumpulan data dengan jalan mengadakan pengamatan dan pencatatan yang dilaksanakan dengan sistematis terhadap faktor-faktor, data dan dimana gejala tersebut ditemukan. Adapun hal-hal yang diamati adalah:

1. Jumlah iterasi
2. Jumlah operasi (flops)
3. Waktu (dalam detik)

3.4 Analisa Data.

Analisa data merupakan kegiatan terakhir dalam penelitian yaitu setelah diperolehnya beberapa tabel data dan grafik hasil eksekusi programming yang telah dibuat. Selanjutnya dengan metode deskriptif beberapa data dan grafik itu dianalisis untuk memperoleh gambaran efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant. Data yang akan diperoleh adalah data dari beberapa indikator diantaranya jumlah iterasi yang dibutuhkan, jumlah operasi (flops) yang dilakukan algoritma metode Newton Raphson dan metode Secant, dan waktu dibutuhkan CPU (dalam detik) untuk konvergen.

IV. HASIL KOMPUTASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Test Problem untuk Bahan Simulasi

Untuk mengadakan uji terhadap dua metode disajikan *data simulasi* pada dua kegiatan usaha dibidang jasa warnet. Data simulasi kedua warnet dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2: Biaya dan Keuntungan Bidang Jasa Warnet

Keterangan	Warnet	
	A	B
Biaya Pengeluaran (Rp)	-22.500.000	-75.000.000
Kenaikan biaya pemeliharaan per tahun (Rp/th)	-1.500.000	-375.000
Keuntungan tahunan (Rp/th)	7.500.000	30.000.000

Selanjutnya untuk menentukan titik dimana keduanya bernilai setara, dengan menyatakan semua biaya sebagai pembayaran tahunan yang ekuivalen yakni nilai Rp ekuivalen per tahun selama pemakaian. Hal ini disajikan dengan nilai bunga ditetapkan sebagai i = 13,75%; 15,75%; 17,75%; 19,75%; 21,75% dengan dasar nilai suku bunga pinjaman bank 13,75% dengan menaikkan 2% sebagai pembandingnya. Dari data yang terdapat pada tabel 2 tentang biaya dan keuntungan bidang jasa warnet dan bunga yang telah ditetapkan akan diperoleh persamaan titik impas sebagai berikut:

- Bunga 13,75%

  Warnet A

$$A_{I1} = -\frac{3093750(1.1375)^n}{1.1375^n - 1} + \frac{1500000\,n}{1.1375^n - 1} - 3409090.91 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.1)$$

Warnet B

$$A_{t2} = -\frac{10312500(1.1375)^n}{1.1375^n - 1} + \frac{375000n}{1.1375^n - 1} + 27272727.27 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.2)$$

Untuk memperoleh persamaan titik impas maka $A_{t1} = A_{t2}$ sehingga diperoleh formula titik impas dengan bunga 13,75%

$$f(n) = \frac{7218750(1.1375)^n}{1.1375^n - 1} + \frac{1125000n}{1.1375^n - 1} - 30680808.18 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.3)$$

- Bunga 15,75%

Warnet A

$$A_{t1} = -\frac{3543750(1.1575)^n}{1.1575^n - 1} + \frac{1500000n}{1.1575^n - 1} - 2023809.524 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.4)$$

Warnet B

$$A_{t2} = -\frac{11812500(1.1575)^n}{1.1575^n - 1} + \frac{375000n}{1.1575^n - 1} + 27619047.62 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.5)$$

Untuk memperoleh persamaan titik impas maka $A_{t1} = A_{t2}$ sehingga diperoleh formula titik impas dengan bunga 15,75%

$$f(n) = \frac{8268750(1.1575)^n}{1.1575^n - 1} + \frac{1125000n}{1.1575^n - 1} - 29642857.14 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.6)$$

- Bunga 17,75%

  Warnet A

$$A_{t1} = -\frac{3993750(1.1775)^n}{1.1775^n - 1} + \frac{1500000\,n}{1.1775^n - 1} - 950704.225 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.7)$$

- Warnet B

$$A_{t2} = -\frac{13312500(1.1775)^n}{1.1775^n - 1} + \frac{375000\,n}{1.1775^n - 1} + 27887323.94 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.8)$$

Untuk memperoleh persamaan titik impas maka $A_{t1} = A_{t2}$ sehingga diperoleh formula titik impas dengan bunga 17,75%

$$f(n) = \frac{9318750(1.1775)^n}{1.1775^n - 1} + \frac{1125000\,n}{1.1775^n - 1} - 28838028.17 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.9)$$

- Bunga 19,75%

  Warnet A

$$A_{t1} = -\frac{4443750(1.1975)^n}{1.1975^n - 1} + \frac{1500000\,n}{1.1975^n - 1} - 94936.709 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.10)$$

  Warnet B

$$A_{t2} = -\frac{14812500(1.1975)^n}{1.1975^n - 1} + \frac{375000\,n}{1.1375^n - 1} + 28101265.82 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.11)$$

Untuk memperoleh persamaan titik impas maka $A_{t1} = A_{t2}$ sehingga diperoleh formula titik impas dengan bunga 19,75%

$$f(n) = \frac{10368750(1.1975)^n}{1.1975^n - 1} + \frac{1125000\,n}{1.1975^n - 1} - 28196202.5. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.12)$$

- Bunga 21,75%

  Warnet A

$$A_{t1} = -\frac{4893750\,(1.2175)^n}{1.2175^n - 1} + \frac{1500000\,n}{1.2175^n - 1} + 603448.276 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.13)$$

  Warnet B

$$A_{t2} = -\frac{16312500\,(1.2175)^n}{1.2175^n - 1} + \frac{375000\,n}{1.2175^n - 1} + 28275862.07 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.14)$$

Untuk memperoleh persamaan titik impas maka $A_{t1} = A_{t2}$ sehingga diperoleh formula titik impas dengan bunga 21,75%

$$f(n) = \frac{11418750\,(1.2175)^n}{1.2175^n - 1} + \frac{1125000\,n}{1.2175^n - 1} - 27672413.79 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.15)$$

Keterangan:

A_{t1} = menyatakan keuntungan tahunan total warnet A

A_{t2} = menyatakan keuntungan tahunan total warnet B ,

$f(n)$ = menyatakan persamaan titik impas

4.2 Pola Algoritma Metode Newton Raphson dan Metode Secant

Untuk menyelesaikan ke-5 persamaan tersebut menggunakan metode numerik yaitu metode Newton Raphson dan metode Secant dengan pemrograman bahasa MATLAB. Langkah awal dalam membuat programming adalah menyusun algoritma. Susunan algoritma metode Newton Raphson dan metode Secant sebagai berikut:

- Algoritma metode Newton Raphson

  INPUT nilai awal (pa), ε (toleransi)

  OUTPUT nilai aproksimasi (pn)

  Step 1 Set while error > ε

  Step 2 Set pn = pa – f (pa) / df (pa)

Step 3 Set error = abs ((pn – pa))

Step 4 Set perbaharui pa = pn

Step 5 Set l = l +1

Step 6 OUTPUT (pn)

STOP

- Algoritma metode Secant

INPUT nilai awal xa, xb, ε (toleransi)

OUTPUT nilai aproksimasi (xx)

Step 1 Set while error > ε

Step 2 Set xx = xa – (p(xa) * (xb - xa) / p(xa) – q (xb))

Step 3 Set error = abs (xx - xa)

Step 4 Set Perbaharui

xb = xa;

xa = xx;

q(xb) = p (xa);

p(xa) = r (xx)

Step 5 Set l = l + 1

Step 6 OUT PUT (xx)

STOP

4.3 Format Listing Program Metode Newton Raphson dan Metode Secant

Sesuai dengan algoritma, peneliti menyusun suatu programming dalam bahasa MATLAB. Penggunaan program dengan bahasa Matlab didasarkan atas kelebihan yang dimilikinya dalam bidang numeris sehingga peneliti mendapatkan kemudahan dalam menyelesaikannya. Selanjutnya set programming itu dapat disajikan sebagai berikut :

- Metode Newton Raphson

```
%*********************************************
%% Nama Program NEWTON.M
%% Cara Menjalankan
%% Buat file dengan nama f.m
%% Definisikan function f=f(pa)
%% f=f(pa) adalah persamaan titik impas
%% Buat file dengan nama df.m
%% Definisikan function f=df(pa)
%% f=df(pa) adalah turunan persamaan titik impas
%*********************************************

clear
pack
close
clc

t0=clock;flops(0)
format long

%%% Proses awal
  pa=input('nilai awal:');
  tol=input('nilai toleransi:');
  error=pa;
  errvec=[];
  l=0;
    fprintf('\n itn     error ')
    fprintf('\n-----   -------')

%%% Proses iterasi
   while error > tol
   fprintf('\n %3.0f  %9.3e',l,error)
   [pn]=rumnew(pa);
     error=abs((pn-pa));
     pa=pn;
     l=l+1;
     errvec=[errvec,error];
    end

%%%grafik error dan iterasi
figure
semilogy(1:l,errvec)
```

```
xlabel('Iterasi')
ylabel('error')
title('Toleransi 1e-4 dan i=13,75%')

format
Jumlah_iterasi=l
Jumlah_operasi = flops %Count of floating point operations
Waktu         = etime(clock,t0) % Time elapsing
Hasil           = pn
```

- Metode Secant

```
%******************************************
%% Program metode Secant
%% Cara Menjalankan
%% Buat file dengan nama p.m, q.m, dan r.m
%% Definisikan function f1=p(xa)
%% Definisikan function f2=q(xb)
%% Definisikan function f3=r(xx)
%******************************************

clear
pack
close
clc

t0=clock;flops(0);
format long
%%%Proses awal
 xa=input('nilai awal1:');
 xb=input('nilai awal2:');
 tol=input('nilai toleransi :');
 error=xa;
 errvec=[];
 l=0;
  fprintf('\n itn     error ')
  fprintf('\n-----    -------')

%%%Proses iterasi
 while error >= tol
  fprintf('\n %3.0f  %9.3e',l,error)
   [f1]=p(xa);
```

```
[f2]=q(xb);
  xx=xa-(f1*(xb-xa)/(f2-f1));
  error=abs(xx-xa);
[f3]=r(xx);
  xb=xa;xa=xx;
  f2=f1;f1=f3;
  l=l+1;
  errvec=[errvec,error];
end

%%%grafik error dan iterasi
figure
semilogy(1:l,errvec)
xlabel('Iterasi')
ylabel('error')
title('Toleransi 1e-4 dan i=13,75%')

format
Jumlah_iterasi=l
Jumlah_operasi = flops %Count of floating point operations
Waktu_dalam_detik  = etime(clock,t0) % time elapsing
hasil = xx
```

4.4 Hasil Komputasi Programming Metode Newton Raphson dan Metode Secant

Bila kedua program di atas diekskusi pada beberapa nilai bunga dengan toleransi ε = 1e – 4 dan ε = 1e – 8 maka didapat hasil sebagaimana disajikan dalam tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3: Hasil Metode Newton Raphson

Toleransi / Bunga	Hasil (dalam tahun)	
	1e – 4	1e – 8
13,75 %	2.85482735327188	2.85482735335768
15,75 %	2.96505988894691	2.96505988894691
17,75 %	3.08393971048414	3.08393757096141
19,75 %	3.21278455069292	3.21278425158451
21,75 %	3.35323596142019	3.35323596142019

Tabel 4: Hasil Metode Secant

Toleransi / Bunga	Hasil (dalam tahun)	
	1e – 4	1e – 8
13,75 %	2.85482737180117	2.85482735335768
15,75 %	2.96505988896380	2.96505988894691
17,75 %	3.08393756946102	3.08393757096141
19,75 %	3.21278425157861	3.21278425158451
21,75 %	3.35323596104337	3.35323596142019

Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4 dapat diamati bahwa pada toleransi 1e – 8 hasilnya sama antara metode Newton Raphson dan metode Secant. Sedangkan pada toleransi 1e – 4 hasil antara metode Newton Raphson dan metode Secant ada perbedaan. Tapi hal ini belum cukup untuk menarik kesimpulan bahwa metode Newton Raphson lebih efektif dibanding metode Secant masih diperlukan pengamatan terhadap data-data lain, yakni jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu.

Hasil yang diperoleh dari eksekusi kedua program yang terdapat dalam tabel 3 dan tabel 4 merupakan titik dimana kedua warnet bernilai sepadan. Untuk bunga 13,75% kedua warnet mengalami nilai sepadan pada 2,8548 tahun, dengan memasukkan n = 2,8548 ke dalam persamaan 4.1 maupun persamaan 4.2 menghasilkan $f(n)$ = - 3.829.513 sehingga pada titik impas kedua warnet menelan biaya kira-kira Rp. 3.829.513. Diluar titik ini, dengan memasukkan n = 1,3,4 pada persamaan 4.1 menghasilkan – 18.093.750, - 3.522.351, dan – 2.192.134 per tahun. Sedangkan pada persamaan 4.2 menghasilkan – 55.312.500, - 2.512.309, dan 388.905 per tahun. Jadi walaupun warnet B lebih menelan biaya berdasarkan suatu jangka pendek, namun kepemilikannya cukup lama. Warnet B juga tidak hanya lebih efektif dalam pembiayaan, tetapi juga akan mendatangkan keuntungan lebih dari pada warnet A.

Demikian juga untuk bunga 21, 75 % kedua warnet mengalami nilai sepadan pada 3,3532 tahun, dengan memasukkan n = 3,3532 ke dalam persamaan 4.13 maupun persamaan 4.14 menghasilkan f(n) = -4.144.831 sehingga pada titik impas kedua warnet menelan biaya kira-kira Rp. 4.144.831. Diluar titik ini, dengan memasukkan n = 1,3,4 pada persamaan 4.13 menghasilkan – 19.893.750, - 4.779.700, dan – 3.366.295 per tahun. Sedangkan pada persamaan 4.14 menghasilkan – 61.312.500, - 6.909.947, dan 3.349.742 per tahun. Terlihat antara bunga 13,75 % dengan 21,75 % warnet B tetap lebih baik dari warnet A. Akan tetapi terjadi pula suatu perbedaan antara bunga 13,75% dengan bunga 21,75 % yakni titik impas yang terjadi pada bunga 13,75 % adalah 2,8548 tahun sedangkan bunga 21,75 % adalah 3, 3532 tahun. Dan keuntungan yang diperoleh lebih besar untuk bunga 13,75 %, sehingga semakin tinggi bunga keuntungan yang diperoleh semakin mengecil. Grafik titik impas masing-masing warnet dapat dilihat pada lampiran.

4.5 Tingkat Efektifitas Metode Newton Raphson dan Metode Secant

Tingkat Efektifitas metode Newton Raphson dan Metode Secant terhadap penyelesaian persamaan titik impas ditunjukkan oleh hasil eksekusi program kedua metode yaitu jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konvergen. Melengkapi tingkat efektifitas metode Newton Raphson dan metode Secant dalam programnya dilengkapi pula dengan grafik konvergensi. Data tentang jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), waktu (dalam detik) disajikan pada tabel 5 dan tabel 6. Secara umum ditinjau dari setiap bunga yang sama dan toleransi sama, jumlah iterasi, flops, dan waktu sebanding artinya untuk iterasi yang lebih sedikit, jumlah flops juga sedikit, dan waktu yang dibutuhkan pendek. Sebaliknya untuk iterasi yang lebih banyak, jumlah flops juga banyak dan waktu yang dibutuhkan semakin panjang.

Tabel 5 : Hasil Eksekusi Program Metode Newton Raphson

Toleransi / Bunga	1e – 4			1e – 8		
	Iterasi	Flops	Waktu (detik)	Iterasi	Flops	Waktu (detik)
13,75 %	3	120	3.74	4	160	4.23
15,75 %	3	120	3.63	4	160	4.40
17,75 %	4	164	4.44	4	164	4.34
19,75 %	3	120	3.79	4	160	4.41
21,75 %	4	160	4.45	5	200	4.67

Tabel 6 : Hasil Eksekusi Program Metode Secant

Toleransi / Bunga	1e – 4			1e – 8		
	Iterasi	Flops	Waktu (detik)	Iterasi	Flops	Waktu (detik)
13,75 %	4	160	4.94	6	240	5.72
15,75 %	4	160	4.83	5	200	5.23
17,75 %	5	200	5.21	6	240	5.75
19,75 %	5	200	5.30	6	240	5.77
21,75 %	5	200	5.30	6	240	5.77

Berdasarkan hasil eksekusi yang terdapat pada tabel 5 dan tabel 6 pada toleransi ε = 1e–4 terlihat antara metode Newton Raphson dan metode Secant terjadi perbedaan. Rata-rata jumlah iterasi, flops, dan waktu yang diperlukan untuk konvergen pada metode Newton Raphson adalah masing-masing 3 iterasi, 137 flops, dan 4,01 detik sedangkan pada metode Secant masing-masing adalah 5 iterasi, 184 flops, dan 5,12 detik. Perbedaan itu diantaranya terjadi pada jumlah iterasi, flops, dan waktu yang dalam hal ini metode Secant lebih banyak 2 iterasi, 47 flops, dan 1,27 detik. Sehingga terlihat metode Newton Raphson lebih unggul daripada metode Secant.

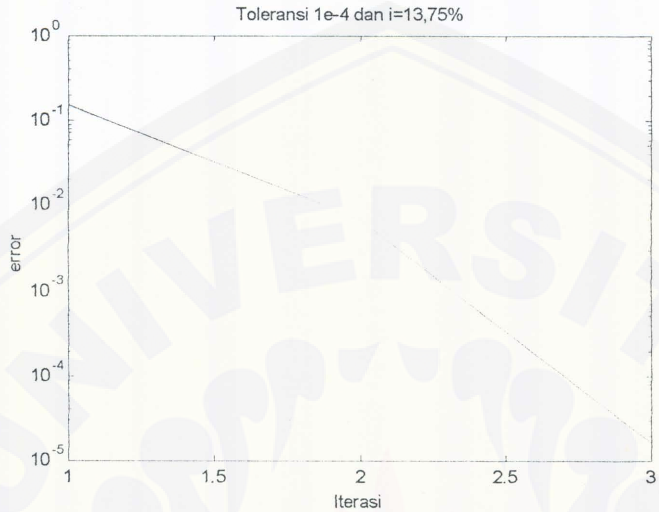
Selanjutnya untuk menjamin nilai titik impas yang lebih akurat nilai toleransi perlu diperkecil ke level $\varepsilon = 1e{-}8$. Dalam teknik numeris toleransi seperti ini sudah cukup menggambarkan akurasi yang lebih baik karena kesalahan yang terjadi diperkirakan hanya 0,00000001. Pada toleransi ini kenyataan tabel menggambarkan juga bahwa metode Newton Raphson mengungguli metode Secant disemua indikator, baik jumlah iterasi, flops, dan waktu yang diperlukan untuk konvergen. Bila dihitung rata-rata tiga jenis indikator itu maka untuk metode Newton Raphson masing-masing adalah 4 iterasi, 169 flops, dan 4,41 detik. Sedangkan metode Secant adalah 6 iterasi, 232 flops, dan 5,65 detik.

Terlihat yang terjadi pada metode Newton Raphson, baik pada toleransi $\varepsilon=1e - 4$ maupun $\varepsilon = 1e - 8$ ditinjau dari jumlah iterasi, flops, dan waktu memang lebih unggul dari metode Secant. Disini terlihat jelas perbedaannya antara metode Newton Raphson dan metode Secant, seperti yang telah dijelaskan diatas. Untuk lebih mempertegas kesimpulan pengamatan ini dapat dilihat dalam grafik konvergensi kedua metode.

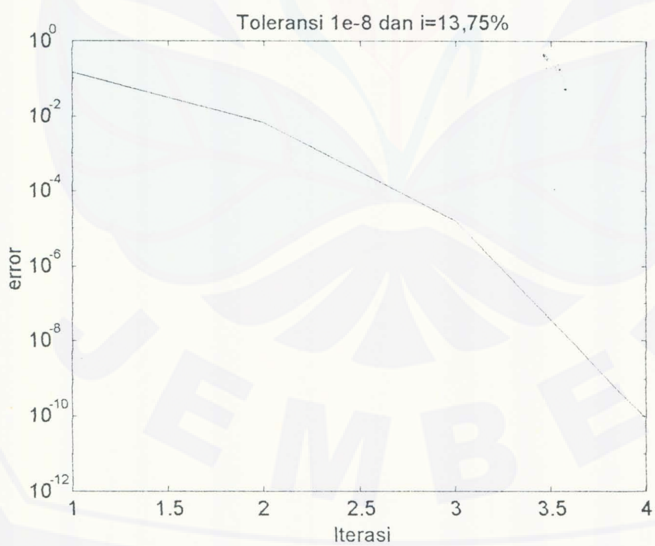
Grafik konvergensi menggambarkan kondisi pada masing-masing iterasi. Dengan mengamati grafik ini dapat dilihat dengan jelas bagaimana kecepatan suatu metode itu konvergen pada toleransi yang telah ditetapkan. Untuk kepentingan ini dipilih nilai bunga 13,75% dan 21,75% karena dianggap niliai ini merupakan nilai bunga terendah dan tertinggi yang dipakai.

Adapun grafik-grafik tersebut adalah:

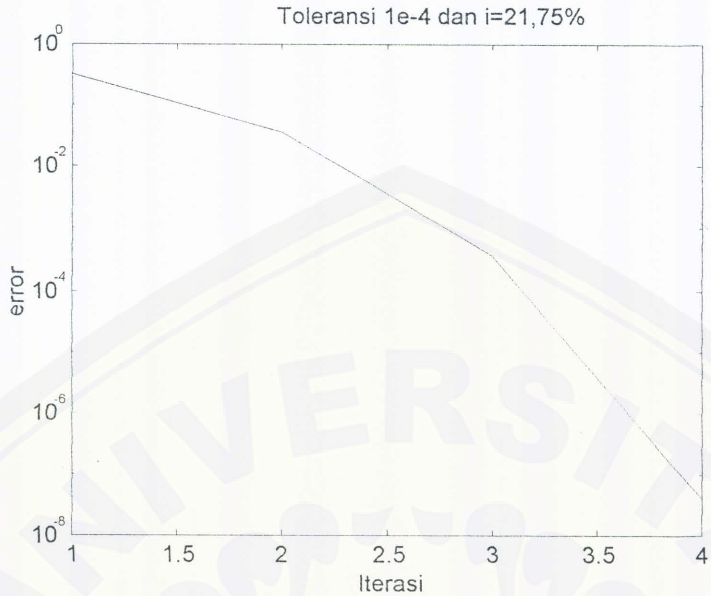
- Grafik Metode Newton Raphson



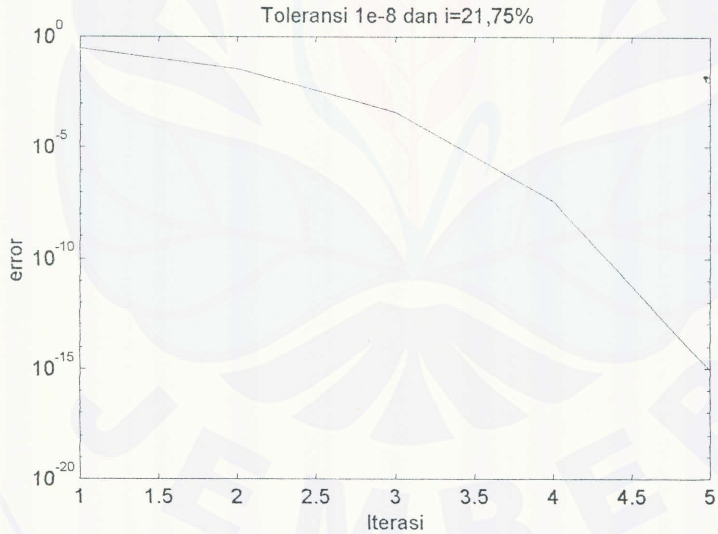
Grafik 3. Grafik metode Newton Raphson i = 13,75% dan toleransi 1e-4



Grafik 4. Grafik metode Newton Raphson i = 13,75% dan toleransi 1e-8

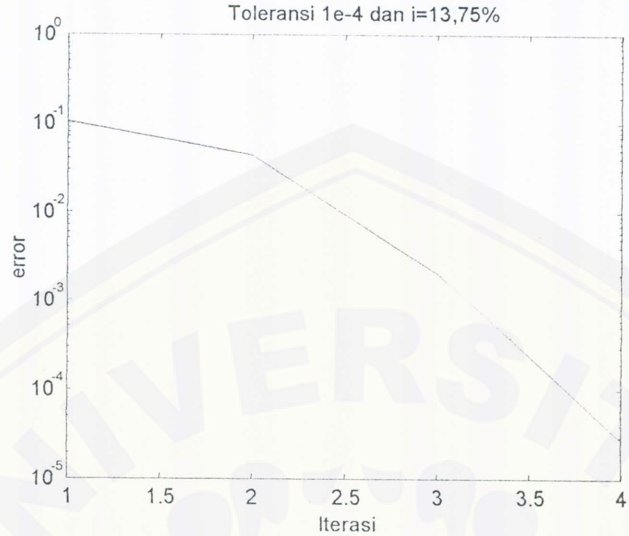


Grafik 5. Grafik metode Newton Raphson i = 21,75% dan toleransi 1e-4

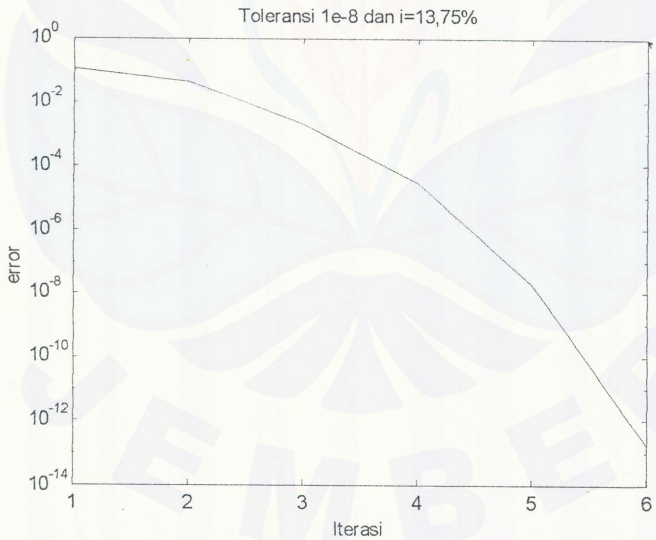


Grafik 6. Grafik metode Newton Raphson i = 21,75% dan toleransi 1e-8

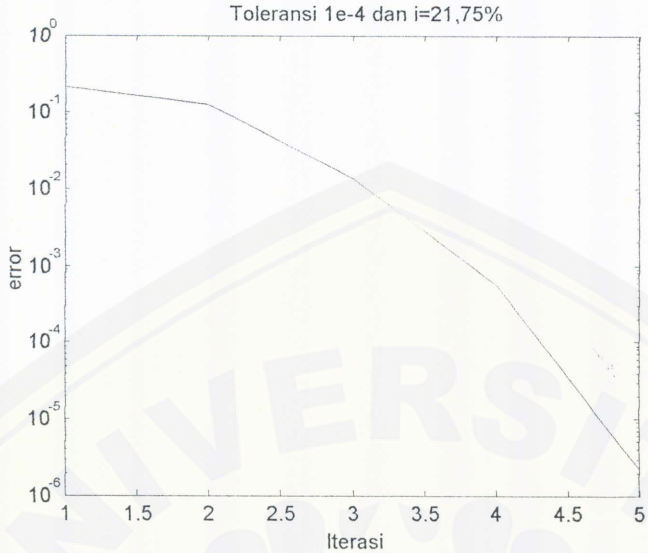
- Grafik Metode Secant



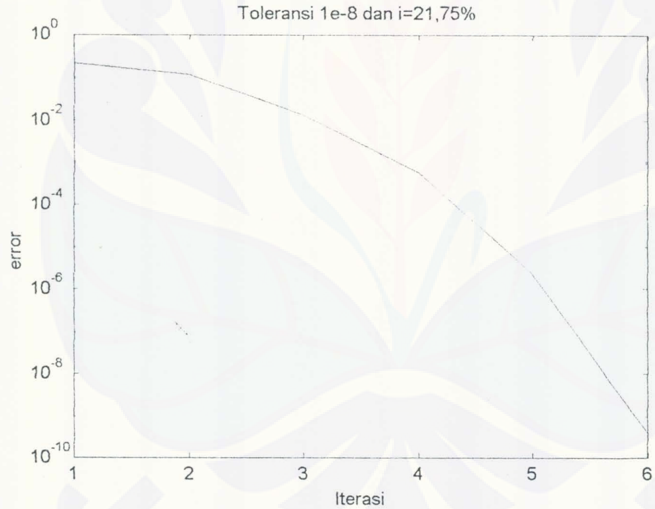
Grafik 7. Grafik metode Secant i = 13,75% dan toleransi 1e-4



Grafik 8. Grafik metode Secant i = 13,75% dan toleransi 1e-8



Grafik 9. Grafik metode Secant i = 21,75% dan toleransi 1e-4



Grafik 10. Grafik metode Secant i = 21,75% dan toleransi 1e-8

Pada grafik terlihat jelas bahwa grafik konvergensi metode Newton Raphson dengan tegas menunjukkan kurva yang menukik dengan cepat mulai dari awal iterasi sampai akhir iterasi dan jelas lebih cepat konvergen dibandingkan metode Secant. Grafik ini juga menunjukkan bahwa mulai dari iterasi awal sampai iterasi akhir metode Newton Raphson mengunggulinya, sehingga terlihat jelas bahwa metode Newton Raphson lebih baik dari metode Secant.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Penurunan fungsi titik impas untuk masing-masing suku bunga dapat dilakukan secara analitik.
2. Pola algoritma metode Newton Raphson dan metode Secant terdapat pada sub bab 4.2.
3. Format listing program metode Newton Raphson dan metode Secant dalam bahasa Matlab ditunjukkan pada sub bab 4.3.
4. Metode Newton Raphson lebih efektif dari metode Secant karena berdasarkan jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu yang dibutuhkan untuk konvergen metode Newton Raphson lebih unggul dari metode Secant.

5.2 Saran-saran

Ada beberapa saran yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Penggunaan metode Newton Raphson merupakan alternatif yang baik untuk menentukan titik impas dari suatu usaha yang mengharapkan keuntungan besar ditinjau dari jumlah iterasi, jumlah operasi (flops), dan waktu.
2. Penggunaan metode Newton Raphson mempermudah usahawan dalam bisnis jasa komputer untuk memilih *sparepart* yang memberikan keuntungan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Atkinson, K. 1985. *ElementaryNumerical Analysis*, John Willey and Sons.

Chapra, S.C dan R.P. Canale. 1994. *Metode Numerik*, Terjemahan I Nyoman Susila dari Numerical Methods for Engineers (1988), Jakarta: Erlangga.

Conte,S.D dan C.D. Boor. 1993. *Dasar-dasar Analisis Numerik*, Terjemahan Mursaid dari Elementary Numerical Analysis (1990), Jakarta: Erlangga.

Dafik. 1999a. *Efektifitas Aturan Simpson untuk Menghitung Nilai Integral Fungsi Distribusi Normal Standard*, Jember: Universitas Jember.

-------. 1999b. *Matlab dalam Matematika*, Jember: Universitas Jember.

Gerald, C. F. dan P.O. Wheatley. 1984. *Applied Numerical Analysis*, California: Addison-Wesley Publishing Company.

Hadi,S. 1986. *Metodologi Research*, Yogyakarta: Andi offset.

Hidayati, N. 1986. *Metodologi Penelitian*, Malang: Universitas Budi Utomo.

Nasir, M. 1988. *Metode Penelitian*, Jakarta: Ghalia Indonesia.

Sardy,S. 1991. *Metode Numerik untuk Tekhnik*, Jakarta: Universitas Indonesia.

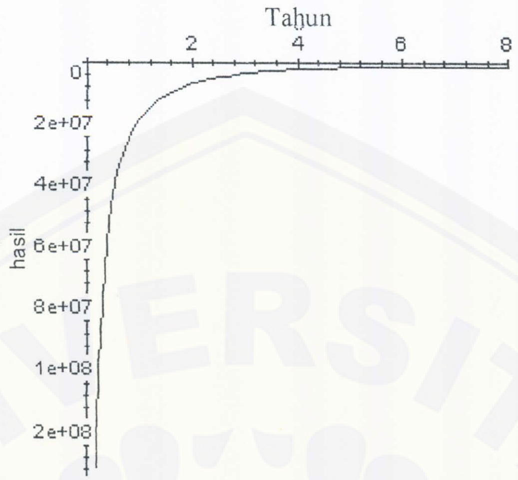
Lampiran 1

MATRIK PENELITIAN

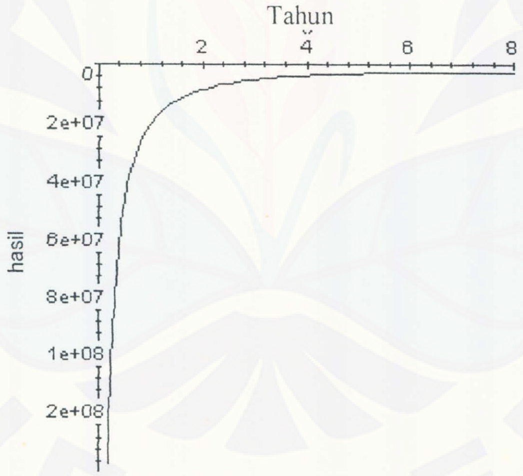
JUDUL	PERMASALAHAN	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Efektifitas metode Newton Raphson. dan metode Secant untuk menyelesaikan Titik Impas.	• Bagaimana menentukan fungsi titik impas untuk variasi suku bunga yang berlainan? • Bagaimanakah pola algoritma dari metode Newton Raphson, dan metode Secant ? • Bagaimanakah format listing program metode Newton Raphson, dan metode Secant dalam bahasa Matlab ? • Bagaimanakah efektifitas metode Newton Raphson, dan metode Secant?	• Solusi persamaan titik impas dengan metode Newton raphson • Solusi persamaan titik impas dengan metode Secant	• Jumlah iterasi • Jumlah Flops • Waktu	• Kepustakaan • Hasil perhitungan secara numerik dengan menggunakan metode Newton Raphson dan metode Secant	• Metode pengumpulan data: metode eksperimen • Analisa data: membandingkan hasil dari ke-2 metode

Lampiran 2

WARNET A



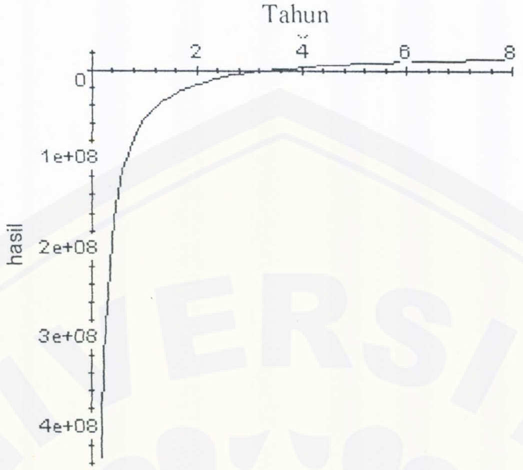
Grafik Warnet A dengan i = 13,75%



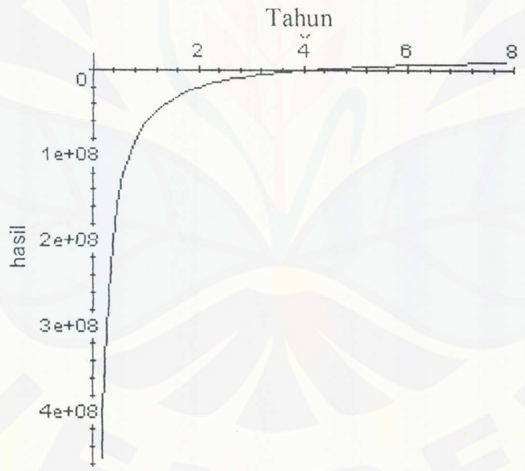
Grafik Warnet A dengan i = 21,75%

Lampiran 3

WARNET B



Grafik Warnet B dengan i = 13,75%



Grafik Warnet B dengan i = 21,75%

Lampiran 4

RINCIAN DANA BISNIS JASA WARNET

Warnet A

1. Biaya Pengeluaran:
   a. Sewa Gedung : Rp. 1.500.000
   b. Hardware dan Instalasi
      - komputer : Rp. 19.000.000
      - peralatan : Rp. 2.000.000
2. Biaya Pemeliharaan per tahun : Rp. 1.500.000
3. Keuntungan per tahun : Rp. 7.500.000

Warnet B

1. Biaya Pengeluaran:
   a. Sewa Gedung : Rp. 2.500.000
   b. Hardware dan Instalasi
      - komputer : Rp. 67.500.000
      - peralatan : Rp. 5.000.000
2. Biaya Pemeliharaan per tahun : Rp. 375.000
3. Keuntungan per tahun : Rp. 30.000.000

...EMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

N a m a : Ratih Hermiyati
NIM/Angkatan : 9302101031
...urusan/Program Studi : P. MIPA/ P. Matemati...
...dul Skripsi : Efektifitas ...
Metode ...

...ggal	Materi Konsultasi	T.T. Pembimbing
8 - 1999	MATRIK	
8 - 1999	BAB I	
8 - 1999	BAB II	
... - 1999	BAB III	
... 1999	REVISI BAB I, II, III	
... 2000	BAB IV, V	

...s dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
...dibawa sewaktu Seminar Proposal Skripsi dan Ujian Skripsi