

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab 2 berisi tinjauan pustaka untuk menjelaskan penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan menunjukkan celah kosong (*gap*) dari penelitian tersebut. Pada bab ini juga membahas dasar teori yang akan digunakan untuk mengidentifikasi informasi dari topik-topik yang berkaitan dengan penelitian.

2.1. Tinjauan Pustaka

Economic manufactur quantity (EMQ) merupakan model yang umum digunakan di sektor manufaktur dalam menentukan ukuran lot yang optimum dan waktu antara inisiasi produksi yang berjalan yang meminimalkan biaya rata-rata persediaan produksi dalam jangka panjang per satuan waktu. Model EMQ mengasumsikan bahwa fungsi proses manufaktur sempurna setiap saat, namun, dalam kebanyakan situasi, adanya barang cacat tidak bisa dihindari (Lin *et al.*, 2008). Barang cacat tersebut nantinya harus ditolak, diperbaiki ulang, atau jika mereka telah mencapai pelanggan maka harus dikembalikan dan akibatnya biaya yang besar pun timbul sehingga lebih tepat untuk mengambil biaya kualitas yang mempertimbangkan penentuan kebijakan pemesanan optimal (Rezaei, 2008).

Goyal *et al.* (2003) mengembangkan pendekatan sederhana untuk menentukan kebijakan persediaan vendor-pembeli terpadu yang optimal untuk barang dengan kualitas sempurna. Porteus (1986) dan Rosenblatt dan Lee (1986) merupakan peneliti pertama yang secara eksplisit menguraikan hubungan yang signifikan antara adanya ketidak sempurnaan kualitas produk dan ukuran lot. Porteus menjelaskan bahwa sistem yang dijalankan pada proses produksi berada pada status *in-control* akan tetapi pasti akan ada probabilitas sistem *out of control* yang menyebabkan unit barang yang diproduksi cacat sehingga kemudian dibuat model untuk menentukan investasi yang optimal dalam kaitannya untuk mengurangi probabilitas dari proses *out of control*. Rosenblatt dan Lee berasumsi bahwa waktu antara awal dari proses produksi sampai proses *out of control* terdistribusi eksponensial dengan variable keputusan yang dicari dengan pendekatan numerik dan bahwa item rusak dapat dikerjakan ulang seketika

dengan biaya. Pada penelitiannya dihasilkan bahwa adanya produk cacat mendorong semakin kecilnya ukuran lot yang dibutuhkan.

Produksi yang terdeteriorasi merupakan proses yang melekat di sebagian besar industri manufaktur, karena sistem produksi biasanya memburuk terus menerus karena penggunaan atau usia faktor, seperti korosi, kelelahan dan pemakaian kumulatif (Wang, 2003). Dalam *paper*-nya, Wang meneliti hubungan antara produksi dengan persediaan untuk sistem produksi yang terdeteriorasi dengan asumsi bahwa produk dapat diperbaiki dan dijual dengan *Free-Repair Warranty* (FRW).

Dalam suatu perusahaan, penentuan harga jual dan ukuran lot merupakan suatu hal yang saling terkait dalam memaksimalkan total aliran keuntungan dalam perencanaan multi periode (Chen dan Chen, 2005). Dari produk yang dijual tersebut dimungkinkan akan ada produk yang termasuk *non-conforming item* yang ikut terjual sehingga perusahaan memberikan pelayanan berupa garansi ke konsumen. *Non-conforming item* adalah produk yang memiliki paling tidak satu *non-conformity*. *Non-conformity* merupakan *departure* dari karakteristik kualitas dari level dimaksudkan dengan keparahan yang cukup untuk menyebabkan produk tidak memenuhi spesifikasi.

Pengendalian kualitas adalah penggunaan teknik dan kegiatan untuk mencapai, mempertahankan, dan meningkatkan kualitas produk atau jasa. Hal ini melibatkan integrasi dari teknik dan kegiatan terkait yaitu (Besterfield, 2001) spesifikasi yang diinginkan, desain dari produk atau jasa untuk memenuhi spesifikasi, produksi atau instalasi untuk dapat memenuhi tujuan spesifikasi secara penuh, pemeriksaan (inspeksi) untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi, dan mengkaji penggunaannya untuk memberikan informasi untuk merevisi spesifikasi jika diperlukan.

Banerjee (1986) mengembangkan model penentuan harga dari perspektif pemasok yang memproduksi dan memasok produk untuk satu pelanggan yang berbasis *lot-for-lot* dengan asumsi bahwa kebiasaan pelanggan melakukan pemesanan dengan mengikuti kebijakan pembelian ekonomi (EOQ), tujuan dari pemasok adalah untuk menentukan harga jual produk, sehingga tujuan laba kotor yang ditetapkan tercapai. Kemudian Banerjee (2005) juga melakukan pengembangan model yang secara simultan untuk menentukan kebijakan persediaan dan harga dari pemasok, yang memproduksi dan memasok produk

ke pembeli, atas dasar perjanjian kontrak, melakukan pengiriman dalam jumlah tertentu secara periodik. Pada penelitian tersebut Banerjee (2005) mengubah asumsi yaitu pengukuran ukuran lot produksi merupakan perkalian bilangan integer dengan besarnya ukuran lot pengiriman sehingga model ini lebih mudah diimplementasikan.

Sarmah *et al.* (2006) menyatakan bahwa adanya koordinasi antara pihak pembeli dan pemasok adalah cara penting untuk meningkatkan keuntungan kompetitif dengan menurunkan biaya *supply chain*. Konsep ukuran lot ekonomis gabungan (JELS) telah diperkenalkan untuk memperbaiki metode tradisional sebagai pengendalian persediaan independen untuk menemukan kebijakan persediaan dan produksi gabungan yang lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan kebijakan yang dihasilkan dari pengambilan keputusan yang independen (Sajadieh *et al.*, 2010). Adanya koordinasi antar pihak pembeli dan pemasok memberikan potensi untuk sinkronisasi rantai pasok terhadap permintaan konsumen, sehingga sangat potensial untuk menentukan kuantitas dan frekuensi pengiriman dengan ukuran biaya gabungan (Bintoro, 2010).

Pada Banerjee (1986) telah dilakukan penelitian model penentuan harga jual dari perspektif pemasok yang memproduksi dan memasok produk untuk pembeli tunggal dengan kebijakan *lot-for-lot*. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk memperoleh harga jual sehingga dapat mencapai target keuntungan. Kemudian pada penelitian lanjutannya, Banerjee (2005) mengembangkan penelitian sebelumnya yaitu menentukan harga jual dan ukuran lot yang sesuai sehingga mampu mencapai keuntungan per unit yang telah ditargetkan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Banerjee (2005) pernah dikembangkan oleh Prasetyo dan Fauza (2011) dengan memberikan biaya perbaikan dan restorasi. Akan tetapi pada penelitian tersebut belum memperhitungkan ukuran lot produksi dengan biaya perbaikan dan restorasi dan membandingkan kebijakan ukuran lot EOQ, EPQ, maupun ukuran lot gabungan. Di sinilah penulis menemukan *gap* dari penelitian-penelitian yang ada. Penelitian kali ini dilakukan dengan mengembangkan model matematis Banerjee (1986) dengan memperhitungkan biaya perbaikan dan restorasi yang dilakukan terhadap produk sebelum pengiriman dilakukan. Model yang dibuat nantinya diharapkan dapat menolong perusahaan dalam mengambil keputusan dalam menentukan harga jual produk.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Persediaan

Dalam suatu perusahaan, persediaan memegang peranan yang penting. Berikut ini merupakan alasan pentingnya persediaan (Muller, 2003):

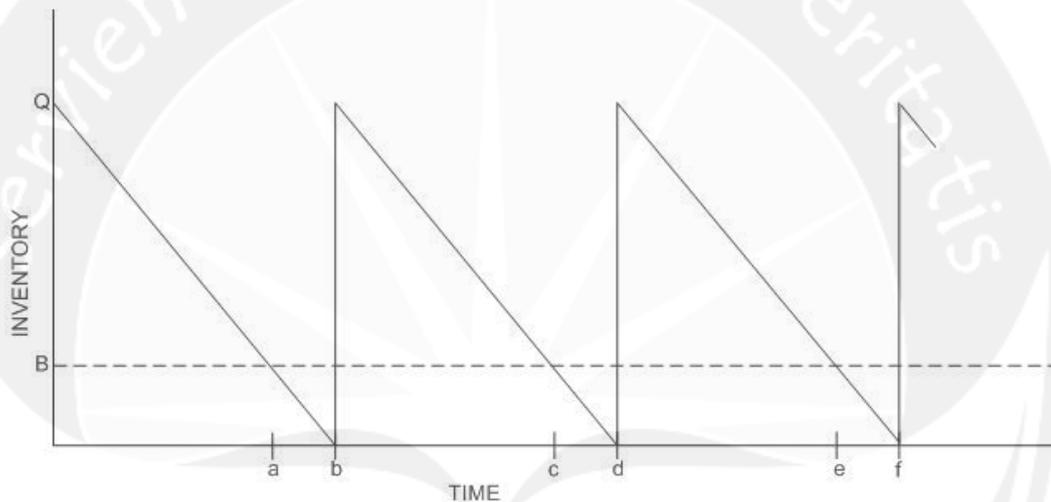
- a. Prediktabilitas: Dalam rangka untuk melibatkan perencanaan kapasitas dan penjadwalan produksi, perusahaan perlu mengontrol sejumlah tertentu bahan baku, suku cadang, dan subperakitan yang akan diproses pada waktu tertentu.
- b. Fluktuasi permintaan: pasokan persediaan yang disimpan adalah proteksi: Perusahaan tidak selalu tahu berapa banyak produk yang mungkin diperlukan pada waktu tertentu, tetapi juga masih harus dapat memuaskan pelanggan atau permintaan produksi tepat waktu. Jika perusahaan dapat melihat bagaimana pelanggan bertindak dalam rantai pasokan, kejutan dalam fluktuasi permintaan dapat diminimumkan.
- c. Pasokan yang tidak dapat diandalkan: persediaan melindungi perusahaan dari pemasok yang tidak dapat diandalkan atau ketika item langka dan sulit untuk menjamin pasokan. Bila mungkin pemasok tidak dapat diandalkan harus direhabilitasi melalui diskusi atau mereka harus diganti. Rehabilitasi dapat dicapai melalui pesanan pembelian utama dengan rilis produk berjangka, harga atau istilah hukuman bagi kinerja yang tidak bagus, komunikasi verbal dan elektronik yang lebih baik antar pihak.
- d. Perlindungan harga: membeli sejumlah persediaan pada waktu yang tepat membantu menghindari dampak inflasi biaya. Banyak pemasok lebih memilih untuk memberikan pasokan secara berkala daripada kapal pasokan satu tahun penuh terhadap *stock keeping unit* (SKU) tertentu pada satu waktu.
- e. Kuantitas diskon: sering kali diskon yang besar diberikan jika perusahaan membeli dalam jumlah besar daripada dalam jumlah kecil.
- f. Menurunkan biaya pemesanan: jika perusahaan membeli dalam jumlah yang lebih besar untuk item yang jarang digunakan, biaya pemesanan akan lebih kecil dari pembelian dengan kuantitas kecil dengan frekuensi yang lebih tinggi

2.2.2. Ukuran Pemesanan Ekonomis

Ukuran pemesanan yang meminimasi total biaya persediaan dikenal sebagai ukuran pemesanan ekonomis/*economic order quantity* (EOQ). Berdasarkan

Tersine (1994), model persediaan klasik mengasumsikan situasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Setelah menerima pesanan, tingkat persediaan adalah Q unit. Unit yang ditarik dari persediaan pada tingkat permintaan konstan, yang diwakili oleh garis miring negatif. Bila persediaan mencapai *reorder point* B , pesanan baru ditempatkan Q unit. Setelah periode waktu yang tetap, sejumlah lot pesanan diterima sekaligus dan ditempatkan dalam persediaan. Garis vertikal menunjukkan lot penerimaan dalam persediaan. Lot baru diterima ketika tingkat persediaan mencapai nol, sehingga persediaan rata-rata $(Q+0)/2$, atau $Q/2$. Adapun pada waktu, $ac = ce$ yang merupakan interval antar pemesanan dan $ab = cd = ef$ adalah *lead time*.



Gambar 2.1. Model Persediaan Klasik (Tersine, 1994)

Jika tidak diijinkan terdapat *stockout* maka total biaya persediaan per periode ditunjukkan dengan persamaan di bawah ini:

Total Annual Cost = purchase cost + order cost + holding cost

$$TC(Q) = P \cdot R + \frac{C \cdot R}{Q} + \frac{H \cdot Q}{2} \quad (2.1)$$

Biaya pembelian adalah biaya pembelian per unit (P) dikalikan dengan jumlah permintaan tahunan (R). Biaya pemesanan tahunan diperoleh dari perkalian antara biaya pemesanan untuk sekali pesan (C) dengan jumlah pemesanan per periode (R/Q). Sedangkan *holding cost* tahunan adalah *holding cost* per unit per periode (H) dikali dengan rata-rata *inventory* ($Q/2$). Penjumlahan dari ketiga biaya (pembelian, pemesanan, dan *holding cost*) adalah total biaya persediaan per periode untuk setiap unit yang dibeli.

Tersine (1994) juga menjabarkan langkah untuk menemukan biaya ukuran lot yang minimum (EOQ) dengan mencari turunan total biaya tahunan terhadap ukuran lot (Q) dan menge-set persamaan tersebut sama dengan nol.

$$\frac{dT C(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{C.R}{Q^2} = 0 \quad (2.2)$$

Dengan menyelesaikan persamaan terhadap Q , diperoleh persamaan EOQ

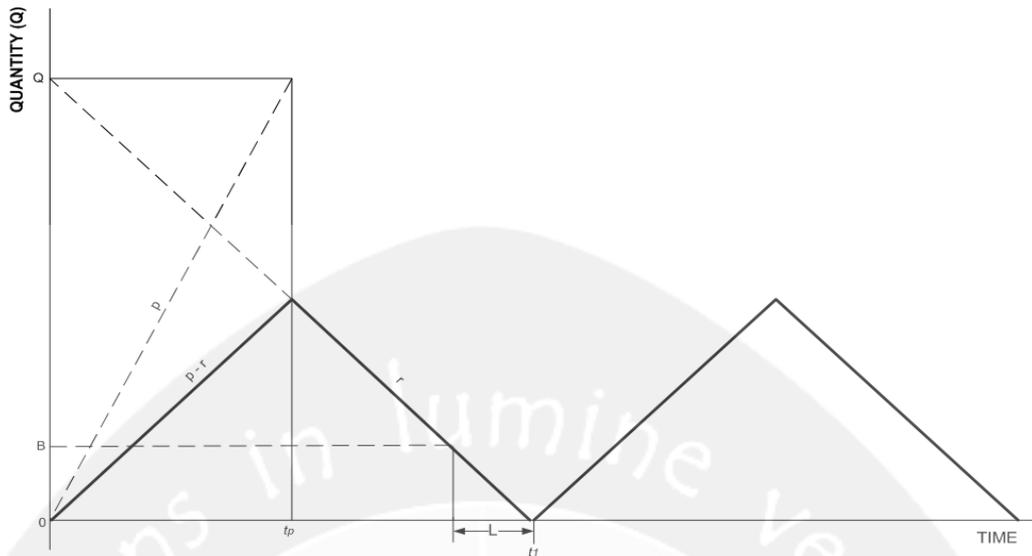
$$Q^* = \sqrt{\frac{2.C.R}{H}} = \sqrt{\frac{2.C.R}{P.F}} \quad (2.3)$$

Tersine (1994) menyatakan bahwa hasil EOQ dalam bentuk produk dengan harga per unit yang tinggi sering kali dipesan dalam kuantitas yang rendah (penghematan investasi persediaan dibayarkan untuk pemesanan ekstra), sebuah produk dengan harga per unit yang rendah dipesan dalam kuantitas yang besar (investasi persediaan kecil dan biaya pesanana yang berulang dapat dihindari). Jika biaya pemesanan adalah nol, pemesanan akan dilakukan untuk memenuhi setiap permintaan terjadi, dengan hasil tidak ada *holding cost*. Jika *holding cost* H sama dengan nol, pesanan (hanya 1 item) dilakukan dengan jumlah yang akan memenuhi permintaan seumur hidup untuk setiap itemnya.

2.2.3. Economic Production Quantity (EPQ)

Economic production quantity adalah sejumlah kuantitas produk yang harus diproduksi atau pun dipesan dalam ukuran lot tunggal untuk dapat meminimumkan total biaya yang mencakup biaya *setup* dan *inventory holding cost*. EPQ merupakan pengembangan model persediaan dengan mempertimbangkan adanya laju produksi atau laju kedatangan barang secara *uniform* atau seragam yang biasanya terjadi di dalam sistem manufaktur di mana hasil produksi suatu stasiun kerja akan menjadi masukkan bagi stasiun kerja yang lain (Bahagia, 2003).

Berdasarkan Tersine (1994), seringkali produk diproduksi dan ditempatkan pada persediaan secara bertahap. *Production run* yang meminimasi biaya persediaan total adalah *economic production quantity* (EPQ). Gambar 2.2 menggambarkan siklus di mana produksi dimulai pada waktu nol dan berakhir pada waktu t_p . Pada durasi waktu periode dari t_p ke t_1 , tidak ada produksi terjadi dan stok persediaan habis. Pada waktu t_1 , proses produksi baru dimulai.



Gambar 2.2. Kuantitas Pemesanan Produksi (Tersine, 1994)

Jika tidak ada permintaan dari nol ke t_p , persediaan akan naik ke laju p . Sejak terdapat permintaan dengan laju r , persediaan akan naik pada $p - r$, di mana p lebih besar dari r . Selama produksi muncul, level persediaan akan berlanjut naik. Level persediaan akan pada titik maksimum di mana produksi berhenti. Level persediaan maksimum adalah $(p - r).t_p$, dan $t_p = Q/p$. Ketika level stock berada di antara minimum pada nol dan maksimum pada $Q.(p - r)/p$, persediaan rata-rata hanya satu setengah persediaan maksimum. Faktor $(p - r)/p$ mewakili sebagian kecil dari ukuran lot yang tersisa pada akhir periode produksi. Faktor r/p mewakili sebagian kecil dari ukuran lot yang tersisa dari stock selama periode produksi. Jika tidak diijinkan adanya *stockout*, persediaan *annual* total adalah (Tersine, 1994):

Total *annual inventory* = biaya produksi + biaya setup + *holding cost*

$$TC(Q) = P.R + \frac{C.R}{Q} + \frac{H.Q.(p-r)}{2.p} \quad (2.4)$$

Di mana:

D = permintaan *annual* dalam unit

P = biaya produksi per produk

Q = kuantitas pemesanan produksi

p = laju produksi

r = laju permintaan

C = biaya setup per produksi

H = *holding cost* per unit per tahun

Untuk memperoleh biaya minimum EPQ, cari turunan pertama dari total biaya *annual* terhadap Q dan set sama dengan nol.

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H.(p-r)}{2.p} - \frac{C.R}{Q^2} = 0 \quad (2.5)$$

Dengan menyelesaikan persamaan terhadap Q, diperoleh persamaan EPQ

$$Q^* = \sqrt{\frac{2.C.R.p}{H.(p-r)}} \quad (2.6)$$

2.2.4. Joint Economic Lot Size (JELS)

Salah satu keuntungan dari penerapan ukuran lot ekonomis model gabungan (JELS) adalah mampu menghasilkan biaya total persediaan yang relevan yang lebih rendah untuk sistem sehingga keuntungan bersih dapat digunakan bersama oleh kedua belah pihak (Lee, 2005). *Joint economic lot size* (JELS) adalah alat manajemen rantai pasokan yang menciptakan tren baru dalam membangun kemitraan antara dua atau lebih pihak terkait yang memungkinkan adanya pemanfaatan informasi dan menciptakan situasi *win-win* di antara para pihak. JELS diperkenalkan untuk memperbaiki EOQ klasik dengan ide dasar dari konsep tersebut adalah untuk memperhitungkan kolaborasi dari dua pihak untuk menentukan ukuran lot yang ekonomis yang lebih menguntungkan dan dengan demikian, terjauh dari proses permusuhan tawar-menawar (Siajiadi *et al.*, 2006).

Dalam kaitannya dengan JELS atau yang dikenal dengan ukuran lot gabungan, Bintoro (2010), pengiriman dalam ukuran lot kecil dan melibatkan koordinasi antara komponen antara komponen dalam rantai pasok akan meningkatkan produktivitas sistem, antara lain adanya penurunan tingkat persediaan dan scrap, penurunan biaya pemeriksaan, dan terdeteksinya cacat lebih awal. Tetapi, di lain pihak juga dapat berakibat naiknya biaya pengiriman (peningkatan frekuensi) atau hilangnya kesempatan untuk mendapatkan potongan harga karena kualitas pembelian.

Dalam koordinasi antara pembeli dan pemasok, andaikan $TC_b(Q)$ dan $TC_s(Q)$ merupakan persamaan total pembeli dan pemasok per lot serta $TC(Q)$ merupakan persamaan total biaya gabungan per lot, maka persamaan total biaya gabungan per lot adalah:

$$\begin{bmatrix} \text{Persamaan} \\ \text{Total Ongkos} \\ \text{Gabungan} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Persamaan} \\ \text{Total Ongkos} \\ \text{Pembeli} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Persamaan} \\ \text{Total Ongkos} \\ \text{Pemasok} \end{bmatrix}$$

$$TC(Q) = TC_b(Q) + TC_s(Q) \quad (2.7)$$

Persamaan yang diperoleh merupakan persamaan dalam fungsi Q , di mana Q merupakan ukuran lot pengiriman atau ukuran lot produksi. Dari persamaan total biaya gabungan dapat digunakan untuk mencari ukuran lot optimal (Q^*). Q^* merupakan nilai Q yang meminimumkan persamaan total biaya gabungan yang dapat diperoleh dengan mencari akar persamaan dari turunan pertama persamaan $TC(Q)$ yang telah dibawa ke nol.

2.2.5. Deteriorasi

Sistem kerja memburuk terus menerus karena penggunaan atau usia, atau tiba-tiba gagal karena guncangan fatal (Mustofa *et al.*, 2004). Deteriorasi adalah proses di mana parameter penting dari sistem secara bertahap memburuk dan jika dibiarkan tanpa pengawasan, proses mengarah ke kegagalan kerusakan (Sim & Endrenyi, 1993). Ketika proses ditemukan pada kondisi *out-of-control*, restorasi dilakukan dengan menimbulkan biaya tertentu (Chakraborty *et al.*, 2009). Restorasi yang dimaksud berarti perbaikan kecil atau penggantian komponen sehingga setelah dilakukan restorasi fasilitas produksi menjadi 'sama baiknya seperti baru' (kurang-lebih) (Chakraborty *et al.*, 2009).

2.2.6. Metode Newton-Raphson

Metode Newton-Raphson merupakan salah satu *metode bracketing* dalam pencarian akar persamaan. Metode ini merupakan metode pendekatan yang menggunakan satu titik awal dan mendekatinya dengan memperhatikan *slope* atau gradien pada titik tersebut (Santiyasa, 2011).

Jika perkiraan awal pada akar adalah x_i , garis singgung dapat diperpanjang dari titik $[x_i, f(x_i)]$. Titik di mana singgung ini memotong sumbu x biasanya menunjukkan perkiraan peningkatan akar. Dalam Chapra & Canale (2006), Metode Newton-Raphson dapat diturunkan dari basis dari interpretasi geometris. Pada Persamaan (2.7), turunan pertama pada x sama dengan kemiringan:

$$f'(x_i) = \frac{f(x_i) - 0}{x_i - x_{i+1}} \quad (2.8)$$

Di mana dapat disusun ulang untuk mendapatkan

$$x_{i+1} f'(x_i) = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \quad (2.9)$$

yang mana disebut sebagai *Newton-Raphson formula*.

Dalam metode numerik, algoritma yang dikembangkan adalah algoritma pendekatan, maka dalam algoritma tersebut akan muncul istilah iterasi yaitu pengulangan proses perhitungan untuk terus menerus diperoleh hasil yang

makin mendekati nilai penyelesaian eksak (Aditomo, 2012). Berikut ini algoritma dari metode Newton-Raphson (Chapra & Canale, 2006):

1. Definiskan fungsi $f(x)$ dan $f'(x)$
2. Tentukan toleransi error (e) dan iterasi maksimum (n)
3. Tentukan nilai pendekatan awal x_0
4. Hitung $f(x_0)$ dan $f'(x_0)$
5. Untuk iterasi $l = 1$ sampai dengan n atau

$$|f(x_i)| \geq e \quad x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \quad (2.9)$$

6. Hitung $f(x_i)$ dan $f'(x_i)$

Akar persamaan adalah nilai (x_i) yang terakhir diperoleh.