

STRATEGI PERBAIKAN - PENGGANTIAN  
BERDASARKAN UMUR PRODUK UNTUK GARANSI SATU DIMENSI

Dyah Ika Rinawati \*)

*Abstract*

*When the manufacturer selling products with warranties, it causes additional costs (called warranty costs) to service any claims under warranty. Reducing warranty costs is an issue of great interest to manufactures. The three ways to reduce warranty costs i.e. improving product reliability, use of preventive maintenance and warranty servicing strategy.*

*This research deals with a warranty servicing strategy for items sold with a one dimensional warranty where the period offered is relatively long. For instance, a computer warranted for three years. For repairable products sold with free repairable warranty (FRW), the manufacturer has the option of either repairing or replacing the failed item with a new one.*

*In the strategy studied, the decision of repairing or replacing the failed item under warranty is based on its age at failure. Under the strategy, for failures with age being greater than or equal to threshold parameter will be rectified by replacement and all other failures under warranty will be repaired. This strategy is characterized by a threshold parameter which minimizes the expected warranty cost. The optimal parameter is sought by using numerical computation. Some numerical examples are given for the purposes of illustration.*

*Keywords : One-dimensional warranty, warranty servicing strategy, repair-replace strategy*

**Pendahuluan**

Hampir semua produk yang dapat bertahan lama ( *durable product*), seperti produk elektronik dan otomotif dijual dengan garansi. Garansi didefinisikan sebagai perjanjian kontraktual yang diberikan oleh produsen kepada konsumen, yang menyatakan bahwa produk yang dijual akan berjalan sesuai fungsinya bila digunakan dalam kondisi normal selama masa garansi. Jika produk yang dijual mengalami kerusakan selama masa garansi maka produsen harus melakukan rektifikasi (Murthy dan Blischke, 2006). Garansi memiliki dua peranan penting yaitu (1) sebagai instrumen untuk melindungi konsumen dari membeli produk rusak dan melindungi produsen dari klaim konsumen yang tidak masuk akal, dan (2) sebagai alat yang efektif untuk mempromosikan produk.

Kebijakan garansi diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu *Free-Replacement Warranty* (FRW), *Pro-Rata Warranty* (PRW) dan kombinasi FRW dan PRW (Murthy dan Blischke, 2006). Jika produk dijual dengan kebijakan FRW maka produsen akan merektifikasi semua kerusakan yang terjadi dalam masa garansi tanpa membebankan ongkos kepada konsumen. Kebijakan ini tepat diterapkan untuk produk yang dapat diperbaiki (*repairable*) seperti produk elektronik dan otomotif.

Selanjutnya berdasarkan dimensi, kebijakan garansi dapat dikelompokkan menjadi garansi satu dimensi dan garansi dua dimensi. Garansi satu dimensi dikarakteristikkan oleh interval satu dimensi, misalnya umur produk. Sebagai contoh komputer diberi garansi selama 1 tahun. Sedangkan garansi dua dimensi dikarakteristikkan oleh daerah dua dimensi, dimana satu dimensi merepresentasikan umur produk dan dimensi lain merepresentasi peng-

gunaan produk. Sebagai contoh mobil diberi garansi 3 tahun atau 36.000 km, tergantung mana yang dicapai terlebih dahulu.

Penjualan produk dengan garansi berarti tambahan ongkos bagi produsen, karena harus memperbaiki produk rusak selama masa garansi. Besarnya ongkos garansi cukup signifikan, yaitu berkisar antara 2 sampai dengan 10% harga jual produk tergantung pada jenis produk dan produsennya ([www.warrantyweek.com/](http://www.warrantyweek.com/)). Oleh karena itu penting bagi produsen untuk melakukan penurunan ongkos garansi. Yun dkk. (2008) menyatakan bahwa ongkos garansi dapat dikurangi melalui tiga cara, yaitu dengan peningkatan keandalan produk, tindakan pemeliharaan dan pemilihan strategi layanan garansi.

Untuk merektifikasi produk yang dapat diperbaiki (*repairable*), produsen memiliki dua pilihan tindakan rektifikasi, yaitu perbaikan (*repair*) dan penggantian (*replace*). Tindakan perbaikan memberikan ongkos yang lebih kecil daripada penggantian, namun hanya mengembalikan produk pada kondisi sebelum rusak tanpa mengurangi laju kerusakan produk. Walaupun ongkos penggantian lebih besar dibanding ongkos perbaikan akan tetapi rektifikasi dengan penggantian memiliki probabilitas kerusakan yang lebih kecil selama sisa masa garansi (Jack dkk., 2009). Oleh karena itu produsen perlu memilih strategi layanan garansi yang tepat untuk meminimasi ongkos garansi.

Saat ini telah banyak penelitian yang membahas strategi layanan garansi. Nguyen dan Murthy (1986) mengembangkan model strategi layanan satu dimensi dengan membagi masa garansi menjadi dua sub-interval. Strategi layanan yang diusulkan adalah melakukan perbaikan untuk kerusakan yang terjadi pada sub-interval pertama dan melakukan penggan-

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknik Undip

tian untuk kerusakan pada sub-interval kedua. Jack dan Murthy (2001) melakukan studi terhadap strategi layanan dengan membagi masa garansi menjadi tiga sub-interval. Kerusakan yang terjadi pertama kali pada sub-interval kedua akan direktifikasi dengan penggantian sedangkan kerusakan lain yang terjadi pada masa garansi akan direktifikasi dengan perbaikan.

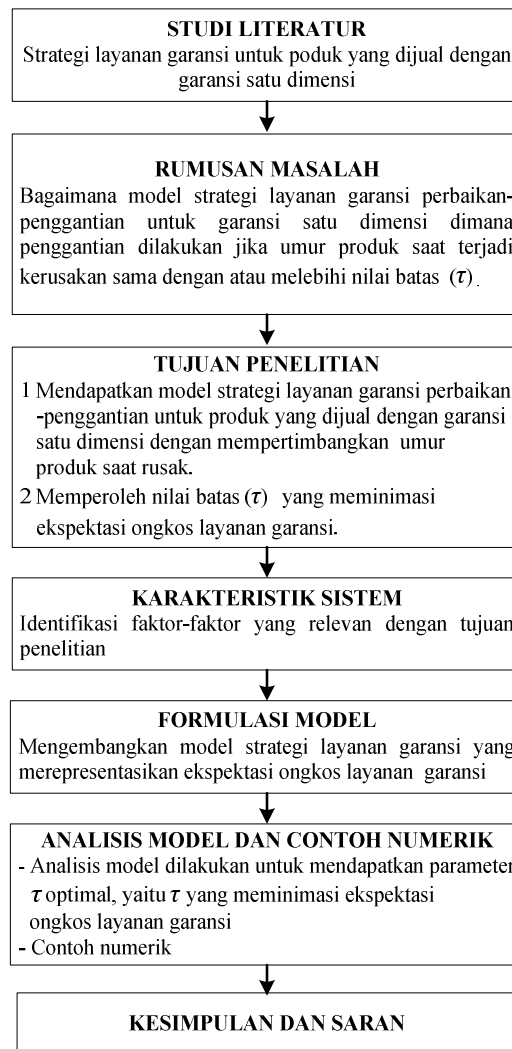
Dewasa ini banyak produsen yang memanfaatkan garansi sebagai alat promosi dengan memberikan masa garansi yang lebih panjang. Hasil survei yang dilakukan oleh Lexmark pada bulan April 2009

menunjukkan bahwa 83 % konsumen lebih percaya pada produk yang dijual dengan masa garansi yang panjang. Oleh karena itu beberapa produsen melakukan strategi ofensif dengan memberikan masa garansi yang panjang antara 3 sampai 7 tahun.

Pada penelitian ini akan dikembangkan strategi layanan garansi FRW untuk garansi satu dimensi dengan melibatkan penggantian dan perbaikan dimana jumlah penggantian tidak dibatasi. Penggantian dilakukan jika umur produk melebihi nilai batas (*threshold*) sehingga memungkinkan penggantian lebih dari satu kali.

### Metodologi Penelitian

Diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

**Formulasi Model**

Kerusakan (*failure*) didefinisikan sebagai kejadian dimana produk atau komponen produk tidak dapat berfungsi seperti yang diharapkan. Waktu ke kerusakan pertama (*time to first failure*) mempunyai fungsi distribusi  $F(t)$  dengan fungsi densitas  $f(t)$ , fungsi keandalan  $\bar{F}(t)$  dan fungsi laju kerusakan (*failure or hazard function*)  $h(t)$  yang diuraikan sebagai berikut :

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{F}(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots (2)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

Dan  $h(t) = \frac{f(t)}{\bar{F}(t)} \dots\dots\dots (4)$

Fungsi *cumulative hazard*  $H(t)$  didefinisikan oleh  $\int_0^t h(t) dt \dots\dots\dots (5)$

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pengembangan model adalah :

1. Laju kerusakan  $h(t)$  merupakan fungsi menaik (*increase failure rate*).
2. Tidak dilakukan perawatan pencegahan terhadap produk selama periode garansi.
3. Seluruh kerusakan produk segera terdeteksi dan segera diklaim oleh konsumen.
4. Seluruh klaim selama periode garansi adalah valid.
5. Waktu yang dibutuhkan untuk merektifikasi produk diasumsikan relatif kecil terhadap waktu antar kerusakan sehingga dapat diabaikan.

Notasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- $w$  : Periode garansi
- $C_m$  : Ongkos perbaikan/kerusakan
- $C_r$  : Ongkos penggantian per item
- $\tau$  : Parameter strategi garansi
- $J(W; \tau)$  : Ekspektasi ongkos layanan garansi per produk selama periode garansi

Strategi layanan garansi yang diusulkan adalah dilakukan penggantian jika umur produk pada saat terjadi kerusakan sama dengan atau melebihi  $\tau$ , sedangkan kerusakan lain selama periode garansi direktifikasi dengan perbaikan.  $a(t)$  menyatakan umur produk pada waktu terjadi kerusakan ( $t$ ). Strategi layanan garansi ini dikarakterisasikan dengan parameter nilai batas ( $\tau$ ) yang meminimasi ekspektasi ongkos layanan garansi dimana  $0 \leq \tau \leq W$ . Kerusakan yang pertama kali terjadi

setelah  $\tau$  dimodelkan dengan umur sisa pada saat  $\tau$  yang dinotasikan dengan  $X$ .

**Model Ongkos Garansi**

Ongkos layanan garansi per unit produk selama periode garansi,  $J(W; \tau)$  diperoleh dengan pendekatan kondisi bersyarat. Ada dua kondisi yang dipertimbangkan yaitu:

**Kondisi (a)  $x > W - \tau$  :**

Pada kondisi ini rektifikasi yang dilakukan adalah melakukan perbaikan dalam interval  $[0, \tau]$  Maka ongkos layanan garansi pada kondisi ini diekspresikan oleh persamaan (6).

$$C_m \int_0^\tau h(t; \alpha) dt = C_m H(\tau) \dots\dots\dots (6)$$

**Kondisi (b)  $x < W - \tau$  :**

Kerusakan yang terjadi pada  $a(t) < \tau$  direktifikasi dengan perbaikan, sehingga laju kerusakan akan mengikuti proses NHPP. Ongkos layanan garansi selama sisa periode garansi,  $J(W - \tau - x)$  tergantung pada  $X$  Jika  $x < W - \tau$  maka dilakukan penggantian sehingga distribusi kerusakan akan mengikuti proses perbaruan (*renewal process*). Ongkos layanan garansi untuk kondisi ini diberikan oleh persamaan berikut :

$$C_m H(\tau) + C_r + J(W - \tau - x) \dots\dots\dots (7)$$

Dengan membuka kondisi bersyarat serta menjumlahkan persamaan (6) dan (7), maka diperoleh persamaan ongkos layanan garansi pada persamaan (8).

$$J(W; \tau) = C_m H(\tau) \bar{G}(W - \tau; \tau) + \int_0^{W-\tau} [C_m H(\tau) + C_r + J(W - \tau - x)] dG(x; \tau) J(W; \tau) = C_m H(\tau) \bar{G}(W - \tau; \tau) + \int_0^{W-\tau} [C_m H(\tau) + C_r J(W - \tau - x)] g(x; \tau) dx \dots\dots (8)$$

Selanjutnya persamaan (8) dapat ditulis menjadi :

$$J(W; \tau) = C_m H(\tau) + C_r G(W - \tau; \tau) + \int_0^{W-\tau} J(W - \tau - x; \tau) g(x; \tau) dx \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan (9) merupakan *renewal-type equation* dimana terdapat fungsi yang sama pada ruas kanan maupun kiri seperti pada persamaan berikut :

$$M(t) = F(t) + \int_0^t M(t - x) dF(x) \dots\dots\dots (10)$$

Oleh karena itu persamaan (9) tidak dapat diselesaikan secara analitik sehingga perlu dilakukan evaluasi secara numerik.

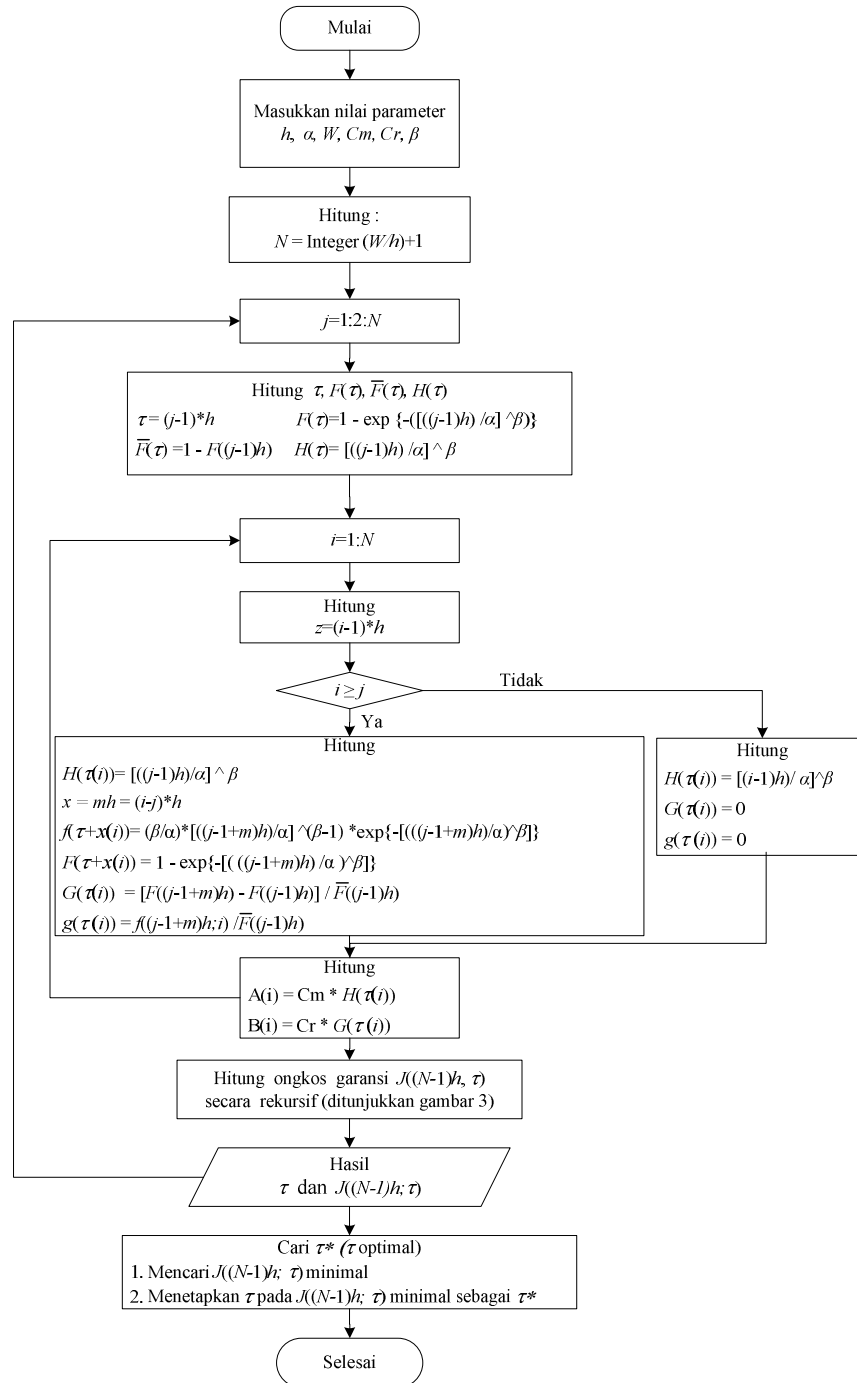
### Algoritma Pencarian Solusi

Berdasarkan prosedur komputasi numerik untuk  $J(W; \tau)$  dikembangkan algoritma pencarian  $\tau^*$ .

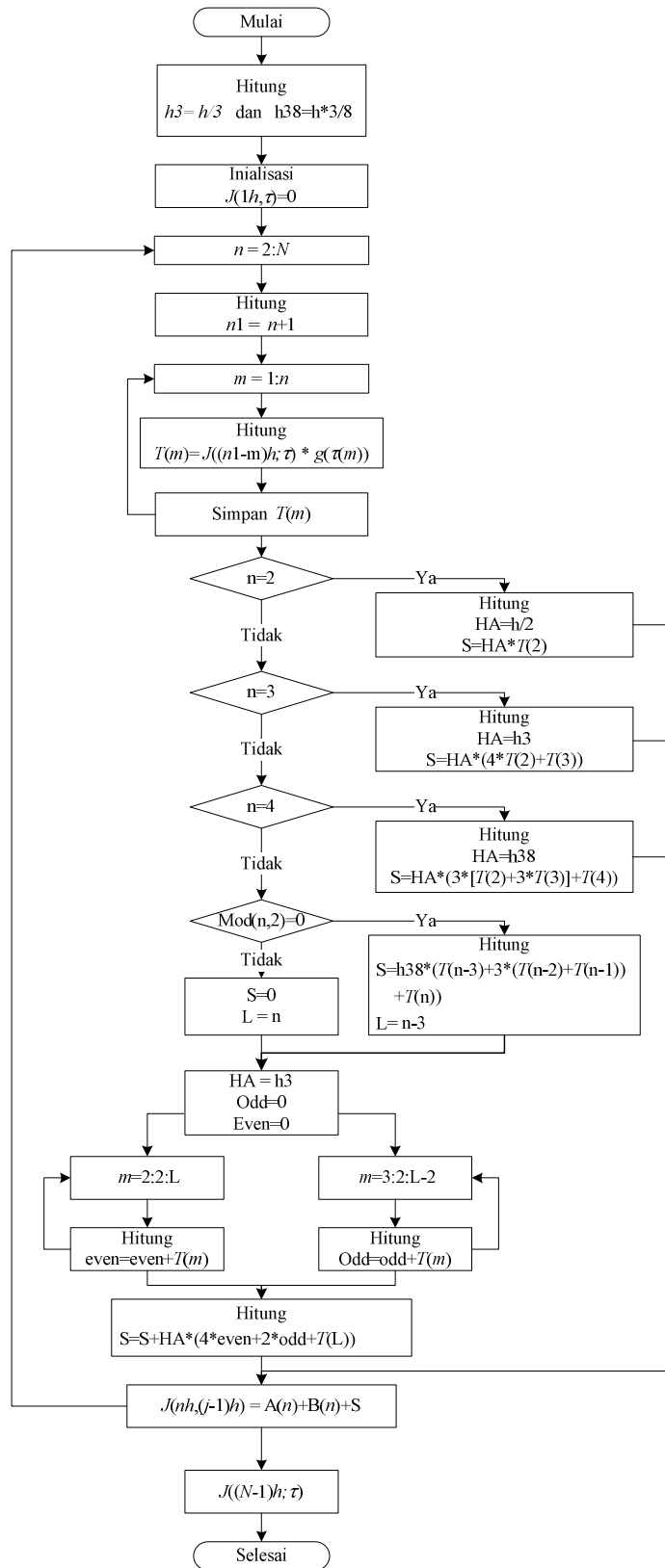
Nilai parameter optimal ( $\tau^*$ ) diperoleh dari nilai  $\tau$  yang meminimasi ongkos layanan garansi  $J(W; \tau)$ .

Algoritma pencarian  $\tau^*$  digambarkan oleh diagram alir pada gambar 2 dan gambar 3.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic pada Microsoft Excel 2007.



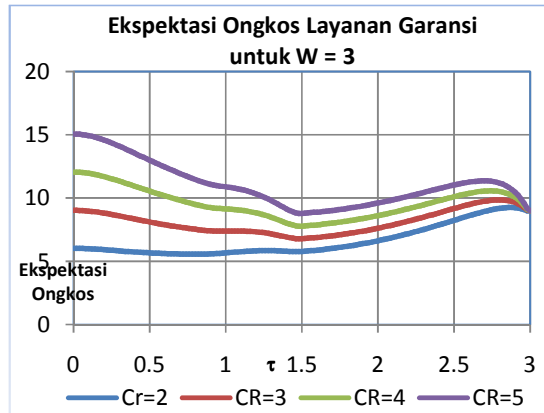
Gambar 2 Algoritma Pencarian solusi ( $\tau^*$ )



Gambar 3 Algoritma komputasi  $J(W; \tau)$  secara rekursif

### Hasil Numerik

Pada bagian ini akan diberikan contoh numerik dari model ongkos strategi layanan untuk memberikan gambaran solusi model. Hasil numerik yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan solusi *Always Repair*.



Gambar 4 Nilai Ekspektasi Ongkos Garansi untuk  $W=3$

Hasil perhitungan ekspektasi ongkos garansi dengan parameter  $\tau$  untuk  $W=3$ ,  $C_m=1$ ,  $C_r=2, 3, 4, 5$ ,  $\alpha=1$ ,  $\beta=2$  dapat diplot dalam gambar 4.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan parameter terhadap perilaku solusi model. Perubahan dilakukan terhadap nilai parameter ongkos penggantian per produk ( $C_r$ ) dan panjang garansi ( $W$ ). Perubahan parameter yang dilakukan antara lain:

1.  $C_r=2, 3, 4, 5$  dengan  $C_m=1$ ,  $\alpha=1$ ,  $\beta=2$
2.  $W=2, 3, 4, 5$  dengan  $\alpha=1$ ,  $\beta=2$

Hasil perhitungan ekspektasi ongkos garansi dengan strategi layanan  $J(W; \tau)$  serta ekspektasi ongkos garansi strategi *Always Repair*  $J_r(W)$ , dengan perubahan nilai parameter seperti pada poin 1 dan 2 untuk masing-masing periode garansi  $W$  ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Ekspektasi Ongkos Garansi

W	Strategi Usulan								Strategi <i>always repair</i> $J_r(W)$
	Cr / Cm								
	2		3		4		5		
	$\tau$	$J(W; \tau)$	$\tau$	$J(W; \tau)$	T	$J(W; \tau)$	$\tau$	$J(W; \tau)$	
2	0,94	3,35	2	4	2	4	2	4	4
3	0,82	5,57	1,48	6,78	1,48	7,78	1,5	8,78	9
4	0,76	7,74	1,24	9,98	2	11,21	2	12,21	16
5	0,74	9,91	1,6	12,94	1,62	14,97	2,5	16,69	25

Dari tabel 1. dapat dijelaskan bahwa untuk nilai  $Cr$  tertentu, seiring dengan kenaikan  $W$  maka  $J(W; \tau)$  akan meningkat. Sedangkan untuk  $W$  tertentu, seiring dengan kenaikan  $Cr$  maka  $\tau$  dan  $J(W; \tau)$  akan tetap atau meningkat. Pada  $W=2$  untuk  $C_r=3, 4, 5$  strategi layanan memberikan solusi yang sama dengan strategi *Always Repair*, dimana  $J(W; \tau)$  dan  $J_r(W)$  adalah 4,00. Dari tabel 1, terlihat bahwa strategi usulan untuk  $W=3, 4$  dan  $5$  memberikan ekspektasi ongkos layanan garansi yang lebih kecil dibandingkan strategi *always repair*, sehingga strategi ini lebih tepat untuk digunakan.

### Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dikembangkan model ongkos untuk strategi layanan garansi perbaikan-penggantian untuk produk yang dijual dengan garansi satu dimensi dengan mempertimbangkan umur produk saat rusak dimana jumlah penggantian tidak dibatasi. Model ongkos garansi merupakan *renewal-*

*type equation*. Jika dibandingkan dengan Strategi *Always Repair*, strategi layanan memberikan ekspektasi ongkos garansi yang lebih rendah untuk periode garansi yang lebih panjang.

### Daftar Pustaka

1. Iskandar, B.P. dan Murthy, D. N. P. (2003) : Repair-replace strategies for two dimensional warranty policies, *Mathematical and Computer Modelling* **38**, 1233-1241.
2. Iskandar BP, Murthy DNP, Jack N. (2005) : A new repair-replace strategy for items sold with a two-dimensional warranty, *Computers and Operations Research* **32**, 669-682.
3. Jack, N. dan Dagpunar J. S. (1992) : Costing minimal-repair replacement policies over finite time horizons, *IMA Journal of Mathematics Applied in Business and Industry* **3**, 207-217.

4. Jack, N. dan Murthy, D. N. P. (2001) : A servicing strategy for item sold under warranty, *Journal of The Operational Research Society* 52, 1284-1288.
5. Jack N. dan Van der Duyn Schouten F. (2000) : Optimal repair-replace strategies for a warranted product, *International Journal of Production Economics* 67, 95-100.
6. Jack, N. dan Murthy, D. N. P. (2001) : A servicing strategy for item sold under warranty, *Journal of The Operational Research Society* 52, 1284-1288.
7. Murthy D. N. P. dan Blischke W. R. (1992) : Product warranty management – III; A review of mathematical models. *European Journal of Operational Research* 62, 1-34.
8. Murthy D. N. P. dan Blischke W. R. (2006) : *Warranty management and product manufacture*, Springer-Verlag, London.
9. Nguyen, D. G. dan Murthy, D. N. P. (1986) : An optimal policy for servicing warranty, *Journal of The Operational Research Society* 37, 1081-1088.
10. Osaki, Shunji (1992) : *Applied stochastic system modelling*, Springer-Verlag, Berlin.
11. Triatmodjo, Bambang (2002) : *Metode numerik*, Beta Offset, Yogyakarta.
12. Yang, Guangbin (2007) : *Life cycle reliability engineering*, John Willey & Sons Inc, New Jersey.
13. Yun, W. Y., Murthy, D. N. P. dan jack, N. (2008) : Warranty servicing with imperfect repair, *International Journal of Production Economics* 111, 159-169.