

**USULAN KEBIJAKAN PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN KIMIA MENGGUNAKAN
DISTRIBUTION FREE CONTINUOUS REVIEW (Q,r) UNTUK MEMINIMASI BIAYA PERSEDIAAN
PADA UNIT PENGOLAHAN AIR PENDINGIN**

**PROPOSAL OF CHEMICALS INVENTORY CONTROL POLICY
BY USING DISTRIBUTION FREE CONTINUOUS REVIEW (Q,r)
TO MINIMIZE INVENTORY COST IN COOLING WATER TREATMENT SYSTEM**

Agung Wicaksono¹, Luciana Andrawina², Budi Santosa³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University
agungw@student.telkomuniversity.ac.id, luciana@telkomuniversity.ac.id,
budisantosa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Unit Pengolahan Air Pendingin di PT. Pupuk Kujang Cikampek (selanjutnya disebut PKC) berfungsi menjaga kualitas airnya dengan menggunakan bahan kimia. Unit Pengolahan Air Pendingin belum menggunakan perhitungan baku. Kebijakan persediaan diambil dengan cara perkiraan semata. Keadaan ini mengakibatkan terjadinya *overstock* yang menyebabkan permasalahan bengkaknya total biaya persediaan. Peneliti diharapkan dapat memberikan usulan metoda kebijakan pengendalian persediaan yang tepat untuk meminimasi total biaya persediaan.

Berdasarkan perhitungan menggunakan metoda *Distribution Free Continuous Review (Q,r) With Service Level Constraint* didapatkan total biaya persediaan sebesar Rp 207.944.636, sedangkan nilai aktual sebesar Rp 413.437.333. Berdasarkan analisis sensitivitas diketahui bahwa perubahan parameter pada biaya simpan memberi pengaruh lebih signifikan pada total biaya persediaan dibandingkan perubahan parameter biaya pesan.

Berdasarkan pengolahan dan analisis data dapat disimpulkan; bahwa model *Distribution Free Continuous Review (Q,r) With Service Level Constraint* dapat digunakan sebagai usulan kebijakan pengendalian persediaan karena dapat menurunkan total biaya persediaan sebesar Rp205.992.697 (49,82%).

Peneliti menyarankan agar secara kontinyu dilakukan pemeriksaan tingkat persediaan pada saat adanya pemakaian bahan kimia, dan apabila tingkat persediaan telah menyentuh *reorder point* (*r*) kebijakan usulan, maka perlu dilakukan *replenishment* dengan *quantity* (*q*) yang sesuai dengan kebijakan usulan menggunakan *Distribution Free Continuous Review (Q,r) With Service Level Constraint*.

Kata kunci: *continuous review*, *overstock*, kebijakan persediaan, *service level*, analisis sensitivitas

Abstract

Cooling Water Treatment Unit at PT. Pupuk Kujang Cikampek (called as PKC) functions to maintain the quality of its water by using chemicals. The Cooling Water Treatment Unit has not used standard calculations. Inventory policy is taken only by estimation. This situation resulted in overstocks which caused problems with the swelling of the total cost of inventory. The researcher is expected to be able to propose the right method of inventory control policy to minimize the total inventory cost.

Based on calculations using the *Distribution Free Continuous Review (Q, r) method with Service Level Constraints*, obtained total inventory costs of Rp 207,944,636, while the actual value is Rp 413,437,333. Based on the sensitivity analysis, known that the changes in holding cost parameter is more significant than changes in the ordering cost parameter.

Based on data processing and analysis it can be concluded; that the *Distribution Free Continuous Review (Q, r) with Constraint Service Levels* can be used as proposal policy due to its saving of total inventory costs as much as Rp205,992,697 (49.82%).

The researcher suggests that to monitoring continuously the inventory level of chemicals when using chemical, and everytime the inventory level is touching the reorder point (r) of proposal policy, it is necessary to replenish as much as quantity order (q) according to the proposal policy using Distribution Free Continuous Review (Q, r) method with Service Level Constraints.

Keywords: continuous review, overstock, inventory policy, service level, sensitivity analysis

1. Pendahuluan

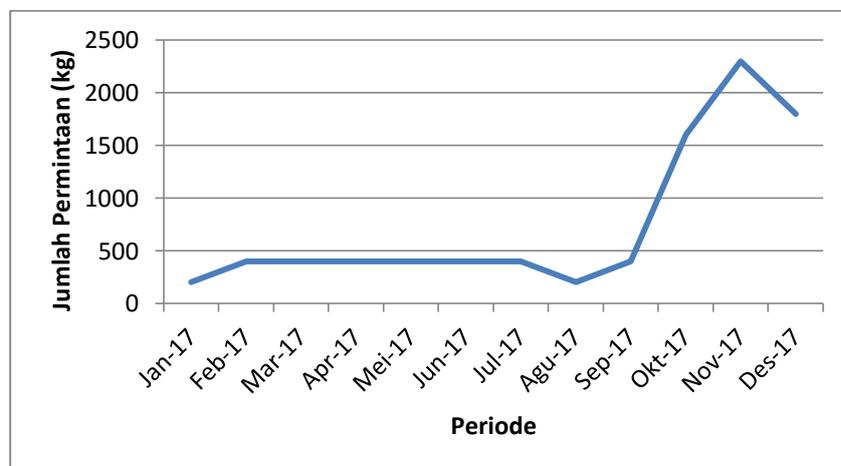
PT Pupuk Kujang Cikampek, selanjutnya disebut PKC, adalah salah satu dari sembilan anak perusahaan di bawah PT Pupuk Indonesia Holding Company (Persero) yang terletak di provinsi Jawa Barat dan dekat dengan ibu kota negara yaitu DKI Jakarta, karenanya menempati posisi strategis dan berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional khususnya di Jawa Barat yang juga merupakan lumbung padi nasional.

Salah satu peran utama PKC adalah memproduksi berbagai macam pupuk, yaitu pupuk Urea dengan kapasitas produksi 1.140.000 ton/tahun, pupuk NPK Blending dengan kapasitas produksi sebesar 300.000 ton/tahun, pupuk NPK Granular dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun, dan pupuk Amoniak dengan kapasitas sebesar 660.000 ton/tahun.

Dalam mendukung kegiatan produksi pupuk secara masif tersebut PKC memerlukan *cooling tower* yang merupakan bagian integral operasi proses produksi pupuk. *Cooling tower* berfungsi menghasilkan *cooling water* yang memiliki fungsi vital bagi pabrik, yaitu mendinginkan komponen-komponen yang fungsinya sangat berpengaruh terhadap kelancaran operasi, seperti *turbin hydraulic fluid cooler* (FHA), *condensate extraction pumps thrust bearing* (CEX), *ground fault relay* (GFR), *lube oil* APA, dan *compressor*. Sehingga gangguan pada *cooling water system* dapat menyebabkan turunnya produksi, hingga merusak alat baik secara langsung maupun tidak langsung, karenanya itu PKC memiliki Unit Pengolahan Air Pendingin sendiri yang bertanggung jawab dalam merawat *cooling water system* dengan menggunakan mesin-mesin *cooling tower*.

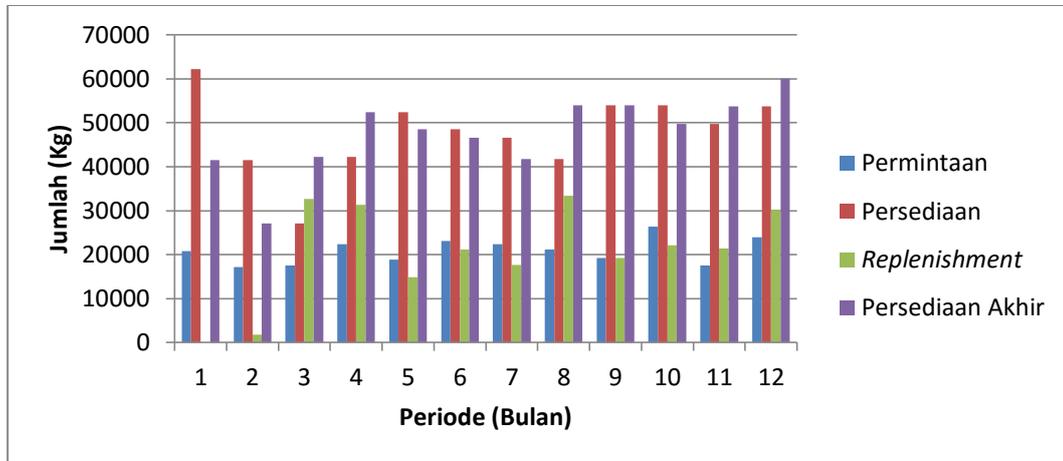
Dalam merawat *cooling water*, yaitu agar tidak terganggu oleh adanya kerak, *corrosion*, *fouling*, dan kontaminasi mikrobiologi, maka digunakan bahan kimia. Jumlah pemakaian bahan kimia ke dalam air bersifat probabilistik, karena fenomena pemakaiannya yang tidak pasti dan bergantung pada kualitas air pendingin yang nilainya selalu berubah-ubah, sehingga harus dipantau menggunakan alat pengontrol otomatis secara *inline*. Apabila kualitas air tidak sesuai dengan kualitas yang diinginkan, maka secara otomatis akan diinjeksikan bahan kimia dengan dosis yang sesuai kebutuhan ke dalam *cooling water system* tersebut.

Gambar I-1 di bawah ini menunjukkan salah satu contoh fluktuasi permintaan bahan kimia selama 1 tahun yang bersifat probabilistik.



Gambar 1. Data Historis Permintaan Nomor Material 4000522

Dari contoh di atas, terlihat bahwa pemakaian bahan kimia nomor material 4000522 dapat menjadi sangat sedikit, yaitu kurang dari 500 kg pada Januari hingga September 2017, namun dapat menjadi sangat besar misalnya menjadi yang lebih dari 2000 kg pada November 2017. Selanjutnya nilai tersebut akan berfluktuasi dengan tingkat pemakaian yang berbeda-beda di tahun yang berbeda. Hal tersebut menyebabkan jumlah pemakaiannya menjadi sulit diprediksi, atau dengan kata lain disebut bersifat probabilistik. Manajemen mengantisipasinya dengan menempatkan persediaan di tingkat yang tinggi dan terus melakukan pemesanan bahan kimia tanpa perhitungan yang baku dan kebijakan persediaan diambil dengan memperkirakan jumlah yang tepat, sehingga mengakibatkan kondisi overstock sebagaimana Gambar I-2, yang menyebabkan permasalahan bengkaknya total biaya persediaan.



Gambar 2. Grafik Persediaan 9 Bahan Kimia

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan kebijakan pengendalian persediaan bahan kimia dengan penentuan nilai jumlah pemesanan optimal (Q), *reorder point* (r), dan *safety stock* (ss) yang tepat dengan mengadopsi metode yang mempertimbangkan distribusi kemungkinan yang sesuai untuk dapat menggambarkan perilaku dari permintaan secara lebih akurat yang menuntun pada solusi biaya yang lebih rendah (Najdawi & Liberatore, 2006).

Uraian di atas menjadi latar belakang masalah bagi peneliti untuk melakukan penelitian ini, dengan harapan agar dapat memberikan solusi berupa usulan alternatif untuk menerapkan sistem pengelolaan yang standar dalam menetapkan kebijakan persediaan yang bersifat probabilistik dengan biaya efisien, namun tidak mengurangi tingkat efektifitas yang ditetapkan dengan target *service level* minimum sebesar 90% sesuai arahan PIHC SE-03/VII/2014.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Definisi Inventori

Secara garis besar, inventori adalah suatu sumber daya menganggur (*idle resources*) yang kehadirannya disebabkan oleh tertundanya pelaksanaan proses yang lebih lanjut. Konteks proses lebih lanjut disini adalah proses dalam sistem manufaktur, sistem distribusi, maupun kegiatan konsumsi pada konsumen tingkat akhir (Bahagia, 2006).

2.2 Bentuk dan Jenis Inventori

Dalam sistem manufaktur, terdapat tiga bentuk inventori berdasarkan keberadaannya, yaitu:

- 1) Bahan baku (*raw material*).
- 2) Barang setengah jadi (*work in process*).
- 3) Barang jadi (*finished good*).

Selain tiga bentuk inventori di atas, terdapat dua bentuk inventori lain yang sering dijumpai dalam sistem manufaktur yang tidak memiliki keterkaitan secara langsung dengan kegiatan produksi dan volume produksi, yaitu bahan penolong (*supplies*) dan inventori suku cadang (*spare part*) (Bahagia, 2006).

2.3 Metode Pengendalian Inventori

Menurut (Bahagia, 2006), dalam pengendalian inventori khususnya untuk hal yang berkaitan dengan penentuan stok operasi dan cadangan pengaman, metode pengendalian inventori dapat diidentifikasi menjadi tiga metode, yaitu:

- 1) Metode Perencanaan Kebutuhan Material (*Material Requirement Planning*), selanjutnya disebut dengan *MRP*.
- 2) Metode Pengendalian Inventori Tepat Waktu (*Just In Time Inventory Control*), selanjutnya disebut dengan *JIT*.
- 3) Metode Pengendalian Inventori Secara Statistik (*Statistical Inventory Control*), selanjutnya disebut dengan *SIC*

Metode Pengendalian Inventori Secara Statistik (*Statistical Inventory Control*) dapat dikelompokkan berdasarkan fenomenanya ke dalam tiga kategori, yaitu:

- 1) Persoalan Inventori Deterministik
- 2) Persoalan Inventori Tak Tentu
- 3) Persoalan Inventori Probabilistik

2.3 Model Persediaan *Continuous Review*

Model persediaan *continuous review* (Q,r) telah secara luas dipelajari pada literature dan yang paling sering digunakan dalam praktis adalah (Hadley & Within, 1963; Nahmias, 2005; Silver, Pyke, & Peterson, 1998). Untuk mendapatkan parameter-parameter optimal, bagaimanapun, salah satunya membutuhkan bentuk distribusi dari permintaan selama lead time, yang seringkali tidak tersedia pada praktis. Rata-rata dan simpangan baku dari permintaan selama lead time biasanya hanya informasi yang dapat didapatkan oleh para praktisi.

Berdasarkan masalah yang dipelajari Moon dan Choi (1994). M. Mahdi Tajbakhsh menganalisa sistem persediaan *continuous review* (Q,r) dengan sebuah batasan *service level* dan hanya mengharuskan untuk mengetahui dua momen pertama dari permintaan selama *lead time* (tanpa informasi apapun mengenai bentuk distribusi permintaan). Mengadopsi pendekatan *distribution free*, mereka mengoptimasi parameter-parameter kebijakan persediaan untuk menghadapi kemungkinan distribusi terburuk dari permintaan selama *lead time* dan menyediakan *closed-form expression* untuk jumlah pemesanan optimal tanpa prosedur iterative. Walaupun sebenarnya algoritma, seperti yang diusulkan oleh Moon dan Choi (1994), bisa diimplementasikan pada computer, tapi prosedur iteratif jarang berguna dalam kegiatan operasi normal sehari-hari. Hasil analisis lebih mudah didapatkan dan dipahami oleh manajer dan praktisi (Tajbakhsh, 2010).

Pada model yang dijelaskan pada (Tajbakhsh, 2010), diasumsikan *service level* harus lebih dari 50% dan semua kelebihan permintaan dilakukan *back-order (complete back-ordering)*. Notasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) h – biaya simpan per unit waktu
- 2) K – biaya pemesanan (*setup*) per pesan
- 3) D – rata-rata permintaan per unit waktu
- 4) X – permintaan selama *lead time* (variabel acak)
- 5) μ – rata-rata permintaan selama *lead time*
- 6) σ – simpangan baku dari permintaan selama *lead time*
- 7) $E(x)$ – ekspektasi matematis dari x
- 8) x^+ – $\max\{x,0\}$
- 9) $E(X - r)^+$ – ekspektasi jumlah *shortage* pada akhir siklus

Model ini hanya mengharuskan untuk mengetahui rata-rata dan simpangan baku dari permintaan selama *lead time*, tanpa asumsi apa pun pada bentuk distribusi dari X . Biaya rata-rata per unit waktu dinotasikan oleh $C(Q,r)$ ditulis sebagai:

$$C(Q, r) = \frac{KD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + r - \mu\right) \dots \dots \dots (II.1)$$

Bagian pertama pada (1) adalah biaya pemesanan dan bagian kedua merepresentasikan (perkiraan) biaya simpan. Sebagai catatan di sini $r - \mu$ adalah *safety stock*. Tujuan disini adalah meminimasi $C(Q, r)$ berdasarkan pada sebuah *fill rate* tertentu. *Fill rate* (juga dimaksudkan pada sebagai *Type II service level*) adalah bagian dari pemenuhan permintaan secara langsung dari gudang. Pengukuran *service* ini dinotasika oleh β dan didapatkan dengan:

$$\beta = \frac{\text{ekspektasi permintaan terpenuhi per siklus pengisian ulang}}{\text{ekspektasi permintaan per siklus pengisian ulang}} \dots \dots \dots (II.2)$$

β tidak hanya dianggap sebagai kemungkinan *stockout* tapi juga dianggap sebagai ukuran dari *shortage* pada akun. Ini yang menjadi alasan mengapa *fill rate* digunakan oleh praktiksi. Menggunakan (2), sekarang dituliskan:

$$\beta = 1 - \frac{E(X-r)^+}{Q} \quad (II.3)$$

dan sehingga,

$$E(X - r)^+ = (1 - \beta)Q \dots \dots \dots (II.3)$$

Moon dan Choi (1994) juga telah mempelajari masalah ini; namun, mereka hanya mengembangkapi sebuah algoritma solusi iteratif. Sedangkan pada model ini diberika *closed-form expressions* untuk parameter-parameter kebijakan optimal dan model diyakini akan sangat menarik bagi praktiksi (Tajbakhsh, 2010).

Membiarkan $\Delta = r - \mu$, menulis ulang (II.1) sebagai:

$$C(Q, r) = \frac{KD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + \Delta\right) \dots \dots \dots (II.5)$$

Tujuannya adalah untuk meminimasi $C(Q, r)$ berdasarkan pada batasan *service* yang telah ditentukan.

Didapatkan, parameter-parameter kebijakan optimal dari analisis *distribution free*

$$Q_\beta = \sqrt{\frac{4(1-\beta)KD+h\sigma^2}{2(1-\beta)(2\beta-1)h}} \dots \dots \dots (II.6)$$

$$\Delta_\beta = \frac{\sigma^2}{4(1-\beta)Q} - (1 - \beta) \dots \dots \dots (II.7)$$

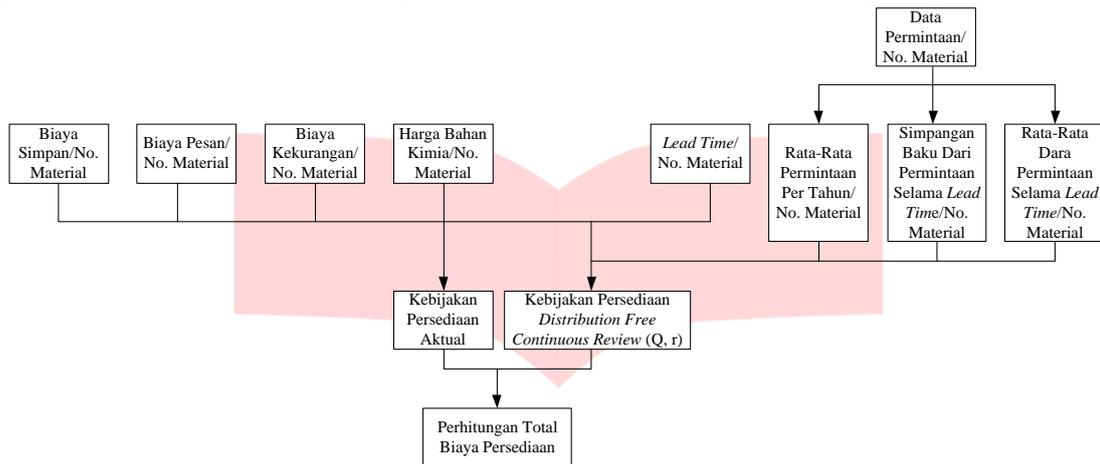
Terlihat apabila Q_β bertambah dengan σ , contoh variabilitas permintaan yang lebih tinggi akan membuat jumlah pemesanan lebih besar. Masukan manajerial semacam, sulit didapatkan jika menggunakan prosedur iteratif, yang lebih jauh memperkuat nilai dari hasil analisis ini (Tajbakhsh, 2010).

2.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitifitas dilakukan untuk melihat pengaruh-pengaruh dari dari perubahan-perubahan parameter-parameter terhadap fungsi tujuan.

3. Metode Penelitian

Model penelitian direpresentasikan dalam model konseptual yang merupakan gambaran berpikir penulis dalam menentukan variable-variabel yang terkait dengan penelitian dan metode yang akan digunakan untuk dapat mencapai tujuan penelitian. Gambar 3 merupakan metode yang menggambarkan konsep dari penelitian penulis.



Gambar 3 Model Konseptual

4. Pembahasan

4.1 Perhitungan Model Persediaan *Distribution Free Continuous Review (Q,r)*

Berdasarkan perhitungan menggunakan *Distribution Free Continuous Review (Q,r) With Service Level Constraint* menghasilkan jumlah pemesanan optimal (Q), dan reorder point (r) inventori dan komponen biayanya sebagai berikut:

No. Material	Ukuran Pemesanan Optimal (Q) (kg)	Reorder Point (r) (kg)	Safety Stock (ss) (kg)	Biaya Simpan (Os)	Biaya Pesan (Op)	Biaya Kekurangan (Ok)	Total Biaya Persediaan
4000531	720	1392,53	64,53	Rp 6.291.502	Rp 2.100.000	Rp 4.104.000	Rp 12.495.502
4000576	600	323,33	23,33	Rp 3.783.000	Rp 900.000	Rp 2.700.000	Rp 7.383.000
4000528	4000	5517,41	392,41	Rp 27.991.205	Rp 1.600.000	Rp 18.000.000	Rp 47.591.205
4000522	1800	1286,67	486,67	Rp 11.176.533	Rp 400.000	Rp 5.580.000	Rp 17.156.533
4000530	120	51,75	6,75	Rp 1.058.655	Rp 400.000	Rp 732.000	Rp 2.190.655
4000524	7000	10272,22	827,78	Rp 11.252.222	Rp 1.700.000	Rp 7.000.000	Rp 19.952.222
4000518	900	737,31	120,65	Rp 6.750.768	Rp 1.500.000	Rp 4.095.000	Rp 12.345.768
4001622	3000	2713,89	463,89	Rp 4.952.928	Rp 800.000	Rp 2.910.000	Rp 8.662.928
4000535	4540	2079,45	571,95	Rp 49.285.023	Rp 100.000	Rp 30.281.800	Rp 79.666.823

4.2 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan sebagai alat untuk mengetahui dampak dari perubahan parameter terhadap variabel yang ada pada model. Pada penelitian ini dilakukan analisis sensitivitas dengan merubah parameter pemakaian, biaya setup, dan biaya simpan. Persentase perubahan variabel yang digunakan adalah -10% sampai 20%. Berikut merupakan analisis sensitivitas pada nomor material 4000518:

Parameter	Perubahan (%)	Total Biaya Persediaan	Perubahan Total Biaya Persediaan
Biaya Simpan	+20	Rp 13.378.772	10,42%
	+10	Rp 12.791.672	5,58%
	0	Rp 12.115.718	0,00%
	-10	Rp 11.554.157	-4,63%
	-20	Rp 11.011.668	-9,11%
Biaya Pesan	+20	Rp 12.613.524	-3,45%
	+10	Rp 12.364.701	-1,31%
	0	Rp 12.115.718	0,00%
	-10	Rp 11.956.658	-1,31%
	-20	Rp 11.697.623	-3,45%

Terlihat bahwa parameter biaya simpan berpengaruh paling signifikan terhadap total biaya persediaan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian persediaan bahan kimia menggunakan model *Distribution Free Continuous-Review Inventory (Q,r) with service level constraint* dengan contoh cara perhitungan pada halaman 4 dan nilai ukuran pemesanan optimal, *reorder point*, dan *safety stock* setiap bahan kimia pada halaman 5 dapat digunakan sebagai kebijakan untuk meminimasi biaya persediaan total biaya persediaan bahan kimia dari nilai aktual sebesar Rp 413.437.333 menjadi sebesar Rp 207.444.636, yaitu selisih lebih rendah Rp 205.992.697 atau 49,82%.

6. Saran

Berdasarkan pada langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, maka peneliti memberikan saran pada Unit Pengolahan Air Pendingin di PKC agar secara kontinyu melakukan pemeriksaan tingkat persediaan pada saat adanya pemakaian bahan kimia, dan apabila tingkat persediaan telah menyentuh *reorder point* (r) kebijakan usulan, maka perlu dilakukan *replenishment* dengan *quantity* (q) yang sesuai dengan kebijakan usulan menggunakan model *Distribution Free Continuous Review (Q,r) With Service Level Constraint*.

7. Daftar Pustaka

- Abuizam, R. (2011). Optimization Of (s, S) Periodic Review Inventory Model With Uncertain Demand And Lead Time Using Simulation.
- Bahagia, S. N. (2006). *Sistem Inventori*. Bandung: ITB Bandung.
- Hesmono, P. Y., Damayanti, D. D., & Santosa, B. (2017). Perencanaan Kebijakan Pengendalian Persediaan Untuk Meningkatkan Service Level Layanan Perbaikan Pada Suku Cadang Engine CT-7 Dengan Pendekatan Power Approximation Di PT. EFG.
- Kasapis, G. P. (2014). *Continuous Review Inventory System: A Simulation Model*. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki.
- Moon, I., & Choi, S. (1994). *The Distribution Free Continuous Review*. Elsevier Science Ltd.
- Moon, I., Shin, E., & Sarkar, B. (2013). Min-max distribution free continuous-review model.
- Najdawi, M. K., & Liberatore, M. J. (2006). Determination of Optimal Safety Stock Policies.
- Nugroho, D., Ridwan, A. Y., & Astuti, M. D. (2016). Perancangan Kebijakan Persediaan Produk Kategori Chemical Dengan Menggunakan Metode Probabilistik Continuous Review (s,S) dan Continuous Review (s,Q) Untuk Meminimasi Total Biaya Persediaan di PT XYZ.
- Nurrahma, D. A., Ridwan, A. Y., & Santosa, B. (2016). Usulan Perencanaan Kebijakan Persediaan Vaksin Menggunakan Metode Continuous Review (s, S) Untuk Mengurangi Overstock Di Dinas Kota XYZ.
- Tajbakhsh, M. M. (2010). On the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint.
- Umar, E. A. (2017). *Laporan OJT III Pupuk Kujang Cikampek*.
- Vrat, P. (2014). *Materials Management An Integrated Systems Approach*. Gulgaon: Springer.
- Wild, T. (1997). Dalam *Best Practice in Inventory Management* (hal. 5). Canda: John Wiley & Sons, Ltd.
- Wulandari, A. (2014). Penentuan Kebijakan Persediaan Suku Cadang Pada Mesin Produksi Ammonia dan Urea di PT. Pupuk Kujang Cikampek Dengan Pendekatan Metode Inventori Tak Tentu Beresiko Terkendali.