

Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Pada Air Cooled Chiller FMC 20

Ade Suryatman Margana¹, Muhammad Fahmi Suhendar²

^{1,2}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : adesmargana@polban.ac.id

²E-mail : muhammad.fahmi.tptu17@polban.ac.id

ABSTRAK

Salah satu aspek penting pada mesin chiller di mall/supermarket adalah agar dapat memberikan kenyamanan termal yang cukup, untuk itu diperlukan manajemen perawatan pada chiller yang baik agar dapat mempertahankan kualitas chiller tetap bisa bekerja pada waktu yang lama dan dalam kondisi yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan sistem manajemen perawatan yang dilakukan pada Air Cooled Chiller FMC-20 Di Grand Yogya Kapatihan. Dari data yang diperoleh pada Kartu Riwayat Pemeliharaan dan Perbaikan Mesin (KRPPM) di Grand Yogya Kapatihan dilakukan analisis dengan menghitung manajemen perawatan yang meliputi keandalan (*reliability*), kerusakan (*failurability*), ketersediaan (*availability*) dan nilai parameter bentuk (β) menggunakan distribusi *weibull*. Penelitian difokuskan kepada unit kondenser yang merupakan komponen utama dari sistem refrigerasi. Berdasarkan hasil perhitungan ditemukan keandalannya rata-rata lebih kecil dari kerusakannya dan ketersediaannya masih belum mencukupi. Selain itu, nilai parameter bentuknya (β) > 1 yang artinya kondenser harus segera diganti karena kerusakan yang cenderung naik.

Kata Kunci

Distribusi *weibull*, Manajemen Perawatan, Keandalan, Kerusakan, Ketersediaan

1. PENDAHULUAN

Mesin air conditioning (AC) seperti Air Cooled Chiller memiliki ketahanan pakai yang akan mengalami penurunan kualitas dalam waktu tertentu. Oleh karena itu, diperlukan manajemen perawatan yang sesuai agar AC awet, tetap berkualitas dan memiliki nilai keandalan yang tinggi. Nilai keandalan (*reliability*) pada suatu mesin atau komponen dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan distribusi *weibull*.

Distribusi *weibull* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis data kerusakan. Distribusi *weibull* telah diakui sebagai model yang tepat dalam perhitungan tingkat keandalan dan masalah waktu kegagalan suatu komponen atau mesin [1]. Selain itu, distribusi *weibull* dapat digunakan untuk mengolah data kerusakan yang simetris sampai dengan data yang tidak simetris. Distribusi *Weibull* adalah generalisasi dari distribusi eksponensial. Distribusi *Weibull* dua parameter dapat mengakomodasi tingkat kegagalan yang meningkat, menurun, atau konstan karena fleksibilitas tinggi yang diekspresikan melalui parameter model, distribusi ini sekarang dikenal sebagai standar industri[2].

Pada penelitian ini, dilakukan analisis manajemen perawatan dengan menggunakan perhitungan distribusi *weibull*. Perhitungan distribusi *weibull* ini meliputi: perhitungan nilai tingkat keandalan (*reliability*), tingkat

kerusakan (*failurability*) dan tingkat ketersediaan (*availability*) dari suatu komponen..

Sistem refrigerasi yang digunakan di Yogya Kapatihan, salah satunya sistem AC dengan menggunakan Air Cooled Chiller. Penelitian memilih perawatan AC tersebut untuk menjadi topik pembahasan karena pentingnya perawatan atau pemeliharaan dari sebuah mesin refrigerasi.

Dalam manajemen perawatan terdapat dua kegiatan pokok yaitu perawatan terencana dan perawatan tidak terencana. Dalam sistem manufaktur, pemeliharaan preventif berperan penting dalam menjaga dan meningkatkan kondisi operasional mesin dan kualitas produk keluaran [3]. Perawatan terencana (*preventive maintenance*) yaitu melakukan perawatan pada jadwal yang telah ditetapkan sebelum mesin mengalami kerusakan. Sedangkan perawatan tidak terencana merupakan pemeliharaan darurat yang dilakukan pada saat mesin terjadi kerusakan (*breakdown*) sehingga dilakukan tindakan perbaikan seperti penggantian komponen. Perawatan terencana cenderung diterapkan pada lini operasi continuous system karena perawatan ini mengatasi kerusakan tiba tiba atau mendadak karena dapat mendeteksi atau menangkap sinyal kapan suatu mesin akan mengalami kerusakan. Teknik perawatan terencana yang digunakan adalah perawatan berdasarkan waktu (*Timed Based Maintenance*) dan perawatan berdasarkan kondisi mesin (*Condition Based*

Maintenance), masing masing teknik perawatan ini ditemukan memiliki konsep / prinsip, prosedur, dan tantangan yang unik untuk praktik industri nyata [4].

2. METODOLOGI PENELITIAN

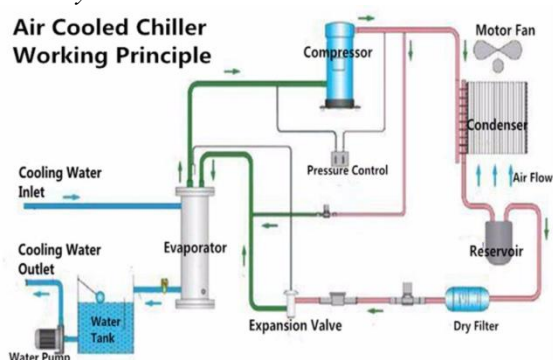
2.1 Chiller

Chiller adalah perangkat yang mendinginkan fluida dengan menghilangkan panas dari fluida tersebut, baik melalui siklus refrigerasi kompresi uap atau absorpsi; dengan komponen utama adalah kompresor, kondensor, evaporator (coil), dan katup perangkat ekspansi [5].

Fungsi dari komponen utama [6]:

- Chiller berfungsi mendinginkan air atau cairan lainnya, cairan yang didinginkan oleh chiller umumnya adalah air, namun dapat diganti dengan beberapa jenis larutan seperti etilen glikol, propilen glikol, dan lain-lain.
- Koil (sebagai beban chiller) berfungsi mentransfer kalor dari udara ke air.
- Sistem distribusi air dingin (pipaan dan pompa air dingin) berfungsi mengirim air dingin ke beban-beban/koil.
- Sistem pelepas kalor (pompa air kondenser, pipaan air pendingin, cooling tower) berfungsi membuang kalor dari chiller ke lingkungan
- Sistem kontrol, berfungsi mengkoordinasikan operasi komponen-komponen mekanikal secara bersama sebagai suatu sistem.

Gambar 1 menunjukkan cara kerja dari sistem Air Cooled System.



Gambar 1 Air Cooled Chiller

2.2 Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang memiliki peran penting terutama mengenai persoalan laju keandalan (*reliability*) dan analisis perawatan (*maintainability*).

Distribusi weibull telah diakui sebagai model yang tepat dalam studi keandalan dan masalah seperti waktu kegagalan atau panjang umur suatu komponen atau produk [7]. Oleh karena itu, distribusi weibull biasanya digunakan untuk mengatasi masalah-masalah mengenai umur (lama waktu) pada suatu mesin atau komponen dapat bertahan sampai dengan mesin atau komponen

tersebut mengalami kerusakan. Hubungan waktu dengan fungsi distribusi kerusakan dapat dilihat di gambar 2 [8].

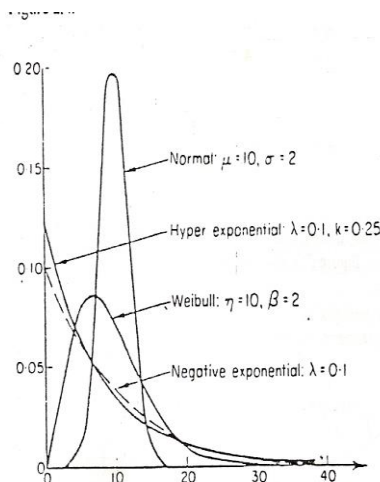


Fig. 2.4

Gambar 2. Hubungan waktu dengan fungsi distribusi kerusakan

Pada dasarnya, perhitungan nilai parameter distribusi weibull menggunakan prinsip regresi linier, yakni membuat fungsi distribusi kumulatif menjadi bentuk linier dan dapat dinyatakan sebagai berikut [9].

$$F(t_i) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$1 - F(t_i) = \exp \left[- \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$\ln[1 - F(t_i)] = - \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\beta$$

$$\ln \left[\ln[1 - F(t_i)] \right] = \ln \left(- \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\beta \right)$$

$$\ln \left[\ln[1 - F(t_i)] \right] = \beta \ln \left[- \left(\frac{t_i}{\alpha} \right) \right]$$

$$\ln \left[\ln[1 - F(t_i)] \right] = \beta [\ln(t_i) - \ln(\alpha)]$$

$$\frac{1}{\beta} \ln \left[\ln[1 - F(t_i)] \right] = \ln(t_i) - \ln(\alpha)$$

$$\frac{1}{\beta} \ln \left[\ln[1 - F(t_i)] \right] + \ln(\alpha) = \ln(t_i) \quad (1)$$

Untuk mempermudah perhitungan, diperoleh persamaan akhir sebagai berikut:

$$Y_i = a + b X_i \quad (2)$$

dengan:

$$Y_i = \ln(t_i); a = \ln(\alpha); b = 1/\beta$$

Maka diperoleh persamaan:

$$X_i = \ln \left[\ln[1 - F(t_i)]^{-1} \right] \quad (3)$$

X_i adalah variabel bebas yang dapat dihitung dengan menaksir fungsi distribusi kumulatif dari persamaan dibawah ini.

$$f(t_i) = (i - 0,3) / (n + 0,4) \quad (4)$$

Estimasi fungsi reliabilitas menggunakan metode *Maximum likelihood & Metode Weighted Least Square* & prosedur simulasi menggunakan Metode *Monte Carlo* dan beberapa percobaan dilakukan untuk mencari estimator terbaik yang memiliki *mean square error* terkecil [10].

Fungsi tersebut diperoleh dari persamaan Benard. Metode ini cocok digunakan untuk percobaan dengan ukuran sampel kecil, data yang kurang lengkap, ataupun distribusi kerusakan tidak simetris. Metode ini lebih banyak digunakan untuk menaksir fungsi keandalan yang berdistribusi weibull.

Nilai konstanta a dan b dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Least Square*, nilai a dan b diperoleh dari persamaan berikut:

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{N \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (5)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (6)$$

Maka parameter distribusi weibull ini dapat diperoleh dari:

$$\beta = 1/b$$

$$\alpha = \exp^a$$

Tingkat keandalan (*reliability*), merupakan suatu ukuran dari tingkat kesuksesan performansi dari suatu objek. Keandalan merupakan probabilitas suatu alat atau mesin dapat beroperasi secara memuaskan pada suatu kondisi dan waktu tertentu. Tingkat keandalan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad (7)$$

Fungsi distribusi kumulatif/tingkat kerusakan (*failureability*), merupakan probabilitas dari suatu mesin yang mengalami kegagalan sehingga mesin tersebut tidak dapat beroperasi. Tingkat kerusakan atau *failureability* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad (8)$$

Tingkat Ketersediaan (*Availability*), merupakan kesiapan suatu mesin atau peralatan baik dalam kuantitas maupun kualitas selama mesin melakukan proses operasi dalam kondisi tertentu. Nilai *availability* per satuan waktu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Availability} = \text{TTF} / (\text{TTF} + \text{TTR})$$

Dengan:

TTF = time to failure

TTR = time to repair

2.3 Kurva Bath Tube

Laju kerusakan mesin akan berubah sepanjang waktu. Dari pengalaman maupun percobaan dapat diketahui bahwa kerusakan suatu mesin / produk / komponen akan mengikuti suatu pola dasar kurva yang disebut dengan kurva bath tube. Berikut adalah gambar 3 kurva bath tube :

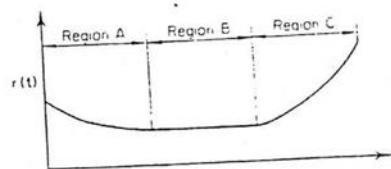


Fig. 2.8

Regions A, B and C of Figure 2.8 may be interpreted as

- A a running-in period
- B normal operation where failures occur due to chance
- C deterioration (i.e. wear out) occurring.

Gambar 3 : Kurva Bath Tube

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data pengamatan yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis untuk mengetahui dua variabel penting yang harus dimasukkan ke dalam tabel distribusi weibull adalah TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) agar perhitungan selanjutnya bisa dilakukan. dengan adanya TTF dan TTR tiap data bisa dihitung variabel Y_i , $f(t_i)$, X_i , X_i^2 , $X_i Y_i$, $R(t_i)$ (keandalan), $F(t_i)$ (kerusakan), *Availability* (ketersediaan).

Berikut contoh perhitungan distribusi weibull pada data pertama :

TTF (time to failure) : 18 jam

TTR (time to repair) : 4,5 jam

a. $Y_i = a + bX_i$; dimana $Y_i = \ln(t_i)$

$$Y_i = \ln(18,33) = 2,890$$

b. $f(t_i) = i - 0,3 / n + 0,4$;

$$f(t_i) = 1 - 0,3 / 7 + 0,4 = 0,095$$

c. $X_i = \ln [\ln [1 - f(t_i)]^{-1}]$
 $= \ln [\ln [1 - 0,095]^{-1}]$

$$= -2,309$$

$$d. \quad X_i^2 = (-2,309)^2 \\ = 5,331$$

$$e. \quad X_i Y_i = (-2,039) \times (2,890) \\ = -6,674$$

$$f. \quad \frac{b = n \sum_{i=0}^n X_i Y_i - [\sum_{i=0}^n X_i][\sum_{i=0}^n Y_i]}{n \sum_{i=0}^n X_i^2 - [\sum_{i=0}^n X_i]^2}$$

$$b = \frac{7(-9,311) - (-3,556)(19,722)}{7(8,778) - (-3,556)^2}$$

$$b = 0,10$$

$$g. \quad \beta = 1 / b \\ = 1 / 0,10 \\ = 9,83$$

$$h. \quad \frac{a = \sum_{i=0}^n Y_i - b \sum_{i=0}^n X_i}{4}$$

$$a = \frac{19,722 - (0,10)(-3,556)}{7}$$

$$a = 2,87$$

$$a = \ln(\alpha)$$

$$\alpha = \exp a \\ = \exp 2,87 \\ = 17,62$$

$$g. \quad R(t_i) = \exp[-(t_i / \alpha)^\beta] \\ = \exp[-(18 / 17,62)^{9,83}] \\ = 0,292$$

$$k. \quad F(t_i) = 1 - R(t_i) \\ = 1 - 0,292 \\ = 0,708$$

Tabel 1. tabel hasil perhitungan distribusi weibull untuk data seluruh chiller yang mengalami kerusakan dan perbaikan kebocoran kondensator

No.	TF(ti)	TTR	Yi	f(ti)	Xi	Xi2	Xi.Yi	R(ti)	F(ti)	Availabilit
1	18.0	4.5	2.89	0.09	-2.31	5.33	-6.67	0.29	0.71	0.80
2	9.0	3.0	2.20	0.23	-1.34	1.80	-2.95	1.00	0.00	0.75
3	17.0	2.5	2.83	0.36	-0.79	0.62	-2.24	0.50	0.50	0.87
4	20.0	3.0	3.00	0.50	-0.37	0.13	-1.10	0.03	0.97	0.87
5	19.0	3.0	2.94	0.64	0.01	0.00	0.02	0.12	0.88	0.86
6	19.5	3.5	2.97	0.77	0.39	0.15	1.15	0.07	0.93	0.85
7	18.0	6.5	2.89	0.91	0.86	0.74	2.48	0.29	0.71	0.73
			19.72	3.50	-3.56	8.78	-9.31			

3.1 Kurva Bath Tube C (gambar 4)

Hasil perhitungan untuk parameter bentuk (β) adalah 9,83. Gambar 4 menunjukkan nilai parameter bentuk (β) berada di daerah kurva *bath tube* atau biasa disebut

komponen / mesin berada pada kondisi *wear-out* karena nilai $\beta > 1$.

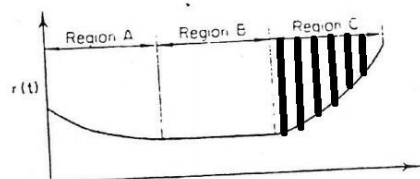


Fig. 2.8

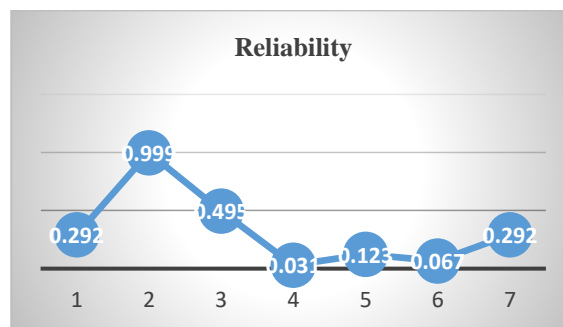
Regions A, B and C of Figure 2.8 may be interpreted as

- A a running-in period
- B normal operation where failures occur due to chance
- C deterioration (i.e. wear out) occurring.

Gambar 4 : kurva *bath* berada pada kondisi *wear-out* karena nilai $\beta > 1$.

Karena laju kerusakan / kegagalan cenderung naik, maka ini mengindikasikan kondensator tersebut sering rusak (bocor) bisa disebabkan oleh kegiatan perbaikan yang kurang maksimal, mesin terus menerus dioperasikan setiap hari dan umur pemakaian komponen tersebut sudah sangat lama. Jika melihat seperti ini maka sangat disarankan komponen tersebut harus diganti dengan yang baru atau dilakukannya perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) guna menghindari terjadinya kebocoran pada chiller terutama di bagian kondensator.

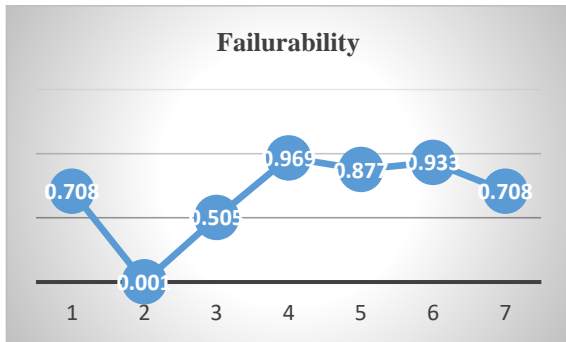
3.2 Laju Keandalan (Reliability)



Grafik 1, Laju Keandalan (Reliability)

Berdasarkan grafik 1 laju keandalan $R(t_i)$ tertinggi dapat diketahui pada data ke-2 yakni 0,999 yang mana memiliki nilai TTF (*time to failure*) paling kecil dibanding yang lainnya yakni 9. Sedangkan untuk laju keandalan terendah di dapat pada data ke-4 yakni 0,031 dan memiliki nilai TTF (*time to failure*) tertinggi yakni 20. Bisa disimpulkan bahwa laju keandalan akan berbanding terbalik dengan waktu kerusakannya (TTF). Dimana semakin lama komponen tersebut mengalami kerusakan, maka keandalannya semakin berkurang.

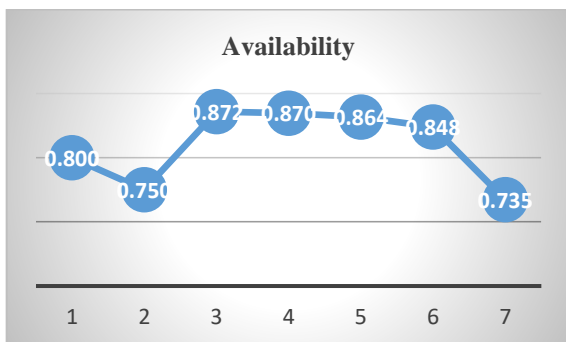
3.2 Laju Kegagalan (*Failureability*)



Grafik 2, Laju Kegagalan (*Failureability*)

Pada grafik 2 terlihat bahwa laju kerusakan ($F(t)$) tertinggi dicapai oleh data ke-4 yang memiliki TTF paling tinggi juga yakni 20 jam, dan laju kerusakan terendah dicapai oleh data ke-2 yang memiliki TTF paling rendah yakni 9 jam. Dapat disimpulkan bahwa jika kondensor dibiarkan bocor atau mengalami kerusakan terlalu lama, maka tingkat kerusakannya pun akan semakin parah

3.4 Laju Ketersediaan (*Availability*)



Grafik 3, Laju Ketersediaan (*Availability*)

Berdasarkan grafik 3 tingkat ketersediaan tertinggi adalah pada data ke-3, dimana pada data tersebut memiliki nilai TTR (time to repair) sebesar 2,5. Nilai TTR tersebut adalah nilai paling kecil dibanding nilai TTR pada data yang lainnya. Ketika kondensor mengalami kebocoran, hanya diperlukan waktu 2,5 jam untuk memperbaikinya, sehingga tingkat ketersediaan mesin kembali beroperasi paling tinggi yakni 0,872

5. KESIMPULAN

Manajemen perawatan pada mesin Chiller FMC 20 di Grand Yoga Kepatihan berdasarkan perhitungan di tabel distribusi *Weibull* masih belum memuaskan untuk kebocoran unit kondensor. Pada laju keandalan mesin (*reability*), dimana nilai keandalan yang sangat tinggi hanya dimiliki oleh satu data yakni data ke-2 (0,999) yang memiliki waktu kerusakan (TTF) terendah 2,5

jam. Namun keenam data lainnya memiliki nilai laju keandalan yang sangat rendah rata-rata hanya mencapai 0,0 – 0,2. Tentu hal ini juga berimbas pada laju kerusakannya, semakin lama kondensor pada chiller dibiarkan bocor maka tingkat kerusakannya juga akan tinggi. Hal ini bisa berakibat fatal karena bisa memacu kerusakan pada komponen lainnya bila dibiarkan bocor / rusak. Namun untuk laju ketersediaan mesin terbilang masih baik, dimana rata-rata nilainya adalah 0,7-0,8. Dengan hasil ini, tingkat kesiapan mesin untuk kembali beroperasi masih tinggi akibat aksi perbaikan yang tidak terlalu lama

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. G. Otaya, "Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (Reliability) Dan Analisis Rawatan (Maintainability)," Jurnal Manajemen Pendidikan Islam, vol. 4, pp. 44-47, 2016.
- [2] Dr. P. K. Suri, Parul Raheja, A Study on Weibull Distribution for Estimating the Reliability, International Journal of Engineering and Computer Science, Vol. 4 No. 07 (2015).
- [3] Alessio Angius, Marcello Colledani, Laura Silipo, Anteneh Yemane, A Study on Weibull Distribution for Estimating the Reliability, Elsevier, IFAC, paper on line, volume 49, issue 12, 2016, pages 568-573.
- [4] Rosmaini Ahmad, Shahrul Kamaruddin, An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application, Elsevier, Computer and industrial engineering, volume 63, issue 1, august 2012, page 135-149.
- [5] Dr. Neeraj Chavda, Jayesh S. Arya, Design and Performance Analysis of Water Chiller – A Research, June 2014, International Journal of Engineering Research and Applications 4(6(4)):19-25.
- [6] ASHRAE HANDBOOK (2009), HVAC System and Equipment (SI).
- [7] M. Colledani, T. Tolio, A. Fischer, B. Lung, C. Lanza, R. Schmitt, J. Vancza, Design and management of manufacturing systems for production quality, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 63 (2014), pp. 773-796.
- [8] A. K. S. Jardine, "Maintenance, Replacement, and Reliability," Canada: Pitman Publishing, 1973.
- [9] D.R. Dolas, M.D. Jaybhaye, S.D. Deshmukh, "Estimation the System Reliability using Weibull Distribution," IPEDR. 2014. V75. 29, DOI: 10.7763.
- [10] Dhwyia S. Hassun, Nathier A, Ibrahim, Assel N. Hussein, Comparing Different Estimators of Parameters and Reliability for Mixed Weibull by Simulation, American Journal Of Scientific And Industrial Research, 2012, 3(6), pp 406-429.