

PENGUKURAN PERFORMANSI ALGORITMA *CLUSTER IDENTIFICATION EXTENDED* PADA PROSES PENJADWALAN PEMBUATAN KOMPONEN DIE DI INDUSTRI KECIL

Ating Sudradjat

Staf Pengajar Program Studi Proses Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40162
Telp. (62) (22) 2013 789 ext. 267, e-mail: atingsudradjat@gmail.com

ABSTRAK

Pembahasan tulisan ini mengenai pengukuran performansi algoritma cluster identification extended dari teknologi kelompok dan mensimulasikannya dalam proses penjadwalan pembuatan komponen dies di proses pemesian. Kajian ini dilakukan guna mendapatkan metoda penjadwalan pembuatan komponen/produk yang optimal sehingga mencapai tingkat efisiensi kerja yang diharapkan dalam proses manufacturing.

Efisiensi pekerjaan dalam proses manufaktur merupakan suatu usaha untuk mempercepat waktu penyelesaian luaran pekerjaan dan utilisasi terhadap penggunaan peralatan dan mesin. Pengukuran performansi dilakukan dengan melihat perilaku penjadwalan baik dilakukan secara kelompok maupun secara acak terhadap pekerjaan pembuatan komponen dies yang harus dikerjakan di proses pemesian.

Dengan adanya pengelompokan pekerjaan yang sejenis memberikan hasil sekumpulan kesamaan proses, sehingga memberikan kemudahan dalam pengaturan peralatan dan mesin, hal ini mempunyai pengaruh positif terhadap penghematan waktu total penyelesaian dan mempermudah dalam pengelolaannya.

Kata kunci/key words: *cluster identification extended, performansi, pekerjaan*

1. PENDAHULUAN

Efisiensi kerja pada suatu proses operasi menjadi tujuan utama dalam sistem industri terlebih dalam proses manufaktur, segi tiga *cost, delivery* dan *quality* menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan agar mampu bersaing di pasar. Oleh karena itu, pengaturan dan penjadwalan pekerjaan pada mesin dan peralatan yang terarah akan sangat dibutuhkan agar utilitasnya tinggi.

Pemilihan metoda penjadwalan kerja yang tepat dalam proses manufaktur pada gilirannya akan sangat berdampak pada efisiensi biaya pembuatan suatu produk/ komponen sehingga harga jualnya akan mampu bersaing.

Pengukuran performansi yang dilakukan terhadap metoda cluster identification extended (CIE) diharapkan dapat memberikan gambaran perilaku pemakaian mesin dan peralatan secara efisien. Alasan dan kelebihan dari metoda CIE ini adalah: 1). Pengelompokan dilakukan menjadi family komponen untuk pekerjaan dengan proses yang sama. 2). Ada kemudahan dalam mengelompokkannya

pemesian. 3). Berdasarkan kebutuhan proses pengerjaan dimungkinkan adanya perbaikan kesamaan peralatan yang diperlukan.

Berdasarkan telaahan terhadap berbagai tulisan menunjukkan bahwa masalah pengelompokan komponen dan mesin telah banyak dilakukan, hal ini seiring dengan perkembangan teknologi mesin-mesin industry [6], dengan mengambil manfaat dari apa yang telah dilakukan para peneliti terdahulu, pengukuran performansi terhadap CIE ternyata cukup memberikan peluang untuk dilakukan terutama dalam membantu memberi masukan bagi industri kecil [1,2]. Metoda ini pun secara keseluruhan dapat digunakan pada variasi dan jumlah produk yang cukup banyak [2,3,6], aplikasi dari CIE juga bisa digunakan pada area kerja tertentu. [9]

Pembahasan dilakukan untuk menentukan peralatan dan mesin sesuai dengan kebutuhan proses dan mengamati waktu penyelesaian pekerjaan pembuatan komponen pada setiap mesin dengan melihat hubungan family komponen dalam kelompok dan penyelesaian secara acak

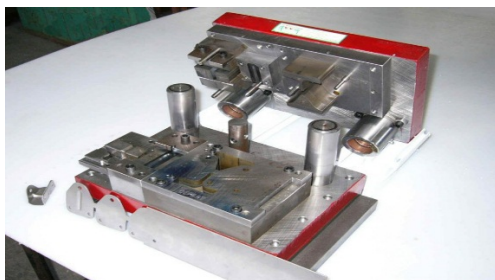
Data komponen uji dalam scenario proses percobaan menggunakan komponen-komponen untuk pembuatan die set yang akan dikerjakan di mesin, dan sebagai dasar acuan penentuan waktu estimasi awal pengerjaan awal digunakan [4] formula:

$$Waktu Pemesinan per Komponen (t_{ijk}) = tp_{ijk} + ts_{ijk} + \sum_{l=1}^l tm_{(ijk)l} \dots\dots\dots 1$$

dimana:

- t_{ijk} = waktu pemesinan komponen ke i pekerjaan j pada mesin k
- tp_{ijk} = waktu stel pahat
- ts_{ijk} = waktu pasang benda kerja
- $tm_{(ijk)l}$ = waktu proses
- l = jumlah operasi / komponen

Sementara komponen die set yang digunakan sebagai dalam uji coba terdiri dari: hooks, klem, hings, die cut edge clamp ring, die core block, die core, draw ring, stripper, die cut edge, punch, punch cut edge clamp ring, knock out, balok pengarah bawah, tiang pengarah, poros dudukan, shank, base plate, berdasarkan gambar teknik dari setiap komponen tersebut kemudian dibuat urutan proses dari setiap komponen tersebut untuk menentukan kebutuhan *tools* dan alat bantu lainnya, lihat contoh die set seperti pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Contoh Dies set

Pada pelaksanaan proses uji performansi CIE, sampel komponen die set yang diambil seperti pada table 1 *Part list* berikut:

Tabel 1. Part List PP CAP 280 STD 3.

1	Shank	32	St 37	φ50 x 60
2	Bus Pengarah	31	Kuningan	φ44 x 46
2	Pelat Pengarah	30	St 37	46x68x68
2	Atas	29	St 37	9x33x85
2	Pelat Pengarah	28	St 37	9x33x282
9	2	27	-	Φ7x1/2"x76
3	Pelat Pengarah	26	-	Φ11x16x40
4	1	25	St 37	Φ20x71,5
2	Pegas Tekan 2 *	24	15 Crn 16	Φ30x140
2	Pegas Tekan 1 *	23	St 37	30x88x46
10	Dudukan Poros	22	-	M6x10
6	Tiang Pengarah	21	-	M8
9	Balok Pengarah	20	-	M6x70

21	Mur *	18	-	M8x40
8	Baud Pemegang	17	-	M10x30
1	*	1615	St 37	16x100x100
2	Baud Inbus *	14	St 60	φ6x20
1	Baud Inbus *	13	MS	12x100x113
1	Baud Inbus *	12	St 37	38x282x286
1	Pelat Tutup	11	MS	15x205x210
3	Pin Pengarah	10	AMS	Φ28,5x67
3	Knock out	9	AMS	Φ86x64
3	Upper Die	8	St 60	Φ87,5x20
1	Punch Cutedge	7	St 37	9x210x450
3	Clamp	6	AMS	Φ88x20
3	Punch Cutedge	5	AMS	Φ61,5x24
3	Punch Cutedge	4	AMS	Φ28x34,3
3	Stripper	3	AMS	Φ28x91,5
3	Landasan	2	AMS	Φ86x50
1	Pengarah	1	MS	15x205x210
1	Die Cutedge		St 37	38x282x286
	Draw Ring			
	Draw Core			
	Trimming			
	Die Core Block			
	Die Cutedge			
	Clamp R			
	Lower Die Set			

Qty	Parts Name	No	Material
PP CAP 280 STD 3	Draw		P0273-00
Dies			

2. PEMODELAN SISTEM DAN SKENARIO PENGUKURAN

Penyelesaian permasalahan dilakukan dengan menggunakan pendekatan algoritma CIE merupakan pengembangan dari *cluster identification* yang dikembangkan Andrew Kusiak [4], melalui pendekatan CIE diharapkan dapat melakukan perbaikan pengelompokkan komponen yang tidak dapat dipisahkan kedalam dua sub matriks dis joint, dengan alasan komponen-komponen tersebut memerlukan proses campuran yang kemudian menghasilkan matriks dekomposisi yang memisahkan kedalam dua mesin yang berbeda guna menghilangkan tumpang tindih. Algoritma dinyatakan:

Langkah 0 : tetapkan jumlah iterasi $k = 1$

Langkah 1 : pilih mesin/alat (baris dari matriks $A^{(k)}$) berdasarkan kepentingan penggunaan mesin/alat, buat garis horizontal h_i sehingga setiap baris dari matriks $A^{(k)}$ akan berhubungan dengan mesin/alat

Langkah 2 : untuk setiap kolom dalam matriks $A^{(k)}$ yang berhubungan dengan pemasukan angka satu, dan tergaris oleh garis horizontal h_i buat garis silang vertical v_i

- Langkah 3 : untuk setiap kolom dalam matriks $A^{(k)}$ yang terhubung dengan garis vertical v_j seperti pada langkah 2, buat garis horizontal h_i , berdasarkan hubungan mesin/alat dari setiap langkah diatas, dapat dibentuk kelompok mesin/alat sementara $KM' - k$
- Langkah 4 : untuk semua perpotongan dari kedua garis silang pada masukan angka 1 dalam matriks $A^{(k)}$ dari $KM' - k$ dikatakan sebagai family komponen\
- Langkah 5 : ubah bentuk matriks insiden $A^{(k)}$ kedalam matriks $A^{(k+1)}$ dengan memindahkan baris dan kolom yang berhubungan dengan baris dan kolom yang meliputi $KM' - k$ dan $PF - k$
- Langkah 6 : Jika matriks $A^{(k+1)} = 0$ (dimana 0 menunjukkan bahwa semua elemen matriks sama dengan 0) perhitungan terhenti. Jika $k = k + 1$ kembali ke langkah 1.

Skenario pengukuran dilakukan melalui pendekatan model algoritma Johnsons yang digunakan pada proses penjadwalan untuk permasalahan $n/2/G/Fmax$, dimana diassumsikan bahwa beberapa pekerjaan pembuatan komponen pada mesin bisa dikerjakan dengan mengelompokkan pekerjaan kedalam beberapa type, yakni:

- Type A : hanya dikerjakan pada mesin M1
Type B : hanya dikerjakan pada mesin M2
Type C : dikerjakan melalui mesin M1 selanjutnya di mesin M2
Type D : dikerjakan melalui mesin M2 selanjutnya di mesin M1

Dengan jadwal optimal seperti berikut:

- Jadwal dari pekerjaan type A untuk semua order diberikan urutan Sa
- Jadwal dari pekerjaan type B untuk semua order diberikan urutan Sb
- Jadwal dari pekerjaan type C untuk semua order diberikan urutan Sc, dengan algoritma Johnsons untuk permasalahan $n/2/F/Fmax$
- Jadwal dari pekerjaan type D untuk semua order diberikan urutan Sd, dengan acuan algoritma Johnsons untuk permasalahan $n/2/F/Fmax$ dengan menganggap M2 sebagai mesin pertama untuk memproses dan M1 dianggap sebagai mesin kedua proses

Sehingga jadwal optimal akan:

Mesin	Proses
M1	Sc, Sa, Sd

Mengacu table 1 Part List PP CAP 280 STD 3, dari sejumlah komponen sampel terdapat 8 komponen yang di beli, selebihnya diproses pemesinan, namun demikian dalam kasus ini proses uji hanya menentukan 9 komponen uji sampel sebagai contoh pengujian dalam proses pengelompokkan menjadi family komponen, seperti pada:

Table 2. Contoh daftar urutan komponen sampel dan waktu pengerjaannya (jam).

Komp. Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proses									
Bbt muka	0,4	0,47	0,15	0,15		0,2	0,2	0,4	
Bbt datar	0,68		0,1	0,1		0,15			
Champer	0,1	0,13	0,05	0,05		0,1		0,4	
Bbt Lubang							0,5	0,6	
B. Ulir	0,67		0,2	0,2		0,2		1,2	
B. Bentuk	0,5	0,5					0,15		
Frais		0,3	0,5	0,5	0,4	0,32			11,9
Hor.									
Frais Ver					0,22			2,0	9,7
Frais Alur					0,4				
F. bentuk		0,2	0,2	0,2					
Drill		0,22	0,15	0,15	0,1				5,65
Taping									
Fin. Hor.				6,4	6,6				
Set up									

Dari table 2 kemudian dibuat table matriks insidennya seperti berikut:

Tabel 3. Contoh matriks insiden awal komponen

Komp. Uji	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proses									
Bbt muka	1	1	1	1		1	1	1	
Bbt datar	1		1	1		1			
Champer	1	1	1	1		1		1	
Bbt Lubang							1	1	
B. Ulir	1		1	1		1		1	
B. Bentuk	1	1					1		
Frais Hor.		1	1	1		1			1
Frais Ver					1			1	1
Frais Alur					1				
F. bentuk		1	1	1					
Drill		1	1	1	1				1
Taping									
Grin. Hor.				1	1				
Set up									

Urutan proses pada matriks insiden menunjukkan bahwa proses pengerjaan untuk 9 komponen uji membutuhkan 4 mesin yaitu mesin bubut, frais, drill dan horizontal grinding. Untuk mempermudah proses pengelompokkan menjadi family komponen menggunakan bantuan pemrograman komputer menggunakan bahasa C yang hasil pengelompokkan dari 9 komponen uji tersebut seperti pada table 3

Tabel 3. Matriks Hasil Pengelompokkan

M/P	05	09	04	01	02	03	06	07	08
8	1	1	1		1	1	1		
9	1	1							1
10	1								
11	1		1			1			
12	1	1	1		1	1			
14		1							
1			1	1	1	1	1	1	1
2			1	1		1	1		
3			1	1	1	1	1		1
4								1	1
5			1	1		1	1		1
6				1	1			1	
7			1						

Tabel 4. Resume hasil pengelompokkan dengan metoda CIE

Jumlah Komponen Uji	Kelompok	No. Komponen
9 Jenis	1	5, 9,
	2	4, 1, 2, 3, 6, 7, 8

Hasil pengelompokkan seperti pada table 4 tersebut kemudian dilakukan uji performansi dengan cara memasukkannya kedalam jadwal pengerjaan kelompok dan kemudian membandingkannya dengan jadwal pengerjaan komponen yang tidak dikelompokkan.

Kedua jadwal tersebut dievaluasi dengan beberapa macam besaran yang melibatkan informasi tentang waktu penyelesaian, pengukuran waktu merupakan fungsi dari sekumpulan waktu penyelesaian dalam jadwal tersebut. Dalam uji performansi ini digunakan ukuran :

- Waktu alir rata-rata (*flowtime*):

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{n} \dots\dots\dots 2$$

- Waktu tunggu rata-rata, utilitas mesin rata-rata, dan waktu set-up total rata-rata

3. HASIL PENGUKURAN DAN DISKUSI

Proses pengukuran performansi dilakukan terhadap metoda CIE dan pengerjaan secara acak sebagai pembanding, yang kemudian disimulasikan menggunakan jumlah komponen uji 2 buah/jenis dengan bantuan software SIMAN seperti pada table 4 dan 5 Hasil simulasi SIMAN berikut:

Table 4. hasil simulasi SIMAN model acak

Summery for Replication 1 of 1

Project : GT Rand n = 9 type Run
 execution date: 28/10/2017
 Analyst: Ating Model revision date:
 31/10/2017
 Replication ended at time : 125.00

TALLY VARIABLES

identifi er	Averag e	Variatio n	Minimu m	maximu m	Obs
Waiting time	516.10	1.0011	3.7400	1316.6	9
Flow time	86.923	.62461	3.7300	135.83	9

DISCRETE – CHANGE VARIABLES

identifier	Averag e	Variatio n	Minimu m	maximu m	Final value
Machine 1 Utilizatio n					.000 0
Machine 2 Utilizatio n	98.552	.12248	.00000	100.00	.000 0
Queue length 1	15.295	2.5333	.00000	100.00	.000 0
Queue length 2	10.386	.26661	.00000	13.000	.000 0
Machine 1 Set Up time total	.80139	2.9245	.00000	13.000	.000 0
Machine 2 Set Up time total	1.4409	.47856	.00000	4.5600	4.56 0
	2.7315	.21919	.00000	2.9400	
					2.94 0

Table 5. hasil simulasi SIMAN metoda CIE

Summery for Replication 1 of 1

Project : GT CIE n = 9 type Run
 execution date: 28/10/2017
 Analyst: Ating Model revision date:
 31/10/2017
 Replication ended at time : 134.49

TALLY VARIABLES

identifier	Average	Variation	Minimum	maximum	Obs.
Waiting time	474.89	.99199	4.4300	1219.3	9
Flow time	81.888	.70752	3.1500	134.29	9

DISCRETE – CHANGE VARIABLES

identifier	Averag e	Variatio n	Minimu m	maximu m	Final value
Machine 1 Utilizatio n					.000 0
Machine 2 Utilizatio n	98.505	.12317	.00000	100.00	.000 0
Queue length 1	14.648	2.4139	.00000	100.00	.000 0
Queue length 2	9.6775	.31118	.00000	13.000	.000 0
Machine 1 Set Up time total	.99663	2.8102	.00000	13.000	.000 0
Machine 2 Set Up time total	1.0753	.41280	.00000	3.0600	3.06 0
	1.7114	.21284	.00000	1.8400	
					1.84

Interpretasi hasil simulasi awal menunjukkan adanya perbedaan waktu rata-rata pengerjaan seperti pada:

Tabel 6. Perbandingan waktu pengerjaan antara metoda CIE dan metoda acak dengan 9 jenis komponen

Tolok Ukur	Metoda	
	CIE	Acak
Tunggu Rata-rata (menit)	474.89	516.10
Alir Rata-rata (menit)	81.888	86.923
Utilitas Mesin 1 (%)	98.505	98.552
Utilitas Mesin 2 (%)	14.648	15.295
Set-up M 1 (menit)	1.0753	1.4409
Set-up M2 (menit)	1.7114	2.7315

Selanjutnya beberapa skenario pengukuran dicoba dilakukan secara berulang untuk melihat perilaku metoda dengan menambahkan beberapa variasi jenis komponen, sehingga: 1). n=9 jenis, 2). n=15 jenis, 3). n=20 jenis dan 4). n=24 jenis, namun karena masih dengan jumlah unit/jenis tetap sama 2 buah. Hasilnya seperti pada table 7 dan 8 berikut:

Tabel 7. Hasil proses percobaan metoda CIE

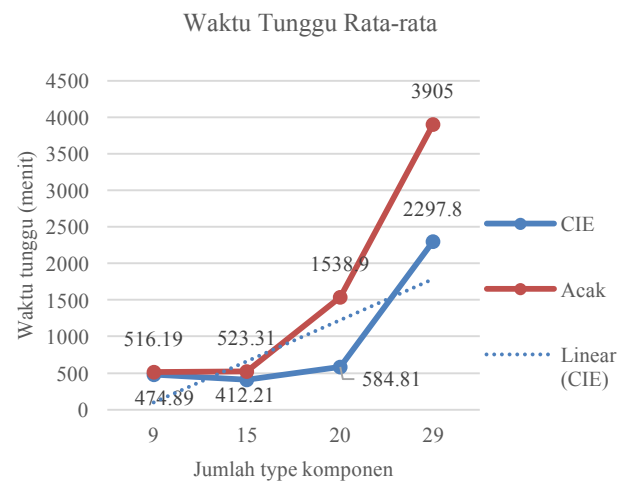
Tolok Ukur	Jumlah Jenis Komponen			
	9	15	20	29
Waktu Tunggu Rata-rata (menit)	474.89	412.21	584.81	2297.8
Waktu Alir Rata-rata (menit)	81.888	74.924	86.342	193.93
Utilitas	98.51	98.62	99.47	99.64
Msn 1 (%)	14.65	28.35	35.72	30.35
Utilitas	1.0753	1.4420	1.2821	3.1652
Msn 2 (%)	1.0753	1.4420	1.2821	3.1652
Set-up Msn 1 (menit)	1.7114	1.5014	2.8285	3.5710
Set-up Msn 2 (menit)	1.7114	1.5014	2.8285	3.5710

Tabel 8. Hasil proses percobaan metoda pengerjaan acak

Tolok Ukur	Jumlah Jenis Komponen			
	9	15	20	29
Waktu Tunggu Rata-rata (menit)	516.19	523.31	1538.9	3905
Alir Rata-rata (menit)	86.923	92.041	154.7	255.53

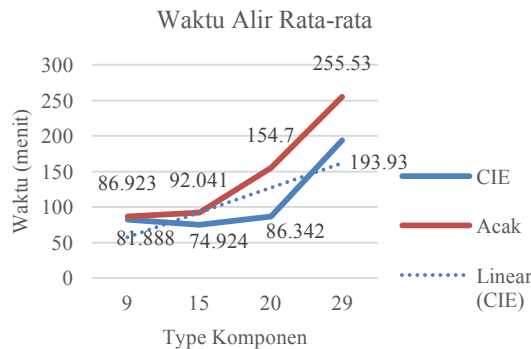
Tolok Ukur	Jumlah Jenis Komponen			
	9	15	20	29
Waktu Alir Rata-rata (menit)	98.59	99.02	99.24	99.48
Utilitas	15.295	20.35	20.89	20.93
Msn 1 (%)	1.4409	1.3570	2.1883	3.2160
Utilitas	2.7315	4.1420	5.7224	6.3419
Msn 2 (%)	2.7315	4.1420	5.7224	6.3419
Set-up Msn 1 (menit)				
Set-up Msn 2 (menit)				

Mengacu pada tolok ukur keberhasilan jadwal pengerjaan pembuatan komponen, maka perbandingan waktu rata-rata CIE terlihat lebih kecil baik dalam proses pengerjaan dalam jumlah yang banyak maupun sedikit dibanding dengan metoda pengerjaan secara acak, seperti pada gambar 2 Grafik waktu tunggu rata-rata berikut:



Gambar 2. Grafik Waktu Tunggu rata-rata hasil dari 4 kali percobaan

Demikian pula dengan perbandingan waktu alir rata-rata menunjukkan bahwa CIE terlihat lebih baik dibandingkan dengan metoda pengerjaan secara acak, seperti terlihat pada gambar 3 grafik waktu alir rata-rata berikut:



Gambar 3 Grafik waktu alir rata-rata hasil dari 4 kali percobaan

Bila diperhatikan, secara umum kedua metoda pengerjaan akan sangat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah dan jenis komponen yang harus dikerjakan, sehingga memberikan arti bahwa jadwal dengan kedua metoda pengerjaan sangat peka terhadap adanya perubahan jumlah dan jenis komponen. Namun demikian pengaruh metoda pengelompokkan dengan CIE memberikan perbedaan waktu penyelesaian total yang lebih pendek dibanding pengerjaan yang dilakukan secara acak.

Pengaruh metoda CIE yang terjadi terjadi sangat terlihat pada waktu tunggu rata dan waktu alir rata sementara rata-rata utilitas mesin terlihat pada mesin 2 yang menunjukkan adanya peningkatan kesetimbangan beban dengan mesin 1.

4. SIMPULAN

Metoda pengerjaan dengan cara pengelompokkan pekerjaan sejenis berdasarkan kesamaan proses memberi kemudahan dan berpengaruh positif efisiensi kerja. Secara keseluruhan metoda CIE memberikan performansi yang lebih baik bila dibanding dengan cara pengerjaan secara acak terutama untuk jumlah pekerjaan yang cukup banyak.

DAFTAR PUSATAKA

- [1] Andrew Kusiak and Wings Chow, An Efficient Cluster Identification Algorithm, University of Iowa, 1982.
- [2] Ating Sudradjat, Mempelajari Performansi Metoda ROC Dari Konsep Teknologi Kelompok Pada Proses Pengerjaan Komponen Di Dua Mesin Cell EMCO FMS Industrial Type, Institut Teknologi Bandung, 1994.
- [3] Appold, Hans, Technology Of The Metal Trade, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1987.
- [4] Conway, Richard, W., Theory Of Scheduling, Addison Wesley Publishing Company, Inc, 1987.
- [5] Pegden, C., Dennis, Introduction To Simulation Using SIMAN, Mc Graw Hill International Editions, 1991.
- [6] Satyanarayana, D, M. Pramila Devi, and Prasad, , Review Paper on Clustering Algorithms for Cell Formation in Cellular Manufacturing, School of Mechanical Engineering, Vignan University. 2003
- [7] Selim H.M., Askin R.G., and Vakharia A.J., "Cell Formation in Group Technology: Review, Evaluation and Directions for Future Research". Computers and Industrial Engineering, 1998.
- [8] Sarker B.R., and Mondal S., "Grouping Efficiency Measures in Cellular Manufacturing: A Survey and Critical Review". International Journal of Production Research. 1999.
- [9] [XiuLi Zhao](#)^{1, 2, *} and [WeiXiang Xu](#), An Extended Affinity Propagation Clustering Method Based on Different Data Density Types, Published online 2015 Jan 21. doi: [10.1155/2015/828057](https://doi.org/10.1155/2015/828057)