

APLIKASI *SCALING METHOD* PADA PERANCANGAN MESIN BOR KHUSUS PRODUK *END PLATE*

Iman Apriana Effendi, S.T.,M.T¹, Yuga Nugraha²

- (1) Dosen Jur. Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur
Negeri Bandung, Jl. Kanayakan 21 Bandung 40135,
email: effendi.iman@gmail.com
- (2) Mahasiswa D4 Polman Jur. Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk
email: obohk24@gmail.com

Abstark

Scaling method adalah salah satu metode yang digunakan untuk menyekala spesifikasi mesin. Spesifikasi mesin yang diskala mengakibatkan unit berdimensi berubah.

Metode ini diaplikasikan dengan empat fase alur kerja *scaling method*, mulai dari fase penentuan parameter dasar yang diperoleh dari dokumen enjineering dan *Modeling*. Fase *scaling* : penentuan persamaan dasar yang menyatakan spesifikasi dan geometri mesin. Pada fase ini akan diperoleh nilai skala yang digunakan. Fase pengembangan : pembuatan model desain baru dengan membuat *Modeling* dan draft. Fase evaluasi : membandingkan desain *scaling* dengan desain awal berdasarkan pada spesifikasi dan geometri mesin. Dengan mengikuti alur kerja *Scaling method* proses perancangan menjadi mudah dan efektif. Setiap proses dilakukan secara sistematis sehingga dapat membimbing perancangan dalam meningkatkan kreativitas dan mengevaluasi hasil perancangan. Hasil dari metode *scaling* ini memperkecil spesifikasi mesin awal

Kata kunci : *Methodology scaling*, Bilangan standar, Parameter dasar

1. Pendahuluan

Mesin bor *end plate* merupakan mesin yang berfungsi untuk membuat lubang pada produk *end plate*. Mesin ini digunakan pada proses pembuatan *end plate* tahap ke-6 setelah proses *embossing* dan sebelum proses *slotting* .

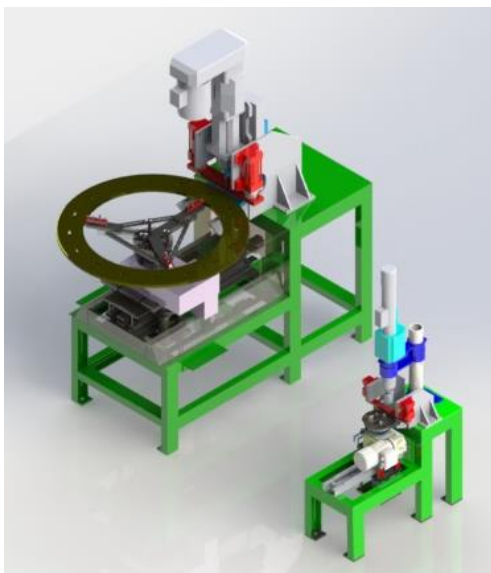
Mesin bor direncanakan akan dikendalikan oleh sistem pengendalian gerak. Untuk memudahkan proses perancangan mesin dengan sistem pengendalian gerak perlu dilakukan tahapan pembuatan model dengan

skala dimensi yang lebih kecil dari model awal. Model yang lebih kecil digunakan untuk mengetahui karakteristk mesin awal saat diaplikasikan sistem pengendalian gerak.



Gambar 1. 1 Mesin bor *end plate*

Proses perancangan dengan model skala dimensi yang lebih kecil dari model awal dapat dilakukan dengan *scaling method*. *Scaling method* adalah salah satu metode yang digunakan untuk memperkecil spesifikasi mesin. Spesifikasi yang diperkecil memungkinkan dimensi pada model awal dapat diperkecil.



Gambar 1. 2 Ilustrasi mesin yang diperkecil

2. *Scaling Method*

Menurut Tommaso Misuri, Francesco Battista, dan Mariano Andrenucci, *Scaling method* merupakan suatu metode yang penting untuk memprediksi spesifikasi sebuah desain dalam fase awal perancangan. *Scaling method* menghasilkan suatu rancangan mesin baru dengan geometri, ukuran dan spesifikasi yang diskala dari model desain awal tanpa menambahkan atau mengurangi fungsi.

Menurut jurnal *HET Scaling Methodology: Improvement and Assessment*, tahapan *scaling method* terbagi menjadi empat tahapan yaitu fase penentuan parameter dasar, fase *scaling* (persamaan dasar), fase pengembangan (pembuatan model), dan fase evaluasi (perbandingan antara desain awal dan desain baru). Proses perancangan akan menghasilkan suatu konstruksi dengan spesifikasi yang diskala.

A. Fase penentuan parameter dasar

Berdasarkan pembacaan konstruksi melalui dokumen engineering dan modeling berupa diagram fungsi dan struktur (FMS), didapat 14 parameter dasar dari 6 fungsi mesin bor *end plate*. Parameter dasar ini adalah spesifikasi dari mesin bor *end plate* yang akan berubah karena penyekalaan pada dimensi konstruksi.

Tabel 2. 1 Daftar parameter dasar

No	Fungsi	Spesifikasi	unit
1	Pemegang benda kerja	Gaya cekam palet	N
2	Pemosisian benda kerja	Kecepatan Waktu Daya (<i>actuator</i>) Putaran (<i>actuator</i>)	mm/s s kW rpm
3	Pengangkatan dan penurunan benda kerja	Gaya angkat Kecepatan Waktu	N mm/s s
4	<i>Stripper</i> (pencekaman)	Gaya cekam Kecepatan Waktu.	N mm/s s
5	Pengeboran	Gaya Pengeboran Daya (<i>actuator</i>) Putaran (<i>actuator</i>)	N kW rpm
6	Perputaran benda kerja	Kecepatan sudut	deg/s

B. Fase *scaling* (persamaan dasar)

Fase ini akan menghasilkan nilai skala (*size range*). Menurut David Randall yang dikemukakan pada jurnal *Dimensional Analysis, Scale Analysis, and Similarity Theories* untuk menghasilkan nilai skala perlu melakukan tahapan *scaling* analisis. Pada tahapan ini penulis

melakukan *scaling* analisis untuk mengetahui dua persamaan yaitu persamaan fisik dan persamaan geometri. Dari kedua persamaan tersebut akan diperoleh nilai skala (*size range*).

Berdasarkan referensi *roloff* suatu mesin yang diskala akan mengalami perubahan spesifikasi. spesifikasi dapat dilihat pada tabel 2.2.

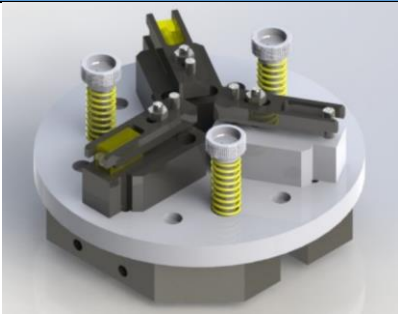
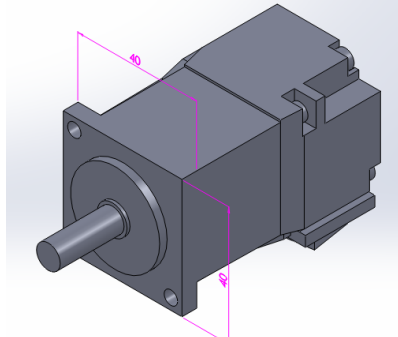
Tabel 2. 2 Kinerja fungsi

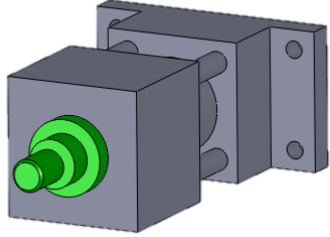
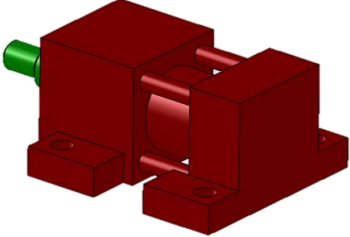
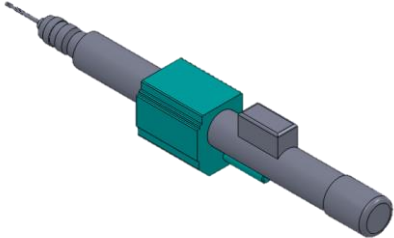
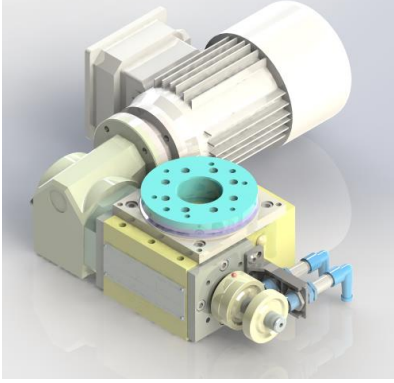
Kenngröße	Maßstab	Stufensprung	Reihe
1. Länge L	$q_L = L_1/L_0$	$q_{r/p}$	Rr/p
2. Fläche A	$q_A = A_1/A_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
3. Volumen V	$q_V = V_1/V_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
Masse m	$q_m = m_1/m_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
4. Dichte ρ	$q_\rho = \rho_1/\rho_0 = 1$	—	—
5. Kraft F	$q_F = F_1/F_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
6. Spannung σ	$q_\sigma = \sigma_1/\sigma_0 = 1$	—	—
Druck p	$q_p = p_1/p_0 = 1$	—	—
7. Zeit t	$q_t = t_1/t_0 = q_L$	$q_{r/p}$	Rr/p
8. Geschwindigkeit v	$q_v = v_1/v_0 = 1$	—	—
9. Beschleunigung a	$q_a = a_1/a_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (fallend)
Drehzahl n	$q_n = n_1/n_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (fallend)
10. Winkelbeschleunigung α	$q_\alpha = \alpha_1/\alpha_0 = q_L^{-2}$	$q_{r/-2p}$	Rr/-2p (fallend)
11. Leistung P	$q_P = P_1/P_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
12. Moment M bzw. T	$q_M = M_1/M_0 = q_L^3 = T_1/T_0$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
13. Widerstandsmoment W	$q_W = W_1/W_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
Arbeit W			
14. Flächenmoment 2. Grades I	$q_I = I_1/I_0 = q_L^4$	$q_{r/4p}$	Rr/4p
15. Massenmoment 2. Grades J	$q_J = J_1/J_0 = q_L^5$	$q_{r/5p}$	Rr/5p

Penyekalaan dimensi pada produk end plate dengan skala 0,5 mengubah spesifikasi mesin bor *end plate* menjadi lebih kecil dari spesifikasi

awal. Dengan bantuan dari tabel 2.2 kinerja fungsi didapat spesifikasi dan geometri untuk mesin scaling sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Spesifikasi dan geometri mesin baru

Fungsi	Spesifikasi	Geometri	Desain
Pemegang benda kerja	Gaya cekam palet: 1,72 N	Diameter palet : 130 mm Tebal palet : 68 mm	
Pemosisian benda kerja	Putaran : 4259 rpm Daya : 0,09kW Kecepatan : 111,5mm/s Waktu : 1,25detik	Dimensi PxL : 42x42	

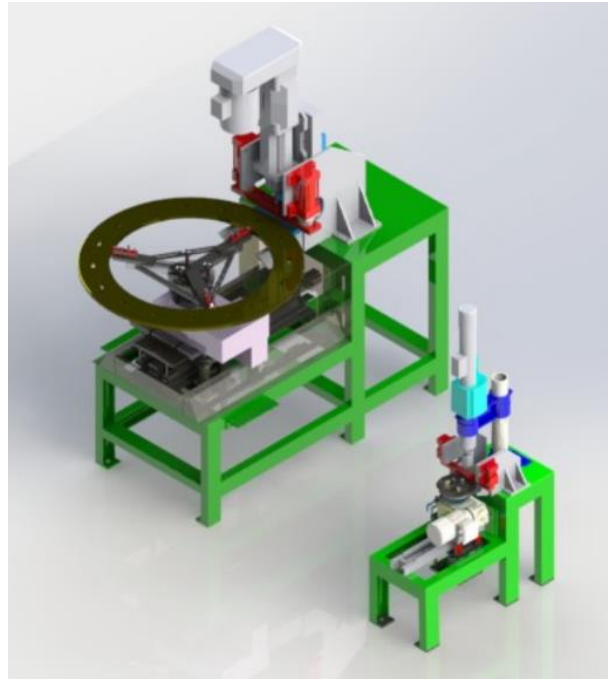
Pengangkatan dan penurunan benda kerja	Gaya <i>lifter</i> : 425,418 N Kecepatan : 10mm/s Waktu pergerakan Turun : 0,5detik Naik : 0,5detik	Diameter rod : 25,4mm	
<i>Stripper</i> (pencekaman)	Gaya <i>stripper</i> : $1,53517 \times 10^3$ N Kecepatan : 7,5mm/s Waktu pergerakan Turun : 2detik Naik : 1detik	Diameter rod : 15,87mm	
Pengeboran	Gaya pengeboran : 1023.45 N	Diameter bor : 6mm	
Perputaran benda kerja	Kecepatan sudut : 0.261 rad/s	Diameter <i>worktable</i> : Ø100mm	

C. Fase pengembangan (pembuatan model)

Fase Pengembangan adalah fase pembuatan model desain berupa

cad-data 3D *Modeling* dan draft. Pada fase ini akan terlihat jelas bentuk dari mesin yang diskala.

- Modeling mesin yang diskala

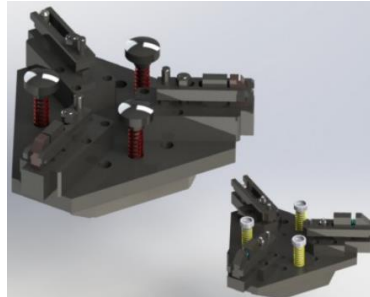


Gambar 2. 1 Mesin bor *end plate*

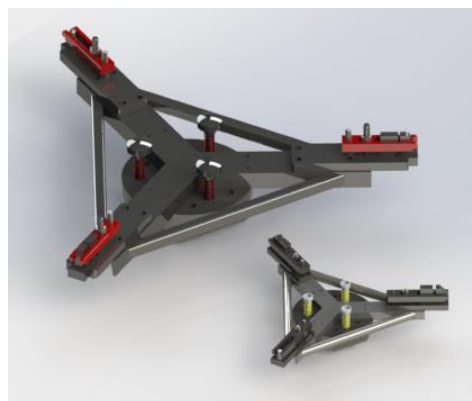
- Palet



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. 2 . a) Palet kecil, b) Palet sedang, c) Palet besar

D. Fase Evaluasi (Validasi kemampuan desain)

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir yaitu memverifikasi konstruksi yang diskala dengan cara

melakukan perbandingan berdasarkan pada spesifikasi dan geometri mesin yang diskala terhadap mesin awal. Hasil perbandingan menyatakan rasio pengecilan antara mesin *scaling* dan mesin awal.

Tabel 2. 4 Perbandingan spesifikasi

No	Fungsi	Spesifikasi	Unit	Besaran spesifikasi awal	Besaran spesifikasi diperkecil	Rasio pengecilan
1	Pemegang benda kerja	Gaya cekam palet	N	16.73	1.15	0.07
2	Pemosisian benda kerja	Kecepatan	mm/s	111.5	111.5	1
		Waktu	s	2.5	1.25	0.5
		Daya (actuator)	kW	0.3	0.09	0.3
		Putaran (actuator)	rpm	6388	4259	0.67
3	Pengangkatan dan penurunan benda kerja	Gaya angkat	N	825.689	114.71	0.14
		Kecepatan naik	mm/s	10	10	1
		Kecepatan turun	mm/s	10	10	1
		Waktu naik	s	1	0.5	0.5
		Waktu turun	s	1	0.5	0.5
4	Stripper (pencekaman)	Gaya cekam	N	1660	1535.17	0.92
		Kecepatan naik	mm/s	15	15	1
		Kecepatan turun	mm/s	7.5	7.5	1
		Waktu naik	s	2	1	0.5
		Waktu turun	s	4	2	0.5
5	Pengeboran	Gaya Pengeboran	N	2213.86	1023.45	0.46
		Daya (actuator)	kW	1.47	0.59	0.40
		Putaran (actuator)	rpm	1018.59	1856.3	1.82
6	Perputaran benda kerja	Kecepatan sudut	rad/s	0.261	0.261	1

Tabel 2. 5 Perbandingan geometri

Persamaan Geometri	Parameter	Geometri awal	Geometri diperkecil	Rasio pengecilan
Produk terkecil	Diameter luar (mm)	348	174	0.5
	Diameter dalam (mm)	220	110	0.5
Produk terbesar	Diameter luar (mm)	998	499	0.5
	Diameter dalam (mm)	720	360	0.5
Palet kecil	Diameter palet (mm)	210	130	0.62
	Tebal palet (mm)	139	68	0.49
Palet besar	Diameter palet (mm)	647	325.85	0.50
	Tebal palet (mm)	165.5	80	0.48
Selfeeder	Diameter mata bor (mm)	12.5	6	0.48
Silinder hidrolik stripper	Diameter rod (mm)	44.45	15.875	0.36
Rotary table	Diameter <i>worktable</i> (mm)	170	100	0.59
Meja rotary	Panjang (mm)	385	180	0.47
	Lebar (mm)	310	160	0.52
	Tinggi (mm)	492	292	0.59
Silinder hidrolik lifter	Diameter rod (mm)	25.4	15.875	0.63
Linier motion	Panjang (mm)	92	33.9	0.37
	Lebar (mm)	70	27	0.39
	Tinggi (mm)	30.2	10	0.33
Ballscrew	Diameter ballscrew (mm)	18	12	0.67
Motor servo	Panjang (mm)	62	40	0.65
	Lebar (mm)	62	40	0.65
Rangka mesin	Panjang (mm)	1463	800	0.55
	Lebar (mm)	700	350	0.5
	Tinggi (mm)	977	560	0.57

3. Kesimpulan

- a. *Scaling method* adalah metode yang digunakan untuk menyekalakan spesifikasi mesin bukan dimensi
- b. Dengan memperkecil spesifikasi mesin maka ukuran dan geometri pada mesin dapat diperkecil.
- c. Data produk, specs mesin, dan penggunaan komponen standard merupakan informasi yang sangat penting untuk melakukan *scaling* analisis. *Scaling* analisis akan menghasilkan batasan batasan dalam menentukan nilai skala (*size range*).

4. Daftar Pustaka

1. H. Wittel, D. Mush, D. Jannasch, J. Voßiek (2013), *Roloff/Matek maschinelemenete*, DOI 10.1007/978-3-658-02327-0-24, Reutlingen : Springer
2. G. Pahl and W. Beitz. 2007. *Engineering Desain: A Systematic Approach*; Inggris: Springer
3. Misuri, T, Andrenuci, M. 23 july 2008.. *HET Scaling Methodology: Improvement and Assessment*, University of Pisa.
4. Randal, D. 20 November 2012 *Dimensional Analysis, Scale Analysis, and Similarity Theories. Atmospheric Science*.
5. Rochim,T (1993), *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Jakarta : HEDS.
6. Yotaro Hatamura. 1999. *The Practice of Machine Desain*. Inggris: Clarendon Press – Oxford.
7. P.H. Joshi. 2007. *Machine Tools Handbook, Desain and Operation*; Inggris: McGRAW-HILL.
8. Rexroth: *Cylinder Catalog*; Inggris: Rexroth
9. THK General Catalog: *LM Guide*. Inggris: THK
10. THK General Catalog: *Ball Screw*. Inggris: THK
11. Omron : *Motor Servo Catalog*
12. *Enjineering Desain Assistance*