

Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi *Flowshop* dengan Metode *Campbell Dudek and Smith (CDS)* dan *Nawaz Ensore Ham (NEH)* pada Departemen Produksi Massal

Fitria Imatus Solikhah¹, Renanda Nia R.², Aditya Maharani³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Surabaya 60111

²Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Surabaya 60111

³Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Surabaya 60111

Email: cast.iron137@gmail.com

Abstrak

Persaingan di era globalisasi menyebabkan setiap perusahaan manufaktur harus terus meningkatkan kualitas guna memenuhi kepuasan customer. PT. Indoprima Gemilang Engineering (PT. IPGE) sebagai salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang otomotif khususnya komponen kendaraan beroda empat menerapkan sistem produksi *make to order* dan *flowshop* memiliki tantangan untuk meningkatkan kemampuan produksi dan pelayanan produksi dengan meningkatkan utilitas mesin dan ketepatan dalam penyelesaian produksi agar sesuai dengan waktu yang ditetapkan melalui metode penjadwalan. Metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS) dan Nawaz, Ensore and Ham (NEH) merupakan metode yang diusulkan dalam penelitian ini. Kedua metode ini akan dibandingkan dengan metode existing perusahaan untuk mengetahui metode penjadwalan yang terbaik dan optimal dengan mendapatkan nilai waktu proses (*makespan*) paling minimum. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, kedua metode dapat digunakan oleh perusahaan sebagai alternatif model dalam meminimumkan *makespan*. Penjadwalan dengan metode CDS menghasilkan *makespan* sebesar 20060.11 menit dan lebih cepat 766.6 menit dari metode existing. Demikian juga dengan metode NEH menghasilkan *makespan* sebesar 20052.778 menit dan lebih cepat 773.889 menit. Berdasarkan kriteria ini metode yang paling disarankan untuk perusahaan adalah metode Nawaz Ensore Ham (NEH).

Kata kunci: *Cambell Dudek Smith, Nawaz Ensore Ham, Penjadwalan, Flowshop, Makespan*

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, adanya suatu proses penjadwalan yang baik merupakan suatu hal yang sangat penting. Penjadwalan yang baik akan berdampak pada meningkatnya efektivitas dan efisiensi sistem produksi industri yang akan mengurangi biaya produksi. Suatu proses penjadwalan yang baik memiliki tingkat kesulitannya yang relatif tinggi baik dalam teori ataupun prakteknya di lapangan. Hal tersebut berdasarkan pada banyaknya parameter yang harus diperhatikan dalam penyusunannya.

Secara umum permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan dalam proses penyusunan penjadwalan adalah terbatasnya waktu penyelesaian produksi yang harus sesuai dengan waktu penyerahan yang diminta konsumen (*due date*). Selain itu konsumen memiliki waktu penyerahan yang berbeda-beda, dimana perusahaan memiliki keterbatasan dalam hal tenaga kerja, mesin, dan kapasitas produksi. Hal tersebut menyebabkan penjadwalan produksi menjadi hal yang vital dalam mengatasi keterbatasan yang dimiliki perusahaan sehingga dapat meminimumkan penyelesaian produksi secara keseluruhan. PT. IPGE (Indoprima Gemilang Engineering) sebagai perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang otomotif juga mengalami permasalahan yang serupa. PT. IPGE ini sendiri adalah perusahaan yang melakukan produksi berdasarkan order yang datang (*make-to-order*) dan model penjadwalan yang diterapkan adalah tipe *flowshop*.

Penjadwalan *flowshop* dengan fungsi tujuan meminimumkan total waktu proses (*makespan*) untuk setiap *job* dari n *job* pada m mesin dengan urutan tertentu agar batas waktu yang diajukan pelanggan ke perusahaan dapat terpenuhi. Proses produksi dilakukan pada setiap mesin berdasarkan urutan *job*

dengan waktu minimal. Setiap mesin bekerja sesuai dengan tahapan dalam proses produksi (Widodo, 2014).

Berdasarkan literatur yang ada, didapatkan beberapa metode yang dapat menghasilkan penjadwalan *flowshop* yang optimal. Beberapa metode penjadwalan tersebut antara lain adalah metode *Campbell Dudek and Smith* dan Algoritma *Nawaz Ensore Ham*. Metode *Nawaz Ensore Ham (NEH)*. Metode yang dikemukakan Campbell, Dudek dan Smith (*CDS*) pada tahun 1970 adalah pengembangan dari aturan yang telah dikemukakan oleh Jhonson, yang setiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin (Campbell, Dudek, & Smith, 1970). Penjadwalan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan harga *makespan* yang terkecil yang merupakan urutan pengerjaan tugas yang paling baik. Jhonson's rule adalah suatu aturan meminimumkan *makespan* 2 mesin yang disusun paralel dan saat ini menjadi dasar teori penjadwalan.

Nawaz, Ensore, & Ham (1983) dalam penelitiannya yang berjudul "A Heuristic Algorithm for the *m-Machine, n-Job Flow-shop Sequencing Problem*" menerangkan bahwa metode *Nawaz Ensore Ham (NEH)* merupakan salah satu algoritma *heuristic* yang mengusulkan bahwa *job* dengan total waktu proses yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas yang lebih besar dari pada *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil.

Penelitian ini mencoba untuk menganalisa, mengaplikasikan dan membandingkan dua metode penjadwalan produksi yaitu metode *Campbell Dudek Smith (CDS)* dan metode *Nawaz Ensore Ham (NEH)* untuk menentukan penjadwalan produksi yang terbaik dan optimal di PT. Indoprima Gemilang Engineering pada departemen Produksi Massal. Penjadwalan yang optimal diharapkan dapat membantu PT. IPGE dalam usaha meningkatkan kepuasan pelanggan.

2. METODE PENJADWALAN

Optimasi

Optimasi merupakan proses pencarian satu atau lebih penyelesaian yang berhubungan dengan nilai-nilai dari satu atau lebih fungsi objektif dalam sebuah masalah sehingga diperoleh satu nilai optimal. Optimasi bertujuan untuk meningkatkan kinerja mesin produksi sehingga perusahaan dapat memiliki kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi. Tujuan tersebut digunakan untuk beberapa perusahaan seperti perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dalam proses produksi.

Penjadwalan

Menurut buku *Principles of Sequencing and Scheduling* (Baker & Trietsch, 2001), penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Definisi lain, menurut Widodo (2014:8), penjadwalan adalah proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada sejumlah mesin tertentu dan pengurutan didefinisikan sebagai proses pembuatan produk pada satu mesin dalam jangka waktu tertentu. Input untuk suatu penjadwalan mencakup urutan ketergantungan antar operasi, waktu proses untuk masing-masing operasi, serta fasilitas yang dibutuhkan oleh setiap operasi.

Bedworth (2007) mendefinisikan beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitasnya dapat meningkat, Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain,
2. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi biaya denda (*penalty*).
3. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Metode *Cambell Dudek and Smith*

Perhitungan Campbell Dudek Smith (1970:631) dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut:

1. Ambil urutan pertama $k = 1$. Untuk seluruh tugas yang ada, cari harga $t_{j,1}^k$ dan $t_{j,2}^k$ yang minimal yang merupakan waktu proses mesin pertama dan kedua pada iterasi ke- k Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{j,1}^k$) selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada urutan awal, bila waktu minimal didapat pada mesin kedua (misal $t_{j,2}^k$) tugas tersebut ditempatkan pada urutan terakhir.

2. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{j,1}^k$) selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada urutan awal, bila waktu minimal didapat pada mesin kedua (misal $t_{j,2}^k$) tugas tersebut ditempatkan pada urutan terakhir.
3. Pindahkan tugas-tugas tersebut dari daftarnya dan urutkan. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu waktu proses *job* 1 pada mesin 1. Total waktu $t_{1,2}$ yaitu $t_{1,1} + t_{1,2}$. Total waktu $t_{2,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{2,1}$. Total waktu $t_{2,2}$ yaitu $\max\{t_{1,2} + t_{2,1}\} + t_{2,2}$ dan seterusnya. Jika masih ada tugas yang tersisa ulangi kembali langkah 1, sebaliknya jika tidak ada lagi tugas yang tersisa, berarti pengurutan telah selesai.

Metode Nawaz Enscore and Ham (NEH)

Untuk penjadwalan *n job* terhadap mesin dilakukan dengan algoritma *NEH* dengan langkah-langkah :

Langkah 1

- a. Jumlah waktu proses setiap *job*
- b. Urutkan semua *job* menurut jumlah waktu prosesnya dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil
- c. Hasil urutan ini disebut dengan daftar pengurutan semua *job*

Langkah 2

- a. Set $K = 2$
- b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dan kedua pada daftar pengurutan semua *job*
- c. Buat dua alternatif calon urutan parsial baru
- d. Hitung setiap *makespan* parsial dan *mean time partial* dari calon urutan *partial* baru
- e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan* yang parsial yang terkecil. Jika ada calon urutan parsial baru yang akan memiliki *makespan partial* terkecil yang sama, pilihlah calon urutan parsial baru tadi yang memiliki *mean flow time partial* yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak.
- f. Calon urutan parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru
- g. Coret semua *job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan semua *job*
- h. Periksa apakah $k = n$ (dimana n adalah jumlah *job* yang ada). Jika ya, lanjutkan ke langkah 4. Jika tidak lanjutkan ke langkah 3.

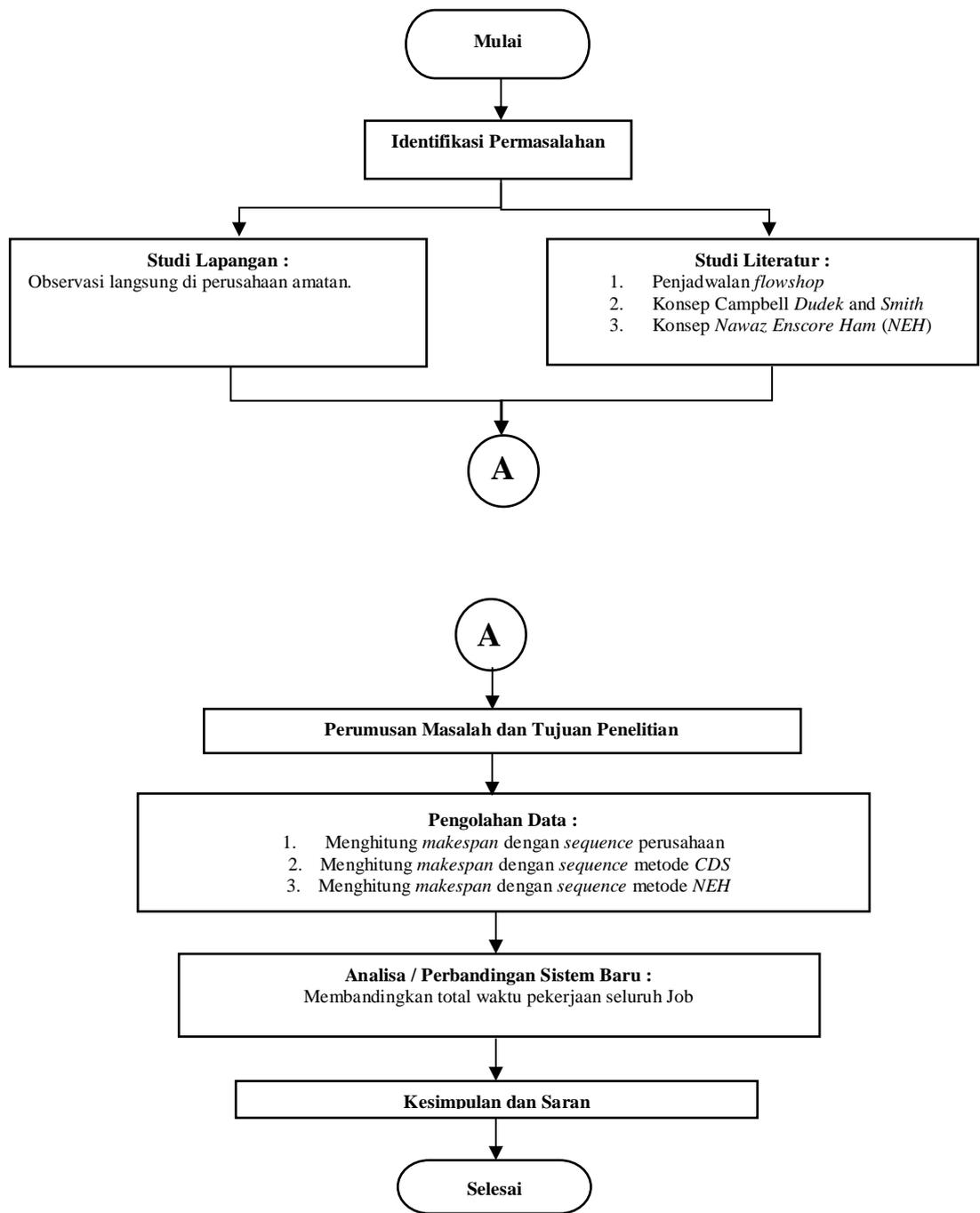
Langkah 3

- a. Set $k = k + 1$
- b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dari daftar pengurutan semua *job*
- c. Hasilkan sebanyak k calon urutan parsial baru dengan memasukkan *job* yang diambil ke dalam setiap *slot* urutan *partial* sebelumnya.
- d. Hitung setiap *makespan parsial* dan *mean flow time partial* dari calon urutan parsial baru
- e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan* yang parsial yang parsial yang terkecil. Jika ada calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan partial* terkecil yang sama, pilihlah calon urutan parsial baru tadi yang memiliki *mean flow time partial* yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan untuk parsial baru tadi secara acak.
- f. Calon untuk parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru
- g. Coret semua *job-job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan semua *job*
- h. Periksa apakah $k = n$ (dimana n adalah jumlah *job* yang ada). Jika ya, lanjutkan ke langkah 4. Jika tidak lanjutkan ke langkah 3.

Langkah 4

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian seperti diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tabel data waktu operasi *job* pada setiap mesin produksi yang bekerja dalam satuan menit.

Tabel 1. Data Waktu Kerja Mesin PT. IPGE

TYPE OF CLIP	JOB	WAKTU PROSES PADA MESIN (MENTIT)					
		Shearing	Plong	Chamfer	Tap	Bending C	Bending
KL3C07302301	1	69.444	83.3	0.00	0.00	83.333	83.333
KL3C07303001	2	55.556	66.7	0.00	0.00	66.667	66.667

KL3C07303502	3	55.556	66.7	0.00	0.00	66.667	66.667
KL5C07303502	4	8.3333	10.0	0.00	0.00	10	10
KL0C06602305	5	111.11	133.3	0.00	0.00	133.33	133.33
KL3C07004502	6	208.33	250.0	0.00	0.00	250	250
KL5M4X00203	7	34.722	41.7	1666.67	0.00	0	41.667
KL-M4X15498	8	104.17	125.0	5000.00	0.00	0	125
KL-M4X15452	9	52.083	62.5	2500.00	0.00	0	62.5
KL5N07307512	10	69.444	83.3	3333.33	0.00	0	83.333
KL3N07304512	11	34.722	41.7	1666.67	0.00	0	41.667
KL5N08306522	12	27.778	33.3	1333.33	0.00	0	33.333
KL5N08307512	13	20.833	25.0	1000.00	0.00	0	25
KL5N07304712	14	41.667	50.0	2000.00	0.00	0	50
KL3N07311012	15	27.778	33.3	1333.33	0.00	0	33.333
KL5S07304012	16	2.7778	3.3	133.33	6.67	0	3.3333
KL3U07303502	17	41.667	50.0	0.00	0.00	0	50

Penjawalan Perusahaan

Berdasarkan pengurutan *job* sesuai dengan metode perusahaan, dimana *job* yang datang pertama akan menjadi urutan pertama dalam *sequencing*, maka didapatkan urutan kerja sebagai berikut :

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 .

Nilai *makespan* penjadwalan perusahaan untuk produksi klip *spring* di departemen Produksi Massal pada bulan Oktober Minggu ke-2 2016 yaitu 20826.667 menit.

Penjawalan Metode Cambell Dudek and Smith

Nilai *makespan* untuk masing-masing iterasi tersebut disajikan seperti pada Tabel 2. Dari kelima iterasi pada Tabel 2 maka diperoleh nilai minimum *makespan* sebesar 2060 menit pada iterasi pertama dengan urutan kerja *job* yaitu 16 – 17 – 13 – 15 – 12 – 7 – 11 – 4 – 14 – 9 – 3 – 2 – 1 – 10 – 8 – 5 – 6.

Tabel 2. Nilai *Makespan* Setiap Iterasi PT. IPGE

Iterasi (k)	Nilai <i>Makespan</i> (Menit)
1	20606.11111
2	20853.33333
3	20853.33333
4	20903.33333
5	20786.11111

Penjawalan Metode Nawaz Enscore Ham

15 – 4 – 17 – 3 – 2 – 1 – 16 – 5 – 14 – 6 – 10 – 11 – 12 – 8 – 9 – 7 – 13. merupakan penjadwalan parsial terakhir dengan nilai *makespan* dan *mean flow time* paling minimum dalam metode *Nawaz Enscore Ham* setelah melakukan 16 pengulangan. Pada penjadwalan parsial terakhir didapatkan nilai *makespan* minimum sebesar 20052.778 dengan *Mean Flow Time Parsial* sebesar 7198.51307.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis data maka dapat ditarik beberapa kesimpulan.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penjadwalan mesin produksi dengan metode *existing* perusahaan adalah sebagai berikut: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17. Pengurutan pengerjaan *existing* perusahaan menghasilkan *makespan* sebesar 20826.67 menit.

Hasil penjadwalan dengan metode *CDS* pada PT. IPGE menghasilkan urutan sebagai berikut : 16 – 17 – 13 – 15 – 12 – 7 – 11 – 4 – 14 – 9 – 3 – 2 – 1 – 10 – 8 – 5 – 6.

2. *Makespan* yang dihasilkan sebesar 20606.11111 menit. Kemudian hasil penjadwalan menggunakan metode *Nawaz, Enscore and Ham (NEH)* dengan menghasilkan *makespan* sebesar 20052.778 menit dengan urutan sebagai berikut : 15 – 4 – 17 – 3 – 2 – 1 – 16 – 5 – 14 – 6 – 10 – 11 – 12 – 8 – 9 – 7 – 13.

3. Dari hasil analisis perbandingan model penjadwalan perusahaan dengan model penjadwalan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa kedua metode usulan yakni *Campbell*

Dudek and Smith dan *Nawaz Enscore Ham* dapat digunakan digunakan oleh perusahaan sebagai alternatif model dalam meminimumkan total waktu proses produksi (*makespan*). Penjadwalan dengan metode *CDS* menghasilkan *makespan* sebesar 20060.11 menit dan lebih cepat 3,68% dari metode *existing*. Demikian juga dengan metode *NEH* menghasilkan *makespan* sebesar 20052.778 menit dan lebih cepat 3.72%. Berdasarkan kriteria ini, metode yang paling disarankan untuk perusahaan adalah metode *Nawaz Enscore Ham (NEH)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. R., & Trietsch. (2001). Principles of Sequencing and Scheduling: Kenneth R. Baker, Dan Trietsch: 9780470391655: Amazon.com: Books. NEW YORK: A JOHN WILEY & SONS, INC.
- Campbell, H. G., Dudek, R. a, & Smith, M. L. (1970). A Heuristic Algorithm for The n Job, m Machine Sequencing Problem. *Management Science*, 16(10), B630– B637.
- Cao, J., & Bedworth, D. D. (1992). Flow Shop Scheduling in Serial Multi-Product Processes with Transfer and Set-Up Times. *International Journal of Production Research*, 30(8), 1819–1830.
- Masudin, I., Utama, D. M., & Susastro, F. (2014). Penjadwalan Flowshop Menggunakan Algoritma *Nawaz Enscore Ham*. *Ilmian Teknik Industri*, 13(1), 54–59.
- Morton, T., & Pentico, D. W. (1993). Heuristic Scheduling Systems. New York: A JOHN WILEY & SONS, INC.
- Nawaz, M., Enscore, E. E., & Ham, I. (1983). A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem. *Omega*, 11(1), 91–95.
- Widodo, C. E. (2014). *Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) pada Perusahaan Manufaktur*. Universitas Negeri Yogyakarta