

EVALUASI PROSES DAN WAKTU PRODUKSI BAGIAN SAYAP PESAWAT AIRBUSS A380 MENGGUNAKAN MESIN FREIS CNC CINCINNATI MILACRON 5 AXIS (Studi Kasus di PT Dirgantara Indonesia)

Dedi Setiawan

Program Teknik Industri, Fakultas Teknik

Universitas Nurtanio Bandung

Jl. Pajajaran No. 219, Bandung

e-mail: dsmt.61@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini mengkaji tentang evaluasi proses dan waktu produksi bagian sayap pesawat Airbuss A380 menggunakan mesin freis CNC Cincinnati Milacron 5 axis. Fokus penelitian mengarah pada identifikasi tahapan pengerjaan bagian sayap pesawat Airbuss A380 menggunakan mesin freis CNC Cincinnati Milacron 5 axis, penghitungan total waktu aktual produksi di lapangan, dan identifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya perbedaan total waktu produksi berdasarkan standar mutu perusahaan dan total waktu aktual produksi di lapangan. Penelitian dilaksanakan menggunakan metode studi literatur dan observasi. Hasil penelitian menemukan bahwa proses produksi yang dilakukan oleh operator mesin freis CNC Cincinnati Milacron untuk membuat part “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbuss A380 telah sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan oleh perusahaan seperti tercantum pada NCOD. Namun, total waktu proses produksi yang dilakukan oleh operator tersebut tidak sesuai dengan perhitungan NCOD, yakni total waktu aktual yang diperlukan menjadi lebih besar sekitar 43%. Beberapa faktor penyebab terjadinya perbedaan total waktu produksi tersebut, antara lain terkait dengan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan pemasangan raw material, faktor mesin, dan faktor atau kompetensi SDM (keterampilan operator) yang tidak diperhitungkan dalam penghitungan waktu berdasarkan NCOD.

Kata kunci: proses produksi, waktu produksi, mesin freis CNC, Sub Spar, NCOD.

I. PENDAHULUAN

Untuk memproduksi sebuah pesawat terbang seperti yang dilakukan di PT Dirgantara Indonesia diperlukan berbagai jenis proses produksi antara lain: pemesinan (*machining*), pembentukan (*forming*), pemotongan (*cutting*), pengecatan (*painting*), dan pembengkokan pipa (*tube bending*). Melalui proses-proses produksi tersebut dapat dihasilkan sebuah komponen (*part*) yang selanjutnya dikirim ke bagian perakitan untuk dilakukan pekerjaan perakitan sehingga menghasilkan produk akhir berupa pesawat terbang. Khusus di bagian pemesinan dioperasikan

berbagai jenis mesin perkakas, di antaranya mesin frais (*milling machine*) dengan 5 axis, yaitu sebuah mesin freis yang dikendalikan dengan sistem komputer (*Computer Numerical Control/CNC*). Mesin ini telah dioperasikan sejak tahun 1985 dan sampai sekarang masih dapat beroperasi dengan baik. Mesin tersebut digunakan untuk memproduksi salah satu *part* yang dipasang di bagian sayap pesawat Airbuss A380 dengan *part number* L5744016820002 bernama *Sub Spar*. Dalam proses produksi *Sub Spar* menggunakan mesin CNC Cincinnati Milacron 5 axis ditemukan permasalahan terjadinya perbedaan

total waktu proses produksi antara yang ditetapkan dalam standar proses produksi perusahaan seperti tercantum pada NCOD (*Numerical Control Operator Document*) dengan kenyataan praktik di lapangan. Keadaan ini sangat menarik dilakukan evaluasi melalui kegiatan penelitian untuk mengidentifikasi tahapan proses produksi dan total waktu yang diperlukan dalam proses produksi tersebut serta menganalisis faktor-faktor yang diduga sebagai penyebab terjadinya perbedaan total waktu produksi seperti tercantum pada NCOD dan keadaan ril di lapangan berdasarkan persepsi operator mesin yang bersangkutan.

Melalui penelitian dapat diketahui tentang: (1) tahapan yang dilakukan dalam proses produksi, (2) total waktu yang diperlukan dalam proses produksi, dan (3) faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan total waktu proses produksi bagian sayap pesawat Airbus A380 menggunakan mesin CNC Cincinnati Milacron 5 axis dengan kenyataan praktik di lapangan. Selain bermanfaat untuk memperkaya khasanah pengetahuan berkaitan dengan proses produksi, penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan bagi kegiatan monitoring dan evaluasi untuk memperbaiki atau meningkatkan kinerja proses produksi agar lebih efisien dan efektif di perusahaan tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian ini.

II. KERANGKA TEORI

Teori yang dipilih sebagai *'state of the art'* dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

2.1 Pengertian proses produksi

Istilah proses produksi terbentuk dari dua suku kata yakni proses dan produksi. Proses adalah cara, metode, dan teknik bagaimana sebenarnya sumberdaya yang tersedia meliputi

tenaga kerja, mesin, bahan, dan sarana pendukung lain diproses untuk memperoleh hasil atau produk yang diinginkan. Sementara itu, produksi adalah kegiatan merubah bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang bernilai lebih tinggi melalui serangkaian proses yang memerlukan energi dan pada setiap tahap proses akan terjadi perubahan pada karakteristik geometri, struktur atau kimia. Dengan demikian, proses produksi dapat didefinisikan sebagai kegiatan untuk menciptakan *utility* dari benda-benda ekonomi dengan masukan berupa barang dan jasa menggunakan teknologi atau cara tertentu, atau proses produksi merupakan suatu cara untuk melakukan kegiatan transformasi bahan mentah atau setengah jadi menjadi produk yang lebih tinggi nilai kegunaannya.

2.2 Peta kerja

Peta kerja merupakan suatu alat yang menggambarkan kegiatan yang berjalan secara sistematis dan jelas (biasanya terkait dengan kerja produksi). Dengan adanya peta kerja ini bisa dilihat semua langkah atau kejadian yang dialami oleh suatu benda kerja dari mulai masuk ke pabrik (berbentuk bahan baku). Kemudian digambarkan semua langkah yang dialaminya, seperti : transportasi, operasi mesin, pemeriksaan, dan perakitan. Sampai akhirnya menjadi produk jadi, baik produk lengkap atau merupakan bagian dari suatu produk lengkap.

Dengan adanya peta kerja ini maka usaha dalam memperbaiki metode kerja dari suatu proses produksi akan menjadi sangat mudah dilaksanakan. Proses produksi dapat diperbaiki, antara lain dengan mengetahui bagian operasi mana yang dianggap tidak perlu dalam suatu proses produksi, sehingga proses produksi yang didapat akan lebih bernilai ekonomis

dan efektif. Selain itu, dengan adanya peta kerja dapat digunakan menganalisa suatu pekerjaan sehingga mempermudah dalam perencanaan perbaikan kerja.

2.3 Peta proses operasi

Untuk memperoleh suatu urutan perakitan, waktu keseluruhan proses dan hubungan antara aktifitas digunakan suatu teknik penggambaran, yaitu dengan peta proses operasi. Peta proses operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan tahapan proses yang dialami bahan baku menjadi bahan jadi, baik yang berkaitan dengan urutan–urutan operasi pengerjaan maupun pemeriksaan. Peta proses operasi juga memuat informasi–informasi untuk melakukan analisis lebih lanjut, seperti waktu yang diperlukan untuk mengerjakan produk dari awal sampai akhir, material yang digunakan, juga bahan atau material tambahan yang diperlukan pada suatu saat. Kegunaan peta proses operasi adalah: dapat memperkirakan kebutuhan bahan baku (dengan memperhitungkan efisiensi ditiap operasi/pemeriksaan), sebagai alat untuk menentukan tata letak pabrik, sebagai alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang dipakai, dan dapat mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.

2.4 Penghitungan waktu baku dan waktu siklus

Waktu yang dicatat pada peta proses operasi adalah waktu baku atau waktu standar untuk menyelesaikan proses atau kegiatan. Waktu baku adalah waktu penyelesaian suatu pekerjaan yang dilakukan secara wajar atau normal menggunakan suatu sistem yang baik. Adapun tujuan penentuan waktu standar ini adalah untuk memberikan waktu yang wajar bagi pekerja saat melakukan suatu

pekerjaan tertentu. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan waktu standar, yaitu waktu siklus dan waktu normal. Waktu siklus (W_s) adalah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus pekerjaan, dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$W_s = \frac{X_j}{N}$$

dengan X_j adalah waktu pengerjaan dalam periode tertentu, N adalah jumlah produk yang dihasilkan, dan W_s adalah waktu siklus. Setelah diperoleh waktu siklus, selanjutnya dihitung waktu normal, dengan terlebih dahulu menentukan faktor penyesuaian yang pantas diberikan kepada pekerjaan tersebut. Faktor penyesuaian ini sangat perlu dilibatkan dalam menghitung waktu normal, karena seorang pekerja seringkali bekerja tidak wajar (terlalu cepat atau terlalu lambat). Salah satu metode untuk menghitung faktor penyesuaian adalah metode *Westinghouse* yang diukur dari diri operator sebagai berikut: keterampilan dari operator, usaha dalam melakukan kerja, kondisi kerja dari operator, dan konsistensi dalam melakukan kerja yang sama. Faktor penyesuaian yang diberikan terhadap seorang operator dinyatakan dalam simbol (P), dan besarnya adalah :

- $P = 1$ diberikan bagi pekerja yang wajar
- $P < 1$ diberikan bagi pekerja yang lambat
- $P > 1$ diberikan bagi pekerja yang cepat

Setelah diketahui faktor–faktor yang mempengaruhi pekerjaan bagi seorang operator dalam menyelesaikan pekerjaannya, maka dapat dihitung waktu normal sebagai berikut:

$$\text{Waktu normal}(W_n) = W_s * P$$

dengan W_s adalah waktu siklus dan P adalah penyesuaian.

Setelah dihitung waktu normal, selanjutnya dihitung waktu standar atau waktu baku dari pekerjaan yang diukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

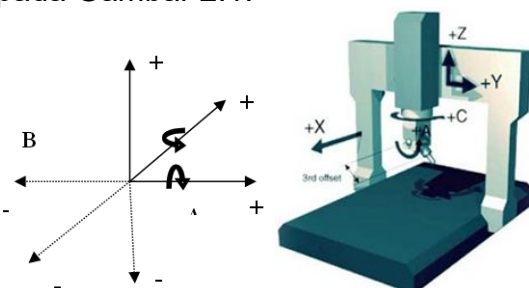
$$Waktu\ baku\ (Wb) = Wn * L$$

dengan Wn adalah waktu normal dan L adalah kelonggaran waktu.

2.5 Mesin CNC

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standar ISO. Sistem kerja teknologi CNC ini mensinkronkan antara komputer dan mekanik. Dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Dengan dirancangnya mesin CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi. Mesin CNC dapat dibedakan berdasarkan bentuk konstruksi, posisi spindle, dan jumlah axis. Dilihat dari jumlah axisnya atau poros putar pada *spindle* dan meja kerja, mesin CNC dapat dibedakan menjadi mesin CNC: 2 axis, 3 axis, 4 axis, dan 5 axis.

Mesin CNC 5 axis adalah mesin CNC dengan pergerakan *spindle* pada arah sumbu X, Y, Z, A dan B seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Persumbuan 5 Axis

Sumbu CNC mengacu pada kemampuan mesin CNC untuk

melakukan gerakan pada lima sumbu yang berbeda secara bersamaan. Sebagian besar pabrik menggambar gerakan CNC mesin dimulai dengan 3 utama sumbu X, Y, Z. Sumbu A, B, dan Z adalah sejajar dengan poros meja mesin. Dua sumbu lainnya yang disediakan oleh mesin memiliki kemampuan untuk memutar ke arah sumbu X dan Y. Sumbu A adalah axis paralel dan berputar pada sumbu X. Axis B berputar sejajar dengan sumbu Y. Sumbu Z merupakan gerakan pemakanan pada mesin. Manfaat menggunakan mesin CNC dengan 5 axis adalah: dapat membuat bentuk yang kompleks dalam satu kali set-up sehingga akan mengurangi waktu pengerjaan dan meningkatkan hasil produksi.

Mesin Cincinnati Milacron adalah salah satu mesin yang menggunakan sistem otomatis yang berbasis komputer dalam pengoperasiannya, atau yang disebut *Computerized Numerical Control* (CNC). Mesin ini beroperasi secara otomatis sesuai dengan program yang diperintahkan. Program yang telah dibuat dimasukan ke dalam perangkat komputer yang terhubung pada mesin atau memasukan secara manual di panel yang ada pada mesin. Mesin Cincinnati dapat dibedakan menjadi dua jenis mesin yakni mesin CNC Cincinnati *Multi Purpose* (MP) dan Cincinnati *Alumunium* (AL). Mesin Cincinnati MP terdiri dari *Single Gantry Multi Purpose* (SGMP) dan *Double Gantry Multi Purpose* (DGMP). Mesin SGMP dan DGMP sama-sama bisa mengerjakan material apapun dari mulai material yang lunak sampai material yang keras. Mesin Cincinnati MP tergolong kedalam mesin berkecepatan rendah (*Low Speed Machine*). Mesin Cincinnati AL terdiri dari *Single Gantry Alumunium* (SGAL) dan *Double Gantry Alumunium* (DGAL). Mesin SGAL dan DGAL tidak

disarankan untuk mengerjakan material yang keras dan mesin ini sebaiknya digunakan pada material yang lunak seperti Alumunium. Mesin Cincinnati AL ini tergolong kedalam mesin berkecepatan menengah (*Medium Speed Machine*). Mesin Cincinnati MP dan AL tergolong mesin dengan jumlah sumbu geraknya 5 axis menggunakan sumbu axis X,Y,Z,A dan B. Di perusahaan seperti perusahaan pesawat terbang, biasanya mesin ini dioperasikan secara khusus dalam pembuatan komponen pesawat yang berukuran sedang hingga besar, seperti pembuatan komponen pesawat AIRBUS A380.

Kecepatan putaran spindle dan kecepatan pemotongan sangatlah dibutuhkan dalam permesinan khususnya mesin CNC, putaran mesin yang terlampau tinggi melebihi perhitungan sebenarnya, akan mengakibatkan alat potong menjadi panas, sehingga terjadi perubahan struktur pada logam alat potong, sehingga alat potong cenderung menjadi panas dan alat potong akan cepat tumpul. Pada penentuan pengaturan putaran, terlebih dahulu harus mengetahui kecepatan pemotongan dari alat potong dan bahan benda kerja yang digunakan, adapun faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kecepatan pemotongan dan putaran spindle sebagai berikut: kekuatan bahan, ukuran tatal yang terpotong, tingkat kekasaran, bahan alat potong, karakteristik bentuk pahat, penjepit (*clamp*) benda kerja, dan jenis dan kondisi mesin. Kecepatan potong ditentukan menggunakan persamaan:

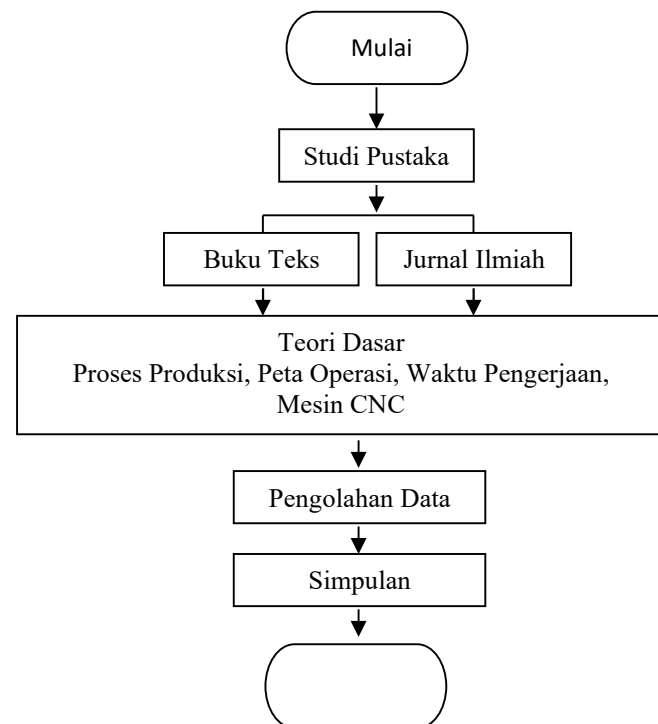
$$Vc = \frac{\pi Dn}{1000}$$

dengan. Vc adalah kecepatan pemotongan (m/menit), D adalah diameter pahat (mm), dan n adalah putaran mesin (rpm).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Metode yang digunakan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan observasi. Studi literatur dilaksanakan untuk mengumpulkan berbagai teori dasar terkait dengan topik penelitian ini menggunakan berbagai buku teks dan jurnal ilmiah yang relevan. Sedangkan observasi dilaksanakan untuk mengumpulkan data teknis yang langsung diperoleh dari lapangan. Dalam kegiatan observasi dilaksanakan pula wawancara dengan operator yang mengoperasikan mesin CNC 5 axis Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia. Mekanisme proses penelitian ini diperlihatkan dalam bagan alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

3.2 Sumber data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data

primer diperoleh dari hasil observasi dan wawancara dengan operator mesin freis CNC 5 axis Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia. Sedangkan data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari kajian pustaka yang bersumber dari buku teks (*text book*) dan jurnal ilmiah yang relevan terutama berkaitan dengan proses produksi komponen pesawat terbang.

3.3 Sampel penelitian

Yang dijadikan sampel dalam penelitian ini adalah pekerjaan pembuatan bagian sayap pesawat yang melibatkan operator mesin freis CNC 5 axis Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia.

3.4 Teknik pengumpulan data

Karena penelitian ini merupakan penelitian observasi yang melakukan pengamatan terhadap subjek selidik yakni pekerjaan pembuatan bagian sayap pesawat menggunakan mesin freis CNC 5 axis Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia, maka teknik pengumpulan data yang digunakan berupa lembar pengamatan/observasi berbentuk tabel untuk mencatat hasil pengamatan/pengukuran pekerjaan pada saat dilaksanakannya pekerjaan.

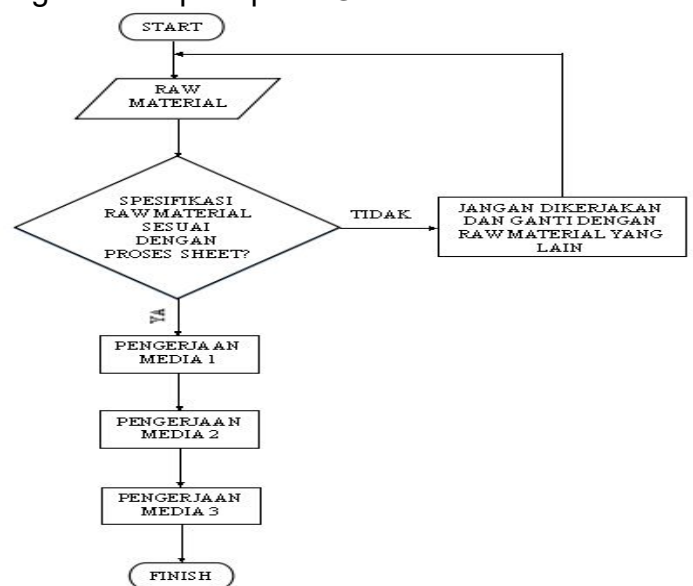
3.5 Metode analisis data

Data yang terkumpul dari hasil pengamatan/observasi di lapangan selanjutnya diolah dan dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif untuk mendeskripsikan data yang terkumpul dengan cara menghitung secara kuantitatif dan menginterpretasikan hasil dari perhitungan serta mengkaji keterkaitannya dengan permasalahan dalam penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil analisis

Berdasarkan hasil pengamatan/observasi dan analisis yang telah dilakukan dapat digambarkan hal-hal sebagai berikut: Kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan dalam proses produksi atau pengerjaan bagian sayap pesawat Airbuss A380 (sub spar) menggunakan mesin freis CNC Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia dapat digambarkan melalui bagan alir seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan alir proses produksi “sub spar” pada mesin freis CNC Cincinnati Milacron

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas dapat diidentifikasi tahapan proses produksi yang terdiri atas:

4.1.1 Penyiapan raw material

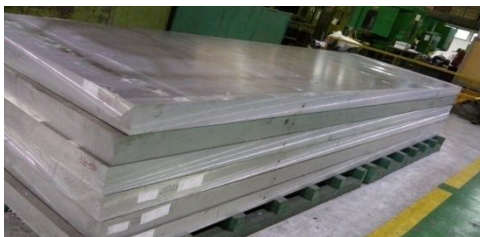
Bahan mentah (*raw material*) yang digunakan dalam proses produksi bagian sayap pesawat Airbuss A380 (Sub Spar) adalah paduan alumunium (*allumunium alloy*) dengan kode material ABM3-1029-50x1115x4440MM (ABM3-1029-7050-

T7651). Komposisi material ini bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi raw material part “Sub Spar”

Komposisi	Wt %
Al	87,3-90,3
Cr	Max 0,04
Cu	2-2,6
Fe	Max 0,15
Mg	1,9-2,6
Ma	Max 0,1
Si	Max 0,12
Ti	Max 0,06
Zn	5,7-6,7
Zr	0,08-0,15
Other	Each Max 0,05
Other	Total Max 0,15

Gambar 4.2 memperlihatkan visualisasi raw material untuk produksi Sub Spar Airbuss A380.



Gambar 4.2 Raw material dari part “Sub Spar”

4.1.2 Penyiapan Mesin Freis CNC Cincinnati dan peralatan pendukung lain

Mesin freis Cincinnati yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari mesin freis CNC Cincinnati *Multi Purpose* (MP) dan Cincinnati *Alumunium* (AL). Ada dua jenis mesin freis CNC Cincinnati MP yakni *Single Gantri Multi Purpose* (SGMP) dan *Double Gantri Multi Purpose* (DGMP). Yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis DGMP dengan visualisasi konstruksi mesin seperti terlihat pada gambar Gambar 4.3



Gambar 4.3 Mesin freis CNC Cincinnati DGMP

Spesifikasi mesin freis CNC Cincinnati DGMP icantumkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Spesifikasi mesin freis Cincinnati DGMP

1. Working Capacity	<ul style="list-style-type: none"> Number of Axis 5 (5 Axis Simultaneously) Max Longitudinal Travel X-Axis 20.421 mm Max Cross Travel Y-Axis 2.133 mm Max Vertical Travel Z-Axis 711 mm Max Tilt Movement A-Axis 25 deg; B-Axis 25 deg
2. Work Table	<ul style="list-style-type: none"> Table Dimension 27.432 x 4.064 mm T-Slot; Qty = 15, Width 20,7 mm, Spacing 254 mm Height of Table Top From Floor 940mm
3. Control Unit (General Numeric GN 9A)	<ul style="list-style-type: none"> Tape Code EIA RS-244 A/ISO 840 Reader Speed 250 ch/sec; Rewind Speed 500 ch/sec
4. Reel Capacity	<ul style="list-style-type: none"> Tape Length 4160 m: 950 M = System Cap Memory= 3210m= 308.160 page= 110.937.000 character Tumble box capacity 30 m
5. Spindle	<ul style="list-style-type: none"> Spindle Head 3 Spindle Spindle Power 30 HP Spindle Speed 20-3600 Rpm Spindle Over ride 50-120% (10% interval)
6. Feed rate	<ul style="list-style-type: none"> X-Axis 3-5.000 mm/min Y-Axis 3-5.000 mm/min Z-Axis 3-1.500 mm/min A-Axis 0,12-240 deg/min B-Axis 0,12-240 deg/min
7. Rapid Traverse	<ul style="list-style-type: none"> X-Axis 5.000 mm/min Y-Axis 5.000 mm/min Z-Axis 1.500 mm/min A-Axis 240 deg/min B-Axis 240 deg/min
8. Feed rate Override	<ul style="list-style-type: none"> 0-200% (10% Interval)
9. Positioning accuracy	<ul style="list-style-type: none"> X/Y/Z 0,025/300 mm
10. Repeatability	<ul style="list-style-type: none"> 0.012 mm

Gambar 4.4 memperlihatkan konstruksi mesin freis CNC Cincinnati Milacron jenis DGAL yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4.4 Mesin freis CNC Cincinnati DGAL

Tabel 4.3 Spesifikasi mesin freis CNC Cincinnati DGAL

1. Working Capacity	<ul style="list-style-type: none"> • Number of Axis 5 (5 Axis Simultaneously) • Max Longitudinal Travel X-Axis 21.280 mm • Max Cross Travel Y-Axis 2.133 mm • Max Vertical Travel Z-Axis 457 mm • Max Tilt Movement A-Axis 30 deg; B-Axis 30 deg
2. Work Table	<ul style="list-style-type: none"> • Table Dimension 27.432 x 4.064 mm • T-Slot; Qty = 15, Width 20,7 mm, Spacing 254 mm • Height of Table Top From Floor 940mm
3. Control Unit (General Numeric GN 9A)	<ul style="list-style-type: none"> • Tape Code EIA RS-244 A/ISO 840 • Reader Speed 250 ch/sec; Rewind Speed 500 ch/sec
4. Reel Capacity	<ul style="list-style-type: none"> • Tape Length 4160 m: 950 M = System • Cap Memory= 3210m= 308.160 page= 110.937.000 character • Tumble box capacity 30 m
5. Spindle	<ul style="list-style-type: none"> • Spindle Head 3 Spindle • Spindle Power 75 HP • Spindle Speed 1.800-7200 Rpm • Spindle Over ride 50-120% (10% interval)
6. Feed rate	<ul style="list-style-type: none"> • X-Axis 3-10.000 mm/min • Y-Axis 3-10.000 mm/min • Z-Axis 3-2.500 mm/min • A-Axis 0-520 deg/min • B-Axis 0-520 deg/min
7. Rapid Traverse	<ul style="list-style-type: none"> • X-Axis 10.000 mm/min • Y-Axis 10.000 mm/min • Z-Axis 2.500 mm/min • A-Axis 520 deg/min • B-Axis 520 deg/min
8. Feed rate Override	<ul style="list-style-type: none"> • 0-200% (10% Interval)
9. Positioning accuracy	<ul style="list-style-type: none"> • X/Y/Z 0,025/300 mm
10. Repeatability	<ul style="list-style-type: none"> • 0.012 mm

Beberapa peralatan pendukung yang harus disiapkan antara lain: *process sheet*, *Numerical Control Operator Document* (NCOD), *cutting tool*, alat pencekam, alat ukur (*measuring tool*), dan alat bantu. Apabila salah satu dari tersebut tidak tersedia, maka pengerjaan komponen di bagian mesin ini tidak bisa dilakukan.

4.1.3 Pengerjaan Media 1

Dalam proses pengerjaan Media 1 harus dibuat *hole down* terlebih dahulu pada benda kerja sebagai tempat pencekaman di *fixture* mesin freis CNC Cincinnati DGAL. Mesin yang digunakan untuk pengerjaan Media 1 adalah mesin freis CNC Cincinnati DGMP. *Raw material* dari gudang yang sudah berada di dekat mesin freis CNC Cincinnati DGMP harus diperiksa terlebih dahulu apakah spesifikasinya sesuai dengan *process sheet* dan NCOD nya, apabila sudah sesuai maka operator bisa memulai pekerjaannya. Sebelum melakukan proses pengerjaan Media 1 di mesin freis CNC Cincinnati DGMP maka dilakukan proses pemasangan benda kerja pada *fixture* mesin freis Cincinnati DGMP dengan langkah-langkah pemasangannya adalah sebagai tersebut: pemasangan *eyebolt*, membersihkan *fixture*, menempatkan material pada *fixture*, memasang *clamp*, mengerjakan *center drill*, mengerjakan *twist drill*, dan mengerjakan *counter bor*.

4.1.4 Pengerjaan Media 2

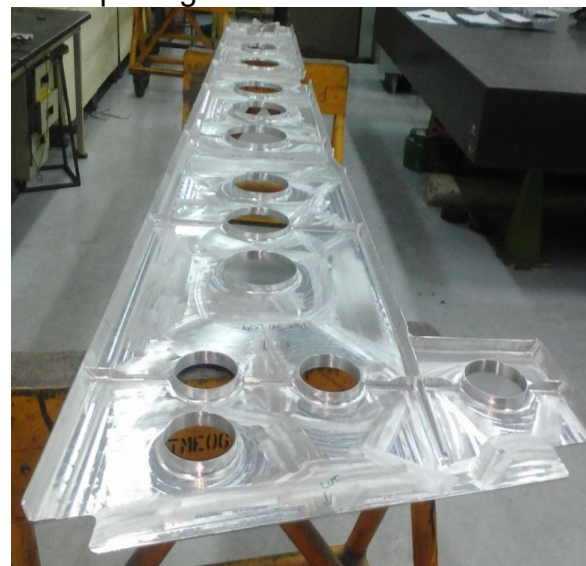
Setelah pengerjaan *hole down* pada mesin freis CNC Cincinnati DGMP selesai (Media 1), maka operasi selanjutnya adalah pengerjaan pembentukan *part*. Mesin yang digunakan untuk pembentukan *part* Sub Spar adalah mesin freis CNC Cincinnati DGAL. Langkah selanjutnya dari pengerjaan Media 2 adalah memasang benda kerja di *fixture* khusus *part* Sub Spar. Langkah pemasangannya hampir sama dengan pemasangan pada saat dikerjakan di meja mesin freis CNC Cincinnati DGMP. Perbedaannya pada sistem *clamp*, untuk pengerjaan Media 2 ini menggunakan baut. Waktu pemasangan benda kerja pada mesin freis CNC Cincinnati DGAL ini kurang lebih 20 menit. Untuk *datum* Media 2

berbeda dengan Media 1, Media 1 *datum* benda kerja di tengah-tengah material, dikarenakan untuk mengantisipasi panjang dan lebar material melebihi ketentuan spesifikasi yang ada di NCOD, jadi *hole down* yang dikerjakan pada Media 1 antara titik (*point*) terdekat dan terjauh seimbang. Untuk *datum* Media 2 di belakang benda kerja, disesuaikan dengan *datum fixture part* “Sub Spar” tersebut. Program Media 2 dimasukan pada mesin freis CNC Cincinnati DGAL, nomor program Media 2 disamakan dengan nomor program yang ada di NCOD. Setelah *datum* sudah ditentukan dan program Media 2 sudah masuk pada mesin, maka pengerjaan Media 2 bisa dimulai. Tahapan pengerjaan Media 2 terdiri dari: pengerjaan *facing*, pengerjaan *Rough Outside Winding Angle*, pengerjaan *Finish Outside Winding Angle*, dan pengerjaan *Tooling hole*.

4.1.5 Pengerjaan Media 3

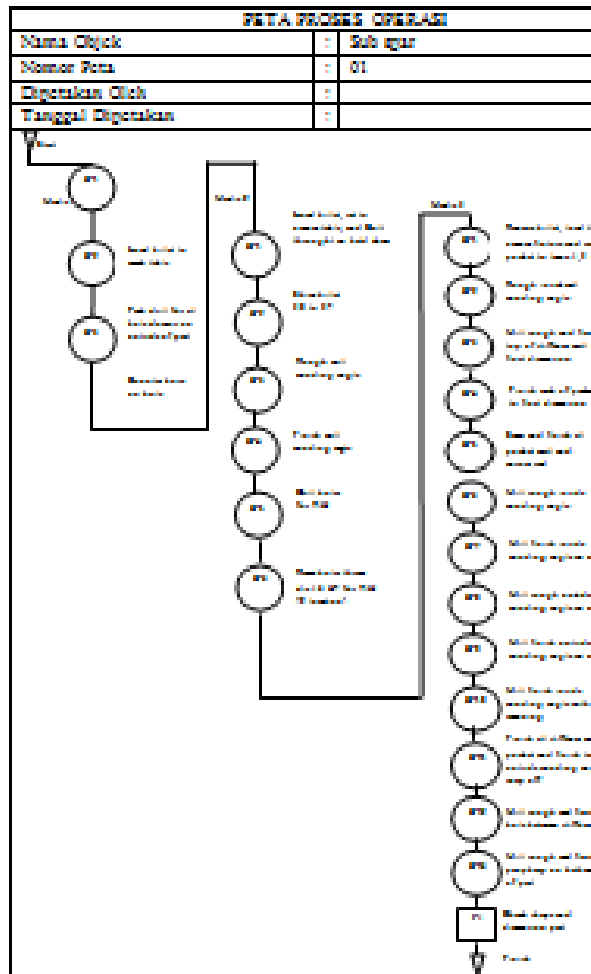
Setelah pengerjaan Media 2 selesai maka pekerjaan selanjutnya adalah media 3. Sebelum media 3 dikerjakan, benda kerja harus dibalikkan pada posisi media 3. Adapun langkah-langkah untuk membalikkan benda kerja sebagai berikut: membersihkan benda kerja, membuka baut pengikat dan memasang *eyebolt*, mengangkat material, memasang karet, dan memasang benda kerja. Sesudah program Media 3 masuk ke CNC maka pengerjaan media 3 bisa dimulai. Adapun langkah-langkah pengerjaan media 3 sebagai berikut: pengerjaan *Counter Bor*, pengerjaan *Rough All Pocket*, pengerjaan *Rough Inside Wall*, *Check Accuracy*, pengerjaan *Rough Mill Top Stiffener*, pengerjaan *Finish Mill Top Stiffener*, pengerjaan *Finish Mill Top Stiffener with R4*, pengerjaan *Mill Finish Web of Pocket*, pengerjaan *semi finish* dan *finish wall all pocket*, pembuatan

lubang berdiameter 6h7, pengerjaan *Finish Pocket Wall*, pengerjaan *Finish inside winding angle*, pengerjaan *top of winding angle*, pengerjaan *rough mid area*, memotong *tool tabs outside of ribs* dan *finish periphery*, memotong *tool tabs outside of rib* dan *middle of part*, dan pengerjaan *Rough dan finish holes between stiffener*. Hasil dari Media 3 sekaligus merupakan hasil akhir proses produksi pembuatan *part* Sub Spar dengan *part number* L5744016820001 pada mesin freis CNC Cincinnati Milacron seperti dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Part “Sub Spar”

Bila keseluruhan proses seperti diuraikan di atas digambarkan dalam Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*), maka dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Peta Proses Operasi

4.2 Pembahasan hasil penelitian

Proses operasi yang telah dilakukan dalam produksi pembuatan “Sub Spar” (part no. L5744016820001) di lapangan dalam konteks penelitian ini telah sesuai dengan Peta Proses Operasi seperti tercantum pada NCOD yang ditetapkan oleh perusahaan (Gambar 4.24). Sedangkan, total waktu yang dibutuhkan dalam produksi pembuatan “Sub Spar” tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 4.4 memperlihatkan total waktu yang diperlukan untuk mengerjakan setiap tahapan pekerjaan berdasarkan NCOD dan Tabel 4.5 memperlihatkan total waktu untuk mengerjakan setiap tahapan pekerjaan sesuai dengan

hasil pengamatan/observasi di lapangan.

Tabel 4.4 Waktu Pengerjaan Part (NCOD)

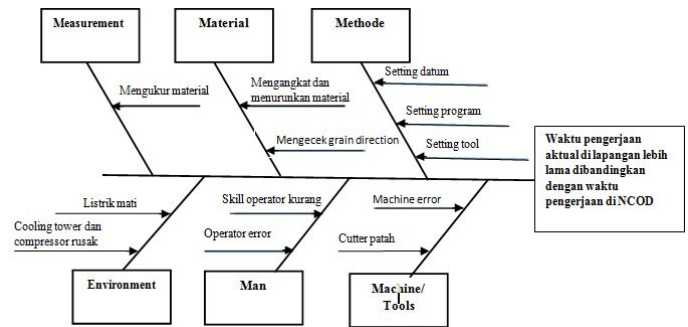
Pekerjaan	Waktu Pengerjaan (menit)
Media File 1-1	10,4
Media File 2-1	372,1
Media File 3-1	296,9
Media File 3-2	150,0
Media File 3-3	137,4
Media File 3-4	103,5
Media File 3-5	363,2
Media File 3-6	148,5
Media File 3-7	518,6
Media File 3-8	129,5
Media File 3-9	23,6
Total	2253,7

Berdasarkan hasil perhitungan waktu sesuai NCOD seperti tercantum pada Tabel 4.4, proses pembuatan part “Sub Spar” ini memerlukan waktu sekitar 37,56 jam = 2253,7 menit = 135.222 detik.

Tabel 4.5 Waktu Pengerjaan Part “Sub Spar” (Aktual)

Pekerjaan	Waktu Pengerjaan (menit)
Pemasangan benda kerja pada mesin Cincinnati DGMP	17
Media File 1-1	
• center drill	11
• twist drill	105
• Counter Bor	25
Bongkar benda kerja dari mesin Cincinnati DGMP	17
Pemasangan benda kerja pada mesin Cincinnati DGAL	20
Media File 2-1	
• Facing	240
• Rough outside winding angle	30
• Finish outside winding angle	300
• Tooling hole	15
Membalikkan benda kerja	60
Media File 3-1	
• Counter bor	30
• Rough all pocket	480
Media File 3-2	
• Rough all pocket	480
Media File 3-3	
• Rough inside wall	240
• Check accurasi	10
Media File 3-4	
• Rough mill top stiffener	30
• Finish mill top stiffener	25
• Finish mill top stiffener R4	5
Media File 3-5	
• Mill finish web of pocket	480
Media File 3-6	
• Semi finish dan finish wall all pocket	180
• Pembuatan lubang berdiamater 6h7	15

• Finish pocket wall	20
Media File 3-7	
• Finish inside winding angle	240
• Mill top of winding angle	120
• Rough mid area	120
• memotong tool tabs outside of ribs dan finish peripheri	120
Media File 3-8	
• Memotong tool tabs outside of rib dan middle of part	360
Media File 3-9	
• Rough dan finish holes between stiffener	120
Bongkar benda kerja dari mesin Cincinnati DGAL	30
Total	3945



Gambar 4.6 Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pengerjaan aktual di lapangan

Sedangkan, waktu sesungguhnya (*actual*) yang diperlukan untuk pengerjaan *part* “Sub Spar” dengan *part number* L5744016820001 adalah 3945 menit atau sekitar 65,75 jam. Bila dibandingkan dengan waktu pengerjaan berdasarkan NCOD, maka terjadi perbedaan sekitar 65,75 jam – 37,56 jam = 28,19 jam. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain terkait dengan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan pemasangan *raw material*, faktor mesin, dan faktor atau kompetensi SDM (keterampilan operator) yang tidak diperhitungkan dalam penghitungan waktu berdasarkan NCOD.

Bila dianalisis menggunakan pendekatan Diagram Sebab-Akibat (*Cause-and Effect- Diagrams*), maka dapat dipetakan beberapa faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian total waktu produksi berdasarkan NCOD dan kenyataan di lapangan seperti tercantum pada Gambar 4.6 di bawah ini.

Faktor-faktor penyebab tersebut dapat diidentifikasi terkait aspek-aspek sebagai berikut:

A. Measurement

Salah satu faktor yang terkait dengan aspek pengukuran (*measurement*) adalah kegiatan mengukur material. Pengukuran dimensi *raw material* harus dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan pekerjaan lainnya. Sasaran dari pekerjaan ini adalah untuk memastikan apakah dimensi geometri dari *raw material* yang tersedia sudah sesuai dengan yang tercantum di dalam NCOD atau gambar kerja yang telah ditentukan. Pekerjaan pengukuran untuk mengecek dimensi geometri *raw material* ini memerlukan keakuratan sehingga diperlukan waktu yang cukup dalam melakukannya.

B. Material

Ada dua faktor yang diduga mempengaruhi terjadinya perbedaan total waktu pengerjaan part “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbus A380 terkait dengan material, yaitu pekerjaan untuk mengangkat dan menurunkan material serta pekerjaan untuk mengecek arah butiran (*grain direction*) dari *raw material*. Karena dimensi geometri *raw material* yang digunakan sangat besar dengan bobot yang sangat berat, maka untuk mengangkat dan menurunkan material

ke meja mesin diperlukan alat berat *crane* sehingga diperlukan waktu pengerjaan yang cukup. Pekerjaan ini harus dilakukan dengan memperhatikan keamanan dan keselamatan kerja bagi operator juga keamanan dari material, alat berat, dan mesin yang akan digunakan. Terkait dengan pekerjaan untuk mengecek arah butiran (*grain direction*) dari material memerlukan peralatan khusus metalografi sehingga diperlukan waktu yang cukup untuk memperoleh hasil investigasi arah butiran yang akurat. Pekerjaan ini perlu dilakukan sangat cermat dan hati-hati sesuai dengan prosedur standar mutu sehubungan dengan material yang akan digunakan sebagai bagian komponen pesawat terbang.

C. Methode

Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi terjadinya perbedaan total waktu pengerjaan *part* “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbuss A380 terkait dengan aspek metode pengerjaan meliputi: setting datum, setting program, dan setting tool. Ketiga faktor ini berkaitan dengan perangkat CNC dari mesin freis yang digunakan. Keakuratan dalam melakukan pekerjaan *setting* ini sangat perlu diperhatikan untuk memperoleh hasil pekerjaan yang presisi dan terhindar dari kegagalan (*failure*).

D. Environment

Sumber daya pendukung fasilitas produksi terkait dengan aspek lingkungan (*environment*) seperti gangguan pasokan energi listrik dan kerusakan yang terjadi pada *cooling tower* dan kompresor dapat berpengaruh terhadap terjadinya perbedaan total waktu pengerjaan *part* “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbuss A380. Bila terjadi pemadaman listrik maka seluruh proses produksi

akan terhenti dan diperlukan waktu untuk menghidupkan kembali listrik baik yang berasal dari pasokan PLN maupun genset sebagai sumber energi listrik cadangan. Demikian pula dengan terjadinya gangguan atau kerusakan pada komponen sistem pengkondisian udara (*air conditioner system*) seperti *cooling tower* dan kompresor diperlukan waktu yang cukup untuk mengatasinya. Sistem pengkondisian udara untuk menjaga suhu dan kelembaban (*humidity*) udara di dalam ruang kerja sangat perlu diperhatikan mengingat mesin yang digunakan menggunakan sistem CNC yang perlu dijaga suhu dan kelembabannya.

E. Man

Terkait dengan aspek sumber daya manusia (*man*) yakni operator mesin freis CNC, maka yang perlu diperhatikan dan dapat berpengaruh terhadap total waktu pengerjaan *part* “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbuss A380 adalah perilaku operator terutama yang berkaitan dengan keterampilan (*skill*) dan keadaan psikologis operator agar tidak melakukan kesalahan (*human error*). Diperlukan waktu yang cukup untuk beristirahat bagi operator sehubungan dengan memenuhi kebutuhan pribadinya seperti makan/minum, relaksasi sesaat agar tidak terlalu lelah, atau melaksanakan keperluan pribadi (pergi ke toilet). Tingkat keterampilan seorang operator sangat berpengaruh terhadap intensitas waktu pengerjaan berkaitan dengan interaksi antara operator dengan mesin yang digunakan.

F. Machine/Tool

Gangguan terhadap mesin (*machine error*) dan alat potong freis (*milling cutter*) yang patah merupakan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap terjadinya perbedaan total waktu pengerjaan *part* “Sub Spar”

bagian sayap pesawat Airbuss A380 berkaitan dengan aspek *machine/tool*. Diperlukan waktu yang cukup untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada mesin freis CNC atau mengganti *milling cutter* yang patah.

V. SIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa proses produksi yang dilakukan oleh operator mesin freis CNC Cincinnati Milacron untuk membuat *part* “Sub Spar” bagian sayap pesawat Airbuss A380 telah sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan oleh perusahaan seperti tercantum pada NCOD. Namun, total waktu proses produksi yang dilakukan oleh operator tersebut tidak sesuai dengan perhitungan NCOD, yakni total waktu aktual yang diperlukan menjadi lebih besar sekitar 43%. Beberapa faktor penyebab terjadinya perbedaan total waktu produksi tersebut, antara lain terkait dengan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan pemasangan *raw material*, faktor mesin, dan faktor atau kompetensi SDM (keterampilan operator) yang tidak diperhitungkan dalam penghitungan waktu berdasarkan NCOD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Rektor Unnur, Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Program Studi Teknik Industri Unnur, Kepala LPPM Unnur, Direktur dan Jajaran Pimpinan PT Dirgantara Indonesia, Sdr. Olih Suherman, S.T., serta semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S., (2005), *Manajemen Penelitian*, Cetakan ketujuh, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Barnes, Ralph M, (1980), *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*, John Willey & Sons Inc.
- Callister, William D., Rethwisch, David G., (2012), *Fundamentals of materials science and engineering : an integrated approach*, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc.
- De Garmo, E. P.D. (1979), *Material and Processes in Manufacturing*, New York, Collier McMillan Publ.
- Gershwin, Stanley B. (1994), *Manufacturing Systems Engineering*, Prentice Hall.
- Groover, Mikell P. (2010), *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems*, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc.
- Heizer, Jay, and Render, Barry, (2014), *Operations Management: Sustainability and Supply Shain Management*, 11th ed., Pearson Education, Inc.
- Kalpakan, Seroke. (1995), *Manufacturing Engineering and Technology*, 3rd edition, Addison-Wesley Pub. Company.
- Niebel, Benjamin W and Andris Frevalds, (2009), *Method, Standards and Work Design*, 12th edition, Mc Graw Hill,.
- Pandey, PC. (1983), *Modern Manufacturing Processes*, Second Edition, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Ltd. Geough, JA. (1988), *Advanced Methods of Machining*, First Edition, Chapman and Hall Ltd.
- Schey, John A. (1987), *Introduction to Manufacturing Process*, 2nd edition, McGraw-Hill Book Co.

Sutalaksana, Iftikar Z, A. Ruhana,
Jahn H., (2006), *Teknik
Perancangan Sistem Kerja*,
Penerbit ITB.

