

PENJADWALAN PRODUKSI *JOB SHOP* DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA *TABU SEARCH* PADA PT. XYZ

Rencus Siburian¹, Abadi Ginting SS²

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jln. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email: rencus_siburian@yahoo.com
Abadi_ginting@yahoo.co.id

Abstrak. Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ, sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan suku cadang (*spare part*) dari mesin *screwpress* dan mesin *digester*. Penelitian dilakukan hanya pada pembuatan *sparepart* mesin *screwpress*, yaitu *protection nut*, *worm screw*, *cone guide*, *dismantling plate*, *cone*, *pin & nut coupling*, *strainer*, *extension shaft*, *intermediate gear*, dan *flexible coupling*. Pola aliran proses pada PT. XYZ bersifat *job shop*, dan diproduksi berdasarkan pesanan (*make to order*), masing-masing produk memiliki aliran proses yang berbeda, urutan dan waktu proses yang berbeda, tetapi melalui fasilitas mesin yang sama, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya waktu menganggur pada sebuah mesin dan terjadi penumpukan job pada mesin yang lain. PT. XYZ menggunakan penjadwalan produksi dengan aturan FCFS yang masih mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian pesanan dan banyaknya job yang belum dikerjakan karena nilai *makespan* terlalu besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalkan *makespan*, yaitu dengan Algoritma *Tabu Search*. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi reduksi waktu dari jadwal perusahaan ke jadwal dengan Algoritma *Tabu Search* yaitu dari 141,22 jam atau 8473,2 menit menjadi 132,14 jam atau 7928,4 menit. *Relative Error* menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh antara Algoritma *Tabu Search* dengan metode perusahaan adalah 6,8715% dan nilai *Efficiency Index* sebesar 1,068715. Dapat disimpulkan bahwa Algoritma *Tabu Search* menghasilkan *makespan* yang lebih kecil dari penjadwalan aktual di perusahaan.

Kata Kunci : *Job shop scheduling* , *Makespan*, Algoritma *Tabu Search*

Abstract. The research was conducted at PT. XYZ which is a manufacturing company engaged in the manufacture of spare parts of *screwpress* and *digester*. The study was conducted only in the manufacture of spare parts of *screwpress*, namely *protection nut*, *screw worm*, *cone guide*, *dismantling plate*, *cone*, *pin & coupling nut*, *strainer*, *extension shaft*, *intermediate gear*, and *flexible coupling*. The flow pattern at PT. XYZ is *job shop* and produced by *make to order*, each product has a different process flow, sequence and timing of different processes, but through the facilities of the same engine, so may result in idle time on a machine and the accumulation of another job on the machine. PT. XYZ used production scheduling by FCFS rule that still result in a delay in the completion of orders and there was so much undone job because *makespan* values was too large. The purpose of this study was to minimize the *makespan*, namely the *Tabu Search Algorithm*. Results from this study is the reduction occurred from time to schedule company with *Tabu Search Algorithm* is from 141.22 hours or minutes become 132.14 8473.2 7928.4 hours or minutes. *Relative Error* shows that the savings obtained *makespan* between *Tabu Search Algorithm* with the method of company is 6.8715% and the value of *Efficiency Index* is 1.068715. It can be concluded that the *Tabu Search Algorithm* produces a smaller *makespan* than the company actual scheduling.

Keyword: *Job shop scheduling*, *Makespan*, *Tabu Search Algorithm*

¹Mahasiswa Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

² Dosen Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan akan selalu berusaha mencapai efektivitas dan efisiensi produksi agar tercapai hasil yang optimal. Hal ini dilakukan agar perusahaan selalu dapat memenuhi permintaan konsumen dan menyelesaikan pesanan sesuai dengan waktu yang telah disepakati.

PT. XYZ merupakan badan usaha yang memproduksi mesin-mesin yang digunakan pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Pada Perusahaan ini selain terdapat aktivitas perakitan, terdapat pula proses permesinan, yaitu memproses komponen barang setengah jadi menjadi barang yang siap dirakit, seperti *sparepart* mesin *screw press* dan mesin *digester*. Penelitian ini dilakukan hanya pada *sparepart* mesin *screw press* oleh sebab keterbatasan waktu.

Perusahaan ini berproduksi berdasarkan pesanan atau order yang masuk (*job-order*). Dengan order yang berbeda, berbeda pula produk dan spesifikasi produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, variasi produknya menjadi sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat-pusat kerja. Peralatan digunakan bersama-sama oleh bermacam-macam order pada prosesnya. Dengan demikian, penjadwalan pada proses produksi di perusahaan ini disebut dengan penjadwalan produksi *Job Shop*.

Lintasan produksi pembuatan mesin terdiri dari mesin-mesin yang mempunyai urutan proses yang berbeda satu sama lain. Setiap tipe *sparepart* mesin *screw press* ini mempunyai urutan dan waktu proses yang berbeda pula, serta membutuhkan waktu *set-up* mesin terlebih dahulu. Waktu pengerjaan setiap operasi dari *job-job* tertentu dipengaruhi oleh jenis mesin yang akan digunakan, jenis mesin yang telah digunakan dalam pengerjaan operasi sebelumnya dan waktu *set-up*nya. Urutan dan waktu proses yang berbeda, tetapi melalui fasilitas mesin yang sama, akan mengakibatkan terjadinya waktu menganggur pada sebuah mesin dan terjadi penumpukan *job* pada mesin yang lain.

PT.XYZ selama ini melakukan perencanaan dan penjadwalan produksi secara sederhana. PT.XYZ merupakan perusahaan yang permintaannya bersifat *make to order*, perusahaan menyadari pentingnya ketepatan waktu penyelesaian dan ketepatan waktu pengiriman produk untuk mempertahankan konsumen. Saat ini perusahaan menggunakan aturan order yang telah tiba lebih dahulu akan dilayani lebih dahulu (*FCFS*). Aturan ini tidak mempersoalkan singkat atau lamanya waktu proses. Apabila ada order yang tiba pada saat yang bersamaan maka akan dikerjakan melalui antrian. Akan tetapi, keinginan konsumen untuk waktu pengiriman produk berbeda-beda. Ada konsumen yang menginginkan produk dikirim secepatnya, tanpa mau tahu kesanggupan perusahaan dan order perusahaan dari konsumen lain. Walaupun ada juga konsumen yang menyerahkan waktu pengiriman pada waktu

penyelesaian produk secara normal. Jangka waktu yang diberikan konsumen untuk pengiriman produk ini pun berbeda-beda pula sesuai dengan keinginannya masing-masing. Karena itu, dengan metode *FCFS* ini perusahaan kadang kala mengalami keterlambatan dalam pengiriman produk.

Pemesanan produk itu sendiri mempunyai wilayah kebebasan yang cukup tinggi, dimana varian dari produk sangat beragam. Ketepatan untuk menyusun rangkaian pekerjaan dibutuhkan guna menekan biaya, dimana tidak selamanya metode *FCFS* selalu lebih baik. Akan tetapi, harus dianalisis sedemikian rupa dari beberapa tipe produk dari variannya untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Diperlukan adanya metode penjadwalan produksi yang tepat untuk menghindari hal semacam ini. Dengan adanya metode penjadwalan produksi yang tepat, diharapkan total waktu penyelesaian keseluruhan produk (*makespan*) menjadi lebih singkat. *Makespan* adalah total waktu penyelesaian seluruh *job*, yang dihitung berdasarkan selisih antara waktu *stop job* terakhir dengan waktu *start job* pertama. Dimana untuk mendapatkan *makespan* ini, tergantung pada kombinasi dari *Job Loading* dan *Job Sequencing*. Pada saat order datang, maka akan dilakukan penugasan atau pembebanan order-order tersebut pada pusat-pusat kerja untuk diproses. Kegiatan ini disebut *job loading*. Setelah *job* ditugaskan, lalu ditentukan urutan-urutan memprosesnya, yang disebut dengan *job sequencing*. Bila pusat kerja telah siap untuk memproses *job* baru, maka *job* yang diprioritaskan akan diproses dahulu. Dengan meminimisasi *makespan* ini, yaitu dengan mengatur *job loading* dan *job sequencing*, maka waktu yang masih tersisa dapat digunakan untuk menyelesaikan rencana produksi berikutnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. XYZ yang berada di kota Medan, Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan mulai tanggal 04 Mei 2012. Objek penelitian yang diamati adalah lama total waktu penyelesaian seluruh produk.

2.1. Jenis Penelitian

Berdasarkan metode yang digunakan, penelitian ini termasuk *field research (applied research)* karena penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu model rancangan penjadwalan produksi sehingga efisiensi di lantai pabrik dapat meningkat.

Ditinjau dari tingkat eksplanasi, penelitian ini termasuk penelitian deskriptif, karena penelitian ini akan memaparkan setiap variabel yang mempengaruhi masalah yang ada sekarang secara sistematis dan aktual berdasarkan data yang ada.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data permintaan untuk *sparepart*: *protection nut*, *worm screw*, *cone guide*, *dismantling plate*, *cone*, *pin & nut coupling*, *strainer*, *extension shaft*, *intermediate gear*, dan *flexible coupling* yang dapat dilihat pada Tabel 1

No	Nama Spare part	Jumlah Permintaan (Unit)
1	<i>Protection Nut</i>	24
2	<i>Worm Screw</i>	22
3	<i>Cone Guide</i>	16
4	<i>Dismantling Plate</i>	8
5	<i>Cone</i>	20
6	<i>Pin & Nut Coupling</i>	100
7	<i>Strainer</i>	20
8	<i>Extension Shaft</i>	18
9	<i>Intermediate Gear</i>	30
10	<i>Flexible Coupling</i>	10

Dari tabel 1, dapat dilihat bahwa jumlah permintaan yang terbanyak adalah *Pin & Nut Coupling* dan yang paling sedikit adalah *Dismantling Plate*.

Proses produksi merupakan urutan pengerjaan suatu produk mulai dari bahan mentah sampai menjadi sebuah produk jadi. Pekerjaan yang dilakukan adalah berdasarkan pesanan (*Job order*), jenis produk yang dikerjakan cukup banyak, sehingga proses produksinya juga banyak karena masing-masing produk memiliki urutan proses yang berbeda-beda. Tipe aliran proses produksinya adalah *Job shop*, artinya proses produksinya memiliki pola aliran yang spesifik untuk setiap pekerjaan dan berbeda untuk tiap pekerjaan. Beberapa jenis proses produksi yang dikerjakan adalah sebagai berikut:

a. Proses Potong

Pada stasiun kerja ini dilakukan pemotongan bahan baku. Jenis, bentuk, ukuran, ketebalan bahan baku yang dipotong berbeda-beda. Jenis bahan baku berbentuk selinder, as, dan pipa.

b. Proses Pemborongan

Pada stasiun kerja ini dilakukan pengerjaan pemborongan. Produk yang melalui mesin boring yaitu *dismantling plate*. Proses pemborongan ini untuk mengatur permukaan *dismantling plate* sesuai dengan jenis *screwpress*.

c. Proses Pembubutan

Pada stasiun kerja pembubutan dilakukan proses pengikisan atau pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan memutar benda kerja dan pisau pahat yang terbuat dari baja akan mengikis permukaan benda sesuai dengan yang diinginkan.

d. Proses Penggerindaan

Pada stasiun kerja penggerindaan merupakan proses perautan, perataan dan penghalusan material. Proses penggerindaan dilakukan dengan mesin gerinda yang kerjanya bergerak secara kontinu terhadap benda. Mesin gerinda dihidupkan dan roda gerinda akan berputar, dan operator akan mengarahkan ke permukaan tertentu.

e. Proses Pengeboran

Proses pengeboran dengan mesin bor adalah proses melubangi benda kerja sesuai dengan ketentuan (jenis produk).

f. Proses Scrap

Proses *Scrap* untuk menghaluskan dan meratakan permukaan produk. Proses ini membuang sebagian bagian dari benda kerja.

g. Proses Pada Mesin Jack

Proses pengerjaan pada stasiun kerja ini dilakukan dengan melengkungkan benda kerja sesuai dengan bentuk produk yang akan dibuat.

Waktu proses setiap *Job* untuk setiap stasiun kerja diperoleh dari pengukuran waktu dengan menggunakan metode jam henti. Data hasil pengukuran waktu untuk setiap *spare part* dapat dilihat pada Tabel 2.

Produk	No. Pengamatan	Waktu Proses (Menit)			
		Ope-rasi 1	Ope-rasi 2	Ope-rasi 3	Ope-rasi 4
<i>Protection Nut</i>	1	4,46	51,15	59,40	-
	2	4,50	50,83	60,23	-
	3	4,75	51,16	60,20	-
	4	4,66	50,83	58,44	-
	5	4,50	50,41	59,35	-
<i>Worm Screw</i>	1	60,12	30,20	15,11	-
	2	59,21	30,20	14,38	-
	3	60,09	30,19	15,18	-
	4	60,11	32,07	14,54	-
	5	60,08	30,13	15,30	-
<i>Cone Guide</i>	1	58,3	30,09	60,12	-
	2	60,09	30,11	59,38	-
	3	59,21	29,35	60,07	-
	4	58,40	30,22	60,14	-
	5	58,55	30,15	60,12	-
<i>Dismantling Plate</i>	1	121,08	230,14	220,12	91,15
	2	120,33	230,23	220,14	90,83
	3	122,06	229,83	220,16	91,16
	4	120,83	229,07	221,15	90,91
	5	121,12	230,12	222,12	90,86
<i>Cone</i>	1	60,12	15,11	30,15	-
	2	59,41	15,08	30,20	-
	3	59,50	15,11	30,19	-
	4	60,11	15,13	30,22	-
	5	60,08	15,10	30,16	-

Tabel 2. Data Pengukuran Waktu Tiap Job (Lanjutan)

Produk	No. Pen gam atan	Waktu Proses (Menit)			
		Operasi 1	Operasi 2	Operasi 3	Opera si 4
Pin & Nut Couplin g	1	30,83	14,12	-	-
	2	30,41	14,09	-	-
	3	30,91	13,91	-	-
	4	30,83	14,11	-	-
	5	30,86	14,05	-	-
Strainer	1	85,04	9,83	-	-
	2	84,91	10,07	-	-
	3	84,83	10,12	-	-
	4	85,09	10,14	-	-
	5	85,11	10,15	-	-
Extensi on Shaft	1	60,12	29,20	30,15	-
	2	59,41	30,15	30,20	-
	3	60,07	30,19	30,19	-
	4	60,04	30,13	30,09	-
	5	60,10	30,07	30,16	-
Interme diate Gear	1	240,12	61,14	-	-
	2	240,09	61,23	-	-
	3	240,91	61,20	-	-
	4	240,05	61,44	-	-
	5	240,12	61,41	-	-
Flexible Couplin g	1	240,12	91,19	30,14	-
	2	240,09	90,23	30,19	-
	3	240,91	91,20	30,15	-
	4	240,07	90,41	30,13	-
	5	240,25	90,40	30,16	-

Dari tabel 2, dapat dilihat bahwa waktu proses operasi yang dibutuhkan untuk pengerjaan sebagian besar *spare part* cukup lama. Terkecuali pada operasi pertama pembuatan *protection nut*, yang hanya memakan waktu rata-rata kurang dari 5 menit.

2.3. Pengolahan Data dengan Algoritma Tabu Search

Penjadwalan dengan Algoritma *Tabu Search* dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membangkitkan Solusi Awal
Urutan *job* yang digunakan sebagai pembanding ketika proses *tabu search* dimulai dalam penelitian ini adalah: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
2. Menentukan kriteria aspirasi
Kriteria aspirasi dalam penelitian adalah meminimisasi *makespan*
3. Menentukan Jumlah Iterasi Maksimum dan ukuran *tabu list*.
Jumlah iterasi maksimum Algoritma *Tabu Search* pada penelitian ini adalah sebanyak 9 iterasi. Dan ukuran *tabu list* yaitu: 9 *list*.
4. Melakukan Move

Move yang digunakan dalam penelitian ini adalah *neighborhood search*. Algoritma *Tabu Search* digunakan untuk mencari solusi urutan produksi yang terbaik. Dimana input data yang diperlukan untuk melakukan pengolahan pada algoritma ini yaitu waktu proses setiap produk.

5. Alteratif Move

Setelah memasukkan data yang diperlukan pada pengolahan Algoritma *Tabu Search* yaitu urutan mesin dan waktu proses setiap produk, maka diperoleh hasil dari pengolahan urutan produksi yang terpendek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

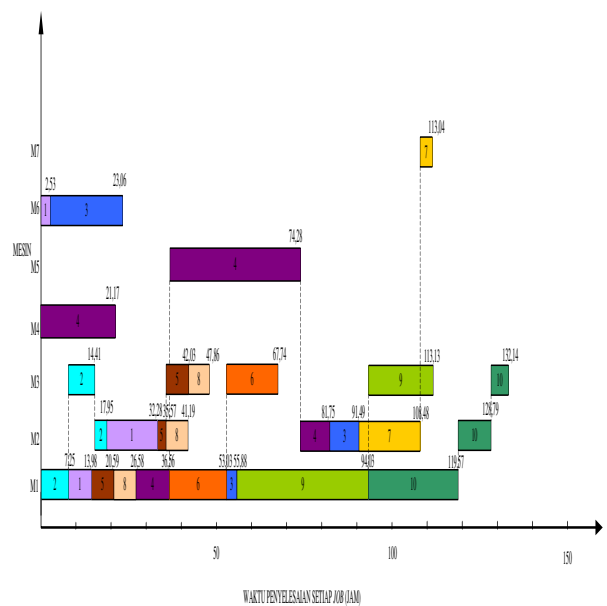
Kondisi awal penjadwalan:

Urutan *job*: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

S = nilai *makespan* awal (inisial) atau solusi awal = 141,22 jam = 8473,2 menit (hasil penerapan metode *FCFS*). Urutan *job* yang didapat dengan *neighborhood search* = 2-1-3-4-5-6-7-8-9-10.

Jumlah Iterasi maksimum = 9 iterasi

Dari iterasi-iterasi yang dilakukan, didapat hasil penjadwalan dengan Algoritma *Tabu Search* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Gantt Chart Hasil Penjadwalan dengan Algoritma Tabu Search

Dari Gambar 1, terlihat Nilai *makespan* yang dihasilkan dengan menggunakan Algoritma *Tabu Search* yaitu 132,14 jam. *Job* yang memiliki waktu yang sangat lama dalam pengerjaannya yaitu *job* 4 pada mesin 4 dan mesin 5, *job* 9 pada mesin 1, dan *job* 10 pada mesin 1. Maka pada *job-job* tersebut dibutuhkan ketahanan tubuh operator dalam mengerjakannya.

3.2. Analisis Pemecahan Masalah

Dari hasil perhitungan dengan Algoritma *Tabu Search* diperoleh bahwa nilai *makespan* adalah 132,14 jam yaitu dengan urutan *job 2- job 1- job 5- job 8- job 4- job 6- job 3- job 7- job 9- job 10* atau *worm screw - protection nut - cone - extension shaft - dismantling plate - pin & nut coupling - cone guide - strainer - intermediate gear - flexible coupling*. Dari keadaan ini dianalisis bahwa metode penjadwalan usulan menghasilkan nilai *makespan* yang lebih baik dari metode perusahaan. Dari keadaan diatas dapat dianalisis bahwa metode penjadwalan yang diusulkan lebih baik untuk memenuhi seluruh *order*, karena waktu penyelesaian dengan metode penjadwalan usulan yaitu Algoritma *Tabu Search* lebih cepat dari pada dengan metode perusahaan.

Parameter performansi digunakan untuk menentukan metode yang lebih baik untuk diterapkan pada perusahaan. Parameter performansi yang digunakan adalah *Efficiency Index* dan *Relative Error*. Hasil perhitungan nilai EI dan RE dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai EI dan RE

Metode Usulan	Metode Perusahaan	Efficiency Index	Relative Error
Algoritma <i>Tabu Search</i>	FCFS	1,07	6,87%

Berdasarkan Tabel diatas bahwa $EI > 1$ maka penjadwalan dengan Algoritma *Tabu Search* yaitu metode usulan yang diberikan memiliki *performance* yang baik dibanding dengan metode yang digunakan perusahaan. Untuk nilai *Relative Error* di atas menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh antara Algoritma *Tabu Search* dengan metode perusahaan adalah 6,87%. Hal ini menunjukkan Algoritma *Tabu Search* lebih baik dibandingkan metode perusahaan.

Berdasarkan kedua parameter di atas, maka Algoritma *Tabu Search* lebih baik untuk menjadwalkan urutan pengerjaan di PT. XYZ yaitu dengan *makespan* 132,14 jam atau 7928,4 menit.

Urutan pekerjaan yang dihasilkan dari Algoritma *Tabu Search* adalah sebagai berikut:

Untuk mesin Bubut: *Worm Screw, Protection Nut, Cone, Extension Shaft, Dismantling Plate, Pin & Nut Coupling, Cone Guide, Intermediate Gear, Flexible Coupling*.

Untuk mesin Bor: *Worm Screw, Protection Nut, Cone, Extension Shaft, Dismantling Plate, Strainer, Flexible Coupling*.

Untuk mesin Scrap: *Worm Screw, Cone, Extension Shaft, Pin & Nut Coupling, Intermediate Gear, Flexible Coupling*

Untuk mesin Potong: *Dismantling Plate*

Untuk mesin Boring: *Dismantling Plate*

Untuk mesin Gerinda: *Protection Nut, Cone Guide*.

Untuk mesin Jack: *Strainer*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT. XYZ dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa total *makespan* yang didapat dari metode penjadwalan aktual yang diterapkan di PT. XYZ dengan aturan *First Come First Serve* sebesar 141,22 jam atau 8473,2 menit. Metode penjadwalan produksi yang memberikan hasil yang optimum adalah Algoritma *Tabu Search* dengan menghasilkan total *makespan* sebesar 132,14 jam atau 7928,4 menit. Nilai *performance* yaitu *Relative Error* menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh antara Algoritma *Tabu Search* dengan metode perusahaan adalah 6,87% dan nilai *Efficiency Index* sebesar 1,07, menunjukkan bahwa penjadwalan dengan Algoritma *Tabu Search* memiliki *performance* yang baik dibanding dengan metode yang digunakan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K.R. 1990. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Baker, K.R. 2001. *Elements of Sequencing and Scheduling*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Barnes, Ralph M. *Motion and Time Study and Work Measurement*. New York: John Wiley & Sons Inc. 1980.
- Bedworth, David D. *Integrated Production Control System, Management, Analysis, Design*. New York: John Wiley & Sons. 1987.
- Besterfield, Dale. *Quality Control*. Prentice Hall Inc. 1985.
- Ginting, Rosnani. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.
- Glover, F, M. Laguna. *Tabu Search*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1997.
- Nasution, Arman Hakim. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Candimas Metropole. 1999.
- Pinedo, Michael. *Scheduling, Theory, Algorithms, and Systems*. New Jersey. Prentice Hall. 1995.
- Sinulingga, Sukaria. 2010. *Metodologi Penelitian*. Medan : Graha Ilmu