

Penjadwalan Flow Shop dengan Metode Algoritma Heuristik Pour, Algoritma Campbell Dudek And Smith, Algoritma Tabu Search di Industri Porcelain Tableware

Rakay Edhiargo Toyosito¹, Lifia Citra Ramadhanti², Abby Yazid Bustommy³

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya

^{2,3} Program Studi Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya

¹ rakaytoyosito@untara.ac.id (*)

² lifiacr@untara.ac.id

³ abbyyazid@untara.ac.id

Abstract— Porcelain tableware industry is an industry that produces household appliances. The production process must be calculated to fulfill the demand with the process. In calculation with pour algorithm method, campbell dudek and smith algorithm and tabu search algorithm by using visual basic for application software so it can speed up the calculations and avoid the errors in calculations. The objective is to minimize the constraint in the production, to fulfill the market demand and produce more quality of A and B. The calculation result of statistical test can use minitab software to find out whether the calculation can be accepted or rejected. Then, these calculation can be executed into the production of porcelain. In this research, production planning can be done by the VBA calculation result which is the campbell dudek and smith algorithm because it produce an optimal makespan compared to the other algorithm results. The comparison result of statistical test is the campbell dudek and smith algorithm produce the smallest p-value than the others. It concludes that the planning of porcelain tableware can use the campbell dudek and smith algorithm in making work sequences to minimize the processing time and have a high quality products.

Keywords— Production planning, algorithm, VBA software, minitab.

Abstrak— Industri *porcelain tableware* adalah industri yang memproduksi peralatan rumah tangga. Pada saat ini permintaan kebutuhan rumah tangga akan *porcelain tableware* semakin meningkat, karena semakin meningkatnya permintaan maka produksi *porcelain* dituntut harus semakin cepat dan memiliki kualitas yang baik maka produksi pun harus siap dalam perencanaannya. Proses produksi harus dihitung untuk menyesuaikan permintaan dengan proses, untuk membantu perhitungan maka perencanaan dapat dibantu dengan metode algoritma pour, algoritma Campbell dudek and smith dan algoritma tabu search, dengan menggunakan *software visual basic for application* (VBA) dalam menghitung algoritma dapat membantu mempercepat perhitungan dan menghindari kesalahan dalam perhitungan. Dengan tujuan penelitian untuk meminimalkan hambatan dalam produksi, memenuhi permintaan marketing dan menghasilkan kualitas a dan b lebih banyak. Hasil dari perhitungan dapat di uji statistik dengan menggunakan *software* minitab untuk mengetahui perhitungan penelitian dapat di terima atau ditolak. Kemudian perhitungan tersebut dapat dieksekusikan kedalam produksi *porcelain*. Dalam penelitian ini perencanaan produksi dapat dilakukan mengikuti hasil perhitungan VBA untuk algoritma Campbell dudek and smith karena menghasilkan makespan yang optimal dibandingkan dengan hasil dari algoritma yang lainnya. Hasil dari perbandingan uji statistik, algoritma Campbell dudek and smith pun menghasilkan p-value lebih kecil dibandingkan dengan yang lainnya. Kesimpulan penelitian ini adalah perencanaan produksi *porcelain tableware* dapat menggunakan algoritma campbell dudek and smith dalam membuat urutan pekerjaan agar dapat meminimalkan waktu proses dan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.

Kata kunci— Perencanaan Produksi, Algoritma, Software VBA, Minitab.

I. PENDAHULUAN

Industri manufaktur pada era saat ini sangat memiliki pangsa pasar yang besar di dalam negeri maupun di luar negeri, dan industri manufaktur pun memiliki sektor-sektor sendiri. Salah satunya ialah industri keramik, industri keramik pun terbagi lagi dalam beberapa produksi. Salah satunya adalah produksi keramik rumah tangga atau *porcelain tableware*, produksi *porcelain tableware* pada saat ini memiliki pangsa pasar yang besar, di dunia maupun di dalam negeri. Menurut (Berges et al., 2020), bahwa persaingan *porcelain* terjadi karena meningkatnya permintaan peralatan rumah makan yang terbuat dari *stainless steel*. Oleh karena itu

perusahaan industri *porcelain tableware* pun terus meningkatkan inovasi dalam model dan teknik pembuatannya.

Menurut (Jurdilla et al., 2019), tidak hanya dibidang perindustrian, teknologi material bahan baku keramik juga mengalami perkembangan yang saat ini diarahkan pada kespesifikasian fungsi dan kegunaan dalam tiap-tiap kebutuhan. Baik industri yang berkaitan menangani kebutuhan rumah tangga, perusahaan, refaktori, industri mekanik. Di dalam sebuah perusahaan manufaktur, untuk perencanaan mengenai produksi harus memiliki acuan dengan jelas agar semua yang harus dipersiapkan pun bisa terukur dengan jelas. Jika perencanaan pada produksi tidak berjalan dengan baik atau diluar dari perencanaan yang sudah dibuat maka dampak

yang diakibatkannya dapat merugikan banyak pihak terutama untuk perusahaan tersebut.

Adapun di salah satu industri produksi *porcelain* Indonesia memiliki permasalahan mengenai produksi seperti *defect*, *defect* yang terjadi adalah *glasir pinhole* atau seperti lubang jarum, glasir yang kurang rata atau bergelombang, *defect* ini terjadi karena perencanaan pada produksi glasur tidak terkoordinir akibatnya menumpuknya *glaze* yang ingin dipakai dan terdapat masalah lainnya yaitu tidak terpenuhinya ekspektasi pelanggan terhadap kualitas barang yang dipesan dan dalam menjalankan produksi perusahaan mengalami kesulitan dalam menentukan jumlah produksi yang optimal sesuai dengan ketersediaan sumber daya seperti bahan baku, tenaga kerja dan mesin produksi. Adapun permasalahan lainnya yang terdapat dalam produksi ialah hambatan-hambatan yang terjadi didalam proses kerja maupun dalam men-*supply* hasil kerja, seperti persiapan dalam proses produksi yang terlalu memakan waktu dari memeriksa keadaan mould untuk mencetak di forming, memeriksa warna glasur yang akan dipakai, dan hambatan yang diluar dugaan seperti trouble pada mesin produksi sehingga menyebabkan proses yang berjalan terhambat dan memakan waktu.

Jika melihat dari permasalahan yang terjadi, terdapat ketidaksesuaian antara produksi yang direncanakan dengan *actual* hasil yang di dapatkan penelitian ini menggunakan metode *scheduling* dengan menerapkan *flow shop* yaitu metode algoritma heuristic *pour* dan metode *campbell dudek and smith* (CDS) dan metode algoritma tabu *search*. Dengan melakukan *routing* proses produksi untuk menentukan proses pekerjaan yang dapat melakukan pemborosan dalam waktu proses.

Metode *pour* algoritma digunakan karena metode ini merupakan salah satu metode *scheduling flow shop* yang mana sejalan dengan penelitian yang sedang dilakukan, oleh karena itu penelitian ini menggunakan metode algoritma *pour* untuk menghitung waktu proses produksi dengan makespan rendah tetapi optimal dalam waktu proses produksinya. Dalam penelitian sebelumnya sudah membandingkan antara metode algoritma *pour* dengan *campbell dudek and smith* algoritma. Dan metode CDS yang dibandingkan dengan tabu *search*. Jika dilihat kembali dalam penelitian terdahulu, metode *scheduling flow shop* dengan metode algoritma heuristik *pour*, CDS dan tabu *Search* belum digunakan pada produksi perusahaan *porcelain*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Desain yang dilakukan dalam penelitian ini terkait sistem penjadwalan pada proses produksi *porcelain* di industri manufaktur *porcelain* menggunakan algoritma sebagai perhitungan penjadwalan produksi *porcelain*, dimana permasalahan produksi terdapat pada penjadwalan proses pencetakan yang selalu terlambat atau kesalahan pencetakan. Penelitian ini melakukan pengambilan data dengan cara observasi langsung dan mencari informasi ke bagian pencetakan langsung, dan melakukan perhitungan waktu proses untuk penunjang urutan rute saat perhitungan.

B. Data dan Informasi

Data pada penelitian ini menjadi hal yang sangat penting dimana data ini dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Data dan Informasi sendiri dapat memberikan kontribusi dalam menerjemahkan pengertian dari sebuah konsep yang berhubungan dengan penelitian. Dalam penelitian ini digunakan dua metode pengukuran yaitu secara primer dan sekunder dimana dengan membuat aliran proses dan survey langsung produksi. Membaca dan menganalisa hasil membuat aliran proses dan survey langsung menjadi hal yang penting dalam penelitian ini.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena menurut (Sugiyono, 2013) bahwa tujuan utama dari penelitian adalah untuk mendapatkan data. Sedangkan instrumen pengumpulan data adalah alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam kegiatan mengumpulkan data agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan dipermudah.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari subjek penelitian, dalam hal ini peneliti memperoleh data atau informasi langsung dengan menggunakan instrumen yang telah ditetapkan. Pengumpulan data primer merupakan bagian internal dari proses penelitian dan seringkali diperlukan untuk tujuan pada pengambilan keputusan. Pada penelitian ini jawaban dari data primer diperoleh dengan cara mewawancarai karyawan dan beberapa staff perusahaan yang terkait dengan permasalahan yang terjadi.

2. Data Sekunder

Data sekunder ini merupakan data yang sifatnya mendukung keperluan data primer seperti buku-buku, literatur dan bacaan yang berkaitan dengan penelitian yang diambil. Pada penelitian ini menggunakan data perusahaan yaitu sistem ERP yang merupakan data yang berasal dari lapangan atau area proses produksi namun dibuat ringkas mungkin agar semua pihak atau staff pekerja terkait dapat memahami isi proses produksi yang sedang berjalan maupun yang sudah berjalan.

D. Populasi dan Sampel

Populasi merupakan subyek penelitian yang dianggap penting. Menurut (Sugiyono, 2018), populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi pada penelitian ini di perusahaan produksi manufaktur *porcelain* yang berada di Indonesia yang terkait dengan sistem penjadwalan proses produksi. Sedangkan sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti. Sampel yang diambil dalam penelitian ini berasal dari beberapa perusahaan manufaktur *porcelain* di Indonesia.

E. Analisis Data

Untuk meningkatkan kinerja sistem penjadwalan proses produksi, yang harus dilakukan pertama kali adalah menghitung nilai dari setiap proses bisnis yang ada. Perhitungan nilai ini dilakukan melalui beberapa tahapan

pengolahan data. Data yang digunakan dalam pengolahan merupakan data historis perusahaan.

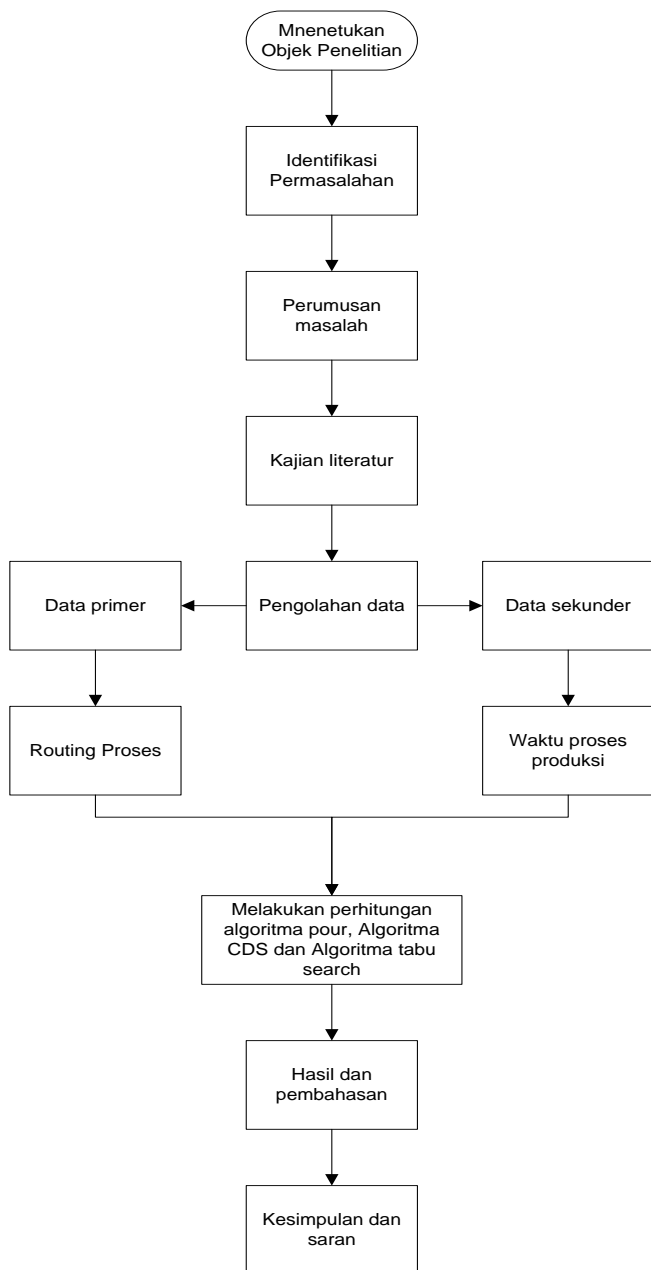
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Umum Perusahaan

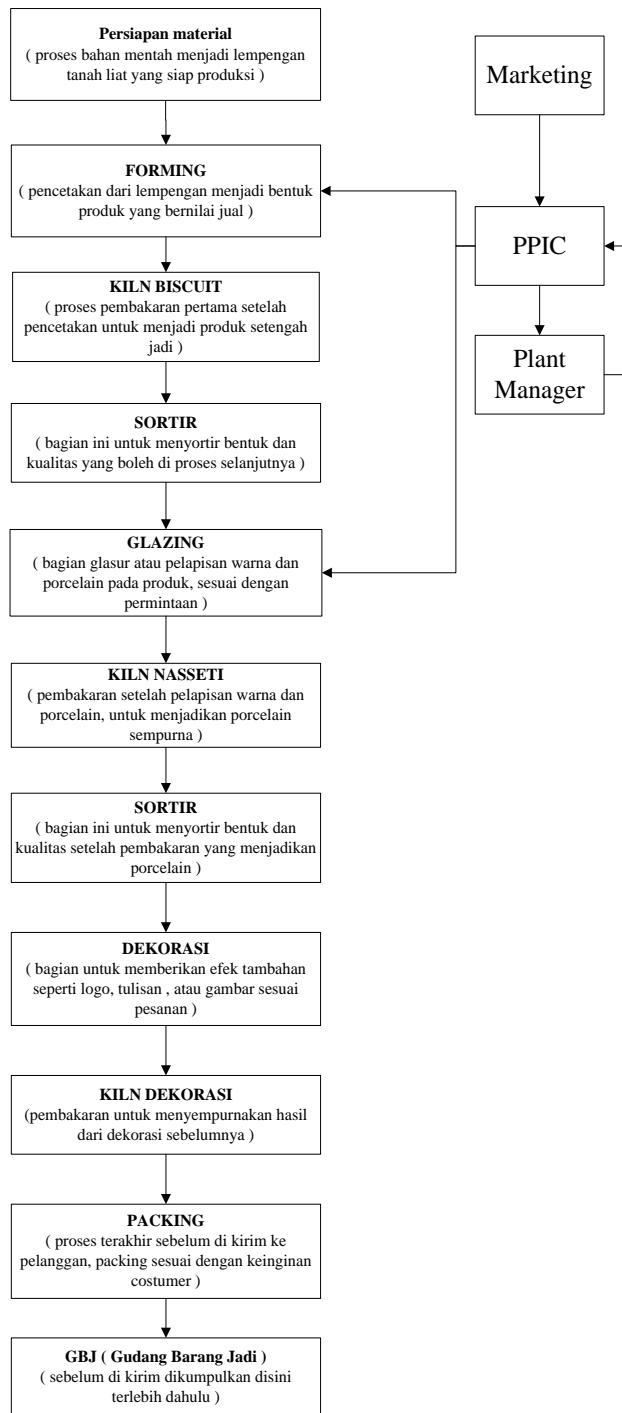
Perusahaan *porcelain* yang menjadi objek penelitian beroperasi sejak tahun 1981 yang berfokus pada produksi industri keramik alat makan dan minum dengan berbahan dasar *porcelain*. Perusahaan ini berpusat di Tangerang, dengan fokus pemasaran *export* ke luar negeri dengan harapan dapat bersaing dengan produk-produk dari china dan beberapa pengeksport *porcelain* khususnya *tableware*.

- Proses Produksi

Langkah-Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Proses produksi *porcelain*

B. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi dilakukan pada semua perusahaan dan tidak menutup kemungkinan penjadwalan produksi dilakukan pada perusahaan *porcelain*. Penjadwalan produksi pada *porcelain* pun dilakukan pada semua lini bagian untuk meminimumkan kesalahan, untuk menjadwalkan produksi harus memiliki waktu proses. Berikut ini data waktu proses / menit seperti pada Tabel dibawah ini.

TABEL I
DATA WAKTU PROSES/MENIT

<i>JOB / MESIN</i>	<i>Forming MESIN 1 / menit</i>	<i>Glazing MESIN 2 / menit</i>	<i>Dekorasi MESIN 3 / menit</i>	<i>Packing MESIN 4 / menit</i>
KPB 06 C	1.81	1.88	2.03	0.04
KPB 06 S	1.98	1.94	1.98	0.04
KPB 03 CM	0.89	0.79	0.66	0.13
KPC 03 S	0.41	0.28	0.41	0.05
KPI 01 C	0.34	0.24	0.13	0.03
KPQ 6 B	1.10	1.07	0.71	0.76
KPZ 10 S	0.37	0.41	0.26	0.34

Berdasarkan Tabel diatas merupakan hasil yang diambil dari 1 Januari 2020 – 20 Maret 2020 produksi, data yang diambil hanya memiliki jangka waktu 3 bulan karena adanya pandemic covid 19 yang mengharuskan perusahaan mengikuti aturan pemerintah dan data waktu proses yang digunakan input dari sistem ERP yang digunakan oleh perusahaan, dan data yang diinput kedalam sistem ERP merupakan data yang berasal dari catatan produksi per-hari. Jika di lihat dari data mesin 1 adalah *forming*, mesin 2 adalah *glazing*, mesin 3 adalah *dekorasi*, dan mesin 4 adalah *packing*.

Selanjutnya untuk menghitung algoritma *campbell dudek and smith* dan algoritma *tabu search*. Algoritma *Heuristic Pour* menggunakan *software visual basic application (VBA)* agar tidak terjadi kesalahan dapat perhitungan dan langkah kerja.

C Algoritma *Heuristic Pour*

Hasil dari perhitungan algoritma *pour* terdapat 7 iterasi dengan susunan *job* yang berbeda-beda, dan dihitung kembali dengan VBA untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan. Untuk mendapatkan hasil perhitungan dengan menggunakan VBA melalui beberapa tahap, seperti berikut:

1. Iterasi 1
 - a. Untuk memulai perhitungan dengan VBA maka buatlah *record* perhitungan terlebih dahulu, kemudian mulailah perhitungan dengan memasukkan data waktu proses yang tertera pada tabel 4.1 pada tahap ini untuk menentukan iterasi 1 maka pada *job* 1 di kosongkan atau dimasukkan angka 0, dan untuk *job* lainnya dimasukkan angka sesuai dengan tabel data waktu proses. Seperti yang tertera pada tabel dibawah.

TABEL II
LANGKAH PERTAMA ALGORITMA

JOB / MESIN	Mesin 1	Mesin 2	Mesin 3	Mesin 4
J1				
J2	1.98	1.94	1.98	0.04
J3	0.89	0.79	0.66	0.13
J4	0.41	0.28	0.41	0.05
J5	0.34	0.24	0.13	0.03
J6	1.10	1.07	0.71	0.76
J7	0.37	0.41	0.26	0.34

b. Ketika sudah membuat tabel untuk menunjukkan iterasi 1, selanjutnya menghitung nilai data waktu proses awal.

c. Cara menghitung data waktu proses awal yaitu dengan menambahkan waktu proses dari yang terkecil hingga terbesar.

Jika sudah menghitung data waktu proses awal, selanjutnya menghitung total waktu permesin dan per *job* yang dimiliki iterasi 1 dan menghasilkan $\sum C_i$.

TABEL III
LANGKAH KEDUA ALGORITMA

JOB / MESIN	Mesin 1	Mesin 2	Mesin 3	Mesin 4	$\sum C_i$
J1					
J2	5.10	4.73	4.16	0.07	14.06
J3	3.12	2.78	1.47	0.26	7.63
J4	1.12	0.52	0.80	0.12	2.57
J5	0.34	0.24	0.13	0.03	0.74
J6	2.22	2.00	2.18	1.36	7.76
J7	0.71	0.93	0.39	0.60	2.64

Tahap selanjutnya menentukan urutan *job* dengan menggunakan hasil tabel 4.3, dan untuk menentukan urutan *job* dari yang terkecil hingga terbesar bukan dengan manual akan tetapi dengan menggunakan rumus $=\text{index}(J1-J7; \sum C_i; \text{MATCH}(\text{SMALL}(\sum C_i; \text{URUTAN JOB}); \sum C_i; 0); 1)$. Dengan rumus tersebut akan didapatkan urutan *job* dari yang terkecil hingga terbesar. Jika sudah mendapatkan urutan *job* maka hitunglah makespan dari urutan *job* tersebut.

TABEL IV
MENGHITUNG TOTAL WAKTU

JOB / MESIN	Mesin 1		Mesin 2		Mesin 3		Mesin 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
J1	0.00	1.81	1.81	3.69	3.69	5.73	5.73	5.77
J5	1.81	2.15	2.15	2.39	2.39	2.52	2.52	2.55
J4	2.22	2.63	2.63	2.91	2.91	3.32	3.32	3.38
J7	2.59	2.97	2.97	3.38	3.38	3.64	3.64	3.98
J3	3.49	4.38	4.38	5.17	5.17	5.83	5.83	5.97
J6	4.59	5.69	5.69	6.76	6.76	7.47	7.47	8.23
J2	6.57	8.56	8.56	10.50	10.50	12.48	12.48	12.52

f. Dari Tabel 5. dapat diketahui jika menghitung menggunakan VBA akan menghasilkan nilai makespan sebesar 12.52.

Kemudian untuk iterasi selanjutnya yaitu iterasi 2 hingga 7 memiliki tahap pekerjaan atau tahap proses perhitungan yang sama dengan iterasi 1, yang membedakan hanya pada proses menghitung completion time yang mana perbedaannya ialah mengubah angka setiap job sesuai dengan iterasi nya, seperti iterasi 2 berarti mengubah angka pada job 2 menjadi angka 0 hingga iterasi 7.

D. Algoritma Tabu Search

Pada perhitungan algoritma tabu search terdapat beberapa tahapan untuk menyelesaikan nilai waktu proses terkecil, pada perhitungan ini digunakan *software visual basic application* (VBA), untuk menghindari salah dalam menentukan urutan job dan hasil perhitungan. Berikut tahapan proses perhitungan algoritma tabu search.

1. Tahapan pertama algoritma tabu search

Tahapan pertama ialah menghitung nilai waktu awal atau mencari solusi awal dengan menghitung data perusahaan terlebih dahulu untuk mencari nilai dasar penentuan job dari yang terbesar ke terkecil. Dan untuk menghitung menggunakan *software VBA* dengan cara merecord keseluruhan proses perhitungan kemudian dari hasil merecord tersebut menemukan bahasa pemrograman untuk algoritma tabu search tersebut. Jika sudah dalam keadaan merecord maka VBA sudah siap dijalankan. Tapan pertama dalam perhitungan algoritma tabu search yaitu mencari solusi awal seperti pada tabel dibawah ini.

TABEL V

SOLUSI AWAL ALGORITMA

JOB / MESIN	MESIN 1 FORMING		MESIN 2 GLAZING		MESIN 3 DECORATION		MESIN 4 PACKING	
	S	E	S	E	S	E	S	E
J1	0.0	1.8	1.8	3.7	3.7	5.7	5.7	5.8
J2	2.0	4.0	4.0	5.9	5.9	7.9	7.9	7.9
J3	2.9	3.8	3.8	4.6	4.6	5.2	5.2	5.4
J4	3.3	3.7	3.7	4.0	4.0	4.4	4.4	4.4
J5	3.6	4.0	4.0	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4
J6	4.7	5.8	5.8	6.9	6.9	7.6	7.6	8.4
J7	5.1	5.5	5.5	5.9	5.9	6.1	6.1	6.5

Terlihat dari tabel diatas, bahwa nilai waktu proses terkecil pada 6.5. dan untuk selanjutnya ialah menentukan urutan job dengan menggunakan rumus =index(J1-J7:END MESIN 4;MATCH(LARGE(END MESIN 4;URUTAN JOB);END MESIN 4;0);1). Maka dari hasil rumus tersebut didapatkan urutan job untuk menentukan iterasi 0 dan tabu list yang akan dihitung dan mencari nilai waktu proses atau makespan terkecil. Menghitung iterasi 0 seperti yang ada pada tabel dibawah ini.

TABEL VI
ITERASI 0

JOB / MESIN	MESIN 1 FORMING		MESIN 2 GLAZING		MESIN 3 DECORATION		MESIN 4 PACKING	
	S	E	S	E	S	E	S	E
J4	0	0.41	0.41	0.69	0.69	1.10	1.10	1.15
J5	0.34	0.68	0.68	0.92	0.92	1.05	1.05	1.08
J3	1.24	2.13	2.13	2.92	2.92	3.58	3.58	3.71
J1	3.05	4.86	4.86	6.74	6.74	8.78	8.78	8.82
J7	3.42	3.79	3.79	4.20	4.20	4.47	4.47	4.81
J2	5.41	7.39	7.39	9.33	9.33	11.31	11.31	11.35
J6	6.51	7.61	7.61	8.67	8.67	9.39	9.39	10.15

2. Menentukan tabu list dari solusi awal

Tahapan selanjutnya jika sudah menemukan urutan job untuk menghitung iterasi 0, lalu membuat tabu list dengan cara untuk menentukan iterasi 1 yaitu merubah urutan pertama pada iterasi 0 dengan urutan job yang kedua dan begitu seterusnya hingga urutan job yang pertama terletak pada urutan yang terakhir. Seperti pada tabel dibawah ini.

TABEL VII

DAFTAR TABU LIST

Iterasi	Urutan Job	Total Waktu
Iterasi 1	J5 - J4 - J3 - J1 - J7 - J2 - J6	10.21
Iterasi 2	J3 - J5 - J4 - J1 - J7 - J2 - J6	9.66
Iterasi 3	J1 - J3 - J5 - J4 - J7 - J2 - J6	8.74
Iterasi 4	J7 - J1 - J3 - J5 - J4 - J2 - J6	10.18
Iterasi 5	J2 - J7 - J1 - J3 - J5 - J4 - J6	8.57
Iterasi 6	J6 - J2 - J7 - J1 - J3 - J5 - J4	6.09

Kemudian ketika tabu list sudah diketahui, selanjutnya menghitung iterasi yang berada didalam tabu list hingga menemukan makespan terkecil atau optimal.

3. Langkah 3 Menentukan solusi terbaik

Jika dengan hasil perhitungan VBA pada penentuan tabu list sudah menemukan makespan optimal atau nilai waktu proses optimal maka algoritma tabu search sudah menemukan hasil makespan optimal. Nilai solusi awal ialah 10.15 dan hasil dari VBA nilai makespan optimal untuk tabu list terdapat pada iterasi 6 sebesar 6.09

4. Langkah 4

Memperbaharui tabu list dengan menambahkan job solusi optimum yang diperoleh dari solusi terbaik langkah kedua algoritma tabu search. Didapatkan tabu list kedua:

1. J2 - J6 - J7 - J1 - J3 - J5 - J4
2. J2 - J7 - J6 - J1 - J3 - J5 - J4

5. Langkah 5

Apabila kriteria solusi terbaik sudah dipenuhi maka proses berhenti. Jika tidak, proses diulang kembali dari langkah kedua, dalam penelitian ini kriteria pemberhentian yang digunakan yaitu jika iterasi dalam tabu list sudah mendapatkan nilai terkecil dibandingkan dengan nilai waktu proses pada solusi awal.

E. Algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS)

Perhitungan algoritma Campbell Dudek and Smith menggunakan software VBA (Visual Basic Application) dalam menentukan nilai waktu proses terkecil, software VBA digunakan untuk meminimal kan kesalahan dalam perhitungan dengan cara merecord semua cara perhitungan algoritma dari tahapan awal hingga akhir. Jika sudah dalam proses software VBA maka perhitungan algoritma dapat diproses. Menentukan iterasi seperti.

1. Iterasi Pertama.

a. Menentukan urutan job dengan menggunakan software VBA untuk menghitung $T_{1J,1}$ dan $T_{1J,2}$, jika nilai terkecil terdapat pada kolom $T_{1J,2}$ maka urutan dimulai dari belakang

atau akhir, jika nilai terendah dimulai dari kolom $T_{1J,1}$ maka urutan job dimulai dari pertama atau akhir.

TABEL VIII
LANGKAH PERTAMA CDS

JOB / MESIN	T _{1J,1}	T _{1J,2}
J1	1,81	0,04
J2	1,98	0,04
J3	0,89	0,13
J4	0,41	0,05
J5	0,34	0,03
J6	1,10	0,76
J7	0,37	0,34

b. Jika sudah menghitung $T_{1J,1}$ dan $T_{1J,2}$ pada tabel 4.32 dan didapat bahwa nilai $T_{1J,2}$ lebih kecil maka urutan dimulai dari akhir ke awal. Selanjutnya membuat urutan job dari yang terkecil hingga terbesar dengan VBA menggunakan rumus =index(J1-J7:nilai T_{1J,2}; MATCH(SMALL(T_{1J,2};URUTAN JOB);T_{1J,2});1). Jika dalam menghitung VBA dalam menentukan urutan sudah selesai, kemudian menghitung makespan dengan VBA, seperti pada tabel dibawah.

TABEL IX
TOTAL MAKESPAN ITERASI

JOB / MESIN	Mesin 1		Mesin 2		Mesin 3		Mesin 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
J6	0,00	1,10	1,10	2,17	2,17	2,88	2,88	3,64
J7	0,37	0,75	0,75	1,15	1,15	1,42	1,42	1,76
J3	1,27	2,16	2,16	2,95	2,95	3,61	3,61	3,75
J4	1,68	2,08	2,08	2,37	2,37	2,78	2,78	2,83
J2	3,66	5,64	5,64	7,59	7,59	9,56	9,56	9,60
J1	5,47	7,28	7,28	9,17	9,17	11,20	11,20	11,24
J5	5,81	6,16	6,16	6,40	6,40	6,52	6,52	6,55

c. Hasil dari iterasi 1 menggunakan software VBA ialah sebesar 6.55 menit.

Selanjutnya untuk menghitung iterasi 2 hingga 4 mengikuti aturan yang sama atau tahapan yang sama dengan iterasi 1, yang membedakan hanya menentukan waktu job pertama, waktu pertama dan waktu job kedua, waktu kedua. Algoritma CDS menemukan terdapat 4 iterasi dalam penjadwalan penelitian ini.

F. Perbandingan Hasil Software VBA dengan Minitab

Perbandingan dengan minitab16 ini dilakukan untuk menguji algoritma dengan perhitungan menggunakan VBA diterima atau ditolak. Penelitian ini menggunakan statistik ANOVA dan uji one way dalam minitab untuk menguji ho ditolak atau diterima untuk algoritma dengan perhitungan menggunakan VBA. Dan hasil dari uji statistik seperti dalam penjelasan dibawah ini

TABEL IX
HASIL PERHITUNGAN ALGORITMA HEURISTIV POUR

Method
Factor coding (-1; 0; +1)
Factor Information
Factor Type Levels Values
Algoritma Fixed 5 CDS; Pour; Pour; Tabu; Tabu

Analysis of Variance

Source DF Adj SS Adj MS F-Value P-Value
Algoritma 4 115,50 28,8739 29,32 0,000
Error 12 11,82 0,9849
Total 16 127,31

Model Summary

S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)
0,992419 90,72% 87,62% 81,15%

Coefficients

Term Coef SE Coef T-Value P-Value VIF
Constant 9,796 0,259 37,85 0,000

Algoritma

CDS -3,863 0,463 -8,34 0,000 1,26
Pour 2,674 0,430 6,21 0,000 1,22
Pour 2,724 0,602 4,52 0,001 1,47
Tabu -1,128 0,463 -2,44 0,031 1,26

Regression Equation

Makespan = 9,796 - 3,863 Algoritma_CDS
+ 2,674 Algoritma_Pour + 2,724 Algoritma_Pour
- 1,128 Algoritma_Tabu - 0,406 Algoritma_Tabu

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs Makespan Fit Resid Std Resid
13 6,090 8,667 -2,577 -3,00 R
R Large residual

Jika melihat hasil dari minitab dengan menggunakan uji statistik ANOVA general linear model untuk membandingkan hasil setiap algoritma. Karena P-value yang dihasilkan menunjukkan angka 0,000 maka hasil dari uji statistik ANOVA menyatakan bahwa H1 diterima dan dapat digunakan.

G. PEMBAHASAN

Algoritma Pour, CDS, Tabu Search untuk Meminimalkan Hambatan Aliran Produksi

- Algoritma Pour

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan software VBA hasil dari algoritma heuristik pour, maka didapatkan hasilnya seperti didalam tabel.

Iterasi	Urutan Job							Total Makespan
1	J1	J5	J4	J7	J3	J6	J2	12,52
2	J2	J5	J4	J7	J3	J6	J1	12,34
3	J3	J5	J7	J4	J6	J1	J2	12,52
4	J4	J5	J7	J3	J6	J1	J2	12,52
5	J5	J4	J7	J3	J6	J1	J2	12,45
6	J6	J5	J4	J7	J3	J1	J2	12,52
7	J7	J5	J4	J6	J3	J1	J2	12,52

Dilihat hasil perhitungan algoritma heuristik pour dengan menggunakan software VBA mendapatkan 7 iterasi. Pada iterasi kedua menemukan makespan optimal atau nilai waktu proses yang optimal. Dengan hasil makespan sebesar 12.34 menit dan urutan job yang di sarankan ialah J2 - J5 - J4 - J7 - J3 - J6 - J1.

- Algoritma Tabu Search

Berdasarkan pada perhitungan yang sudah dilakukan pada langkah pertama dengan VBA yaitu mencari solusi awal pada perhitungan tabu search, dan makespan yang dihasilkan dengan nilai 6,49, lalu dengan adanya solusi awal ini untuk menemukan urutan job dan makespan yang paling optimal, maka didapatkan urutan job yang di saran kan untuk mencari nilai makespan paling optimal selanjutnya.

Jika dilihat dari hasil tabu list yang sudah dibuat, terdapat nilai makespan dibawah atau optimal dari solusi awal, terdapat pada iterasi 6 dengan urutan job sebagai berikut : J6 - J2 - J7 - J1 - J3 - J4 - J5 dengan nilai makespan 6,09, dan untuk menambahkan makespan paling optimal.

- Algoritma CDS

Hasil dari perhitungan algoritma Campbell Dudek and Smith dengan menggunakan software VBA mendapatkan nilai waktu proses yang optimal seperti yang ada pada tabel.

TABEL X
PERHITUNGAN ALGORITMA CDS

Iterasi	Urutan Job							Makespan
Iterasi 1	J6	J7	J3	J4	J2	J1	J5	6.55
Iterasi 2	J1	J2	J6	J3	J7	J4	J5	5.84
Iterasi 3	J2	J1	J6	J3	J7	J4	J5	5.67
Iterasi 4	J2	J1	J6	J3	J7	J4	J5	5.67

Dari hasil perhitungan dengan VBA terdapat 2 iterasi yang bisa disarankan untuk proses produksi berdasarkan urutan job pada tabel. karena mendapatkan makespan optimal yaitu 5,67 pada iterasi 3 dan iterasi 4. Dengan urutan job yang sama yaitu J2 - J1 - J6 - J3 - J7 - J4 - J5.

• Perbandingan Nilai Makespan Algoritma

TABEL XI
PERBANDINGAN HASIL MAKESPAN ALGORITMA

Algoritma	Urutan Job Yang Optimal							Nilai Makespan
POUR	J2	J5	J4	J7	J3	J6	J1	12.34
Tabu Search	J6	J2	J7	J1	J3	J4	J5	6.09
CDS	J2	J1	J6	J3	J7	J4	J5	5.67

Berdasarkan pada tabel perbandingan diatas dapat dilihat bahwa nilai makespan yang paling optimal ditemukan pada algoritma campbell dudek and smith dengan nilai makespan 5,67 maka produksi akan menjadi lebih efisien dan optimal dan dapat memenuhi setiap permintaan dari *marketing* dan menghasilkan kualitas produk a dan b , kualitas a yang memiliki *body* dan warna baik sedangkan kualitas b *body* dan warna yang di bawah kualitas a akan tetapi masih masuk kedalam lingkup standard sampel.

• Uji Statistik dengan Minitab

Hasil dari perhitungan algoritma dengan menggunakan VBA maka penelitian dilakukan uji statistik dengan menggunakan minitab. Dan hasil dari minitab seperti yang terdapat pada gambar 4.6. Jika dilihat hasil residual plot for makespan H1 dari makespan diterima karena tidak terjadi kesamaan dalam hasil makespan dan P-value 0,000 dan hasil dari algoritma CDS menghasilkan p-value terendah.

• Kelebihan dan Kekurangan Metode

- Kelebihan Algoritma Pour
 - Memiliki perhitungan lebih detail
 - Perhitungan pour lebih menekankan pencarian makespan terperinci
- Kekurangan Algoritma Pour
 - Hasil lebih besar dibandingkan dengan algoritma lainnya
 - Membutuhkan perhitungan iterasi lebih panjang
- Kelebihan Algoritma Tabu Search
 - Optimal mencari jarak terdekat
 - Mampu menghitung meminimalisasi makespan dengan kompleksitas yang banyak
 - Kecepatan eksekusi lebih tinggi
- Kekurangan Algoritma Tabu Search
 - Dibutuhkan iterasi yang cukup rumit
 - Penjadwalan kurang bervariasi
- Kelebihan Algoritma Campbell Dudek and Smith
 - Perhitungan yang dibutuhkan sedikit
 - Mudah dalam mencari urutan dan hasil proses
 - Hasil proses lebih kecil dibandingkan dengan algoritma lainnya
- Kekurangan Algoritma Campbell Dudek and Smith

- Menentukan perhitungan awal job
- Tidak terperinci menentukan hasil waktu proses

• Algoritma Pour, CDS, Tabu Search Hasil produksi untuk Memenuhi Permintaan *Marketing*

Hasil dari perbandingan algoritma, dapat disimpulkan bahwa algoritma campbell dudek and smith dinilai dapat membuat aliran proses produksi lebih cepat karena algoritma campbell dudek and smith menghasilkan waktu proses 5.67 menit. Dengan nilai waktu proses hasil dari algoritma campbell dudek and smith lebih kecil dibanding dengan waktu proses yang berjalan saat ini yang dapat dilihat dari hasil solusi awal, maka permintaan akan produk oleh marketing akan dapat terpenuhi dan terselesaikan dengan cepat. Sehingga marketing pun akan mengirim ke customer lebih cepat dan tepat waktu.

• Algoritma Pour, CDS, Tabu Search Hasil produksi untuk Menghasilkan Kualitas A atau B yang Lebih Banyak

Hasil dari perhitungan algoritma menyimpulkan dengan nilai waktu proses lebih cepat yang terdapat pada nilai algoritma campbell dudek and smith sebesar 5,67 menit, dibandingkan dengan waktu proses saat ini yang bernilai 6,49 menit maka pekerjaan operator akan optimal dan efisien sehingga kualitas yang akan dihasilkan dari setiap bagian lebih banyak pada kualitas A atau B dibandingkan kualitas C, dengan tidak adanya kerusakan *body* dan warna *porcelain* pada hasil yang diperoleh dari produksi.

• Perbandingan Hasil Makespan Algoritma dengan Penelitian Sebelumnya.

TABEL XII
PERBANDINGAN PENELITIAN INI DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Perbandingan		
Jurnal	Penelitian Sebelumnya	Penelitian saat ini
(Kurniawati, 2019)	Penjadwalan menggunakan metode pour didapatkan urutan B4 7, B5 7, B3 7, lalu B2 7 sehingga urutannya adalah 3-4-2-1. Nilai makespan yang didapatkan dengan menggunakan urutan tersebut adalah 89814.59 detik	Hasil dari metode algoritma pour mendapatkan urutan <i>job</i> dengan makespan terkecil ialah J2 – J5 – J4 – J7 – J3 – J6 – J1. Dan makespan yang didapat 12,34 menit.
(Kurniawati et al., 2016)	Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa metode heuristik algoritma tabu <i>search</i> merupakan metode terbaik dalam penjadwalan flow shop n <i>job</i> m machine untuk meminimalkan makespan dalam permasalahan kombinasi 8 <i>jobs</i> 3 <i>machines</i> , kombinasi 13 <i>jobs</i> 3 <i>machines</i> , dan kombinasi 44 <i>jobs</i> 34 <i>machines</i> .	Pada perhitungan menggunakan tabu <i>search</i> mendapatkan urutan <i>job</i> sebagai berikut J6 – J2 – J7 – J1 – J3 – J4 – J5. Dan makespan yang diraih ialah 6.09 menit
(Abidin et al., 2018)	Penjadwalan produksi <i>flowshop</i> di PD Salando yang dapat dipilih dari dua	Hasil dai perhitungan metode campbell dudek smith terdapat 2 iterasi yang

alternatif yaitu metode CDS dan metode NEH adalah metode NEH karena makespan paling kecil yaitu 8123,18 menit. Urutan penjadwalan produksi flowshop di PD Salando dengan metode NEH yaitu pada urutan *job* 3-4-2-1. Sedangkan CDS urutan *job* yang didapat ialah 2-4-3-1 dan makespannya 14739,98.

menghasilkan makespan terkecil akan tetapi memiliki urutan *job* yang sama yaitu J2 – J1 – J6 – J3 – J7 – J4 – J5 dengan makespan 5.67 menit.

mengambil data sebelum menggunakan sistem ERP atau dengan cara manual sebagai perbandingan dengan data yang telah menggunakan sistem ERP.

4. Penelitian yang sejenis masih sangat sedikit untuk dijadikan perbandingan analisa proses produksi. Sehingga metode yang dipakai masih dibawah tahun 2010. Maka penelitian ini sangat terbatas dalam referensi untuk proses produksi yang sama pada jurnal-jurnal yang didapat.

• Implikasi Perusahaan

Berdasarkan hasil dari penelitian didapatkan implikasi pada perusahaan, seperti dari hasil perhitungan algoritma, terdapat 2 metode algoritma yang dapat diimplentasikan di perusahaan, yaitu algoritma campbell dudek and smith dan algoritma tabu *search* karena memiliki nilai waktu proses dibawah dari waktu proses yang berjalan saat ini, pengaruh dari hasil perhitungan algoritma dapat mengoptimalkan kerja operator, perencanaan produksi menjadi lebih akurat sehingga dapat meminimalkan *output* yang *reject*. Selain itu dapat membuat aliran produksi menjadi lebih baik, dan mengurangi *downtime* atau waktu tunggu pada operator.

Persiapan yang seharusnya dilakukan perusahaan terkait penelitian ini ialah melakukan pengamatan terhadap proses produksi dimana terdapat banyak hambatan pada prosesnya. Selanjutnya melakukan perekrutan untuk staff yang melakukan perhitungan pada penjadwalan setiap proses produksi, maka penjadwalan untuk setiap proses akan terukur dan saling berkesinambungan antara satu dengan yang lainnya. Dengan melihat data perusahaan yang dilakukan pada penelitian ini bisa dikatakan bahwa pada perusahaan yang sejenis terdapat permasalahan yang serupa dengan itu perusahaan yang sejenis dapat menggunakan perhitungan algoritma optimasi sebagai perhitungan untuk penjadwalan semua proses mereka.

• Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Waktu pengambilan data yang terbatas karena adanya situasi *pandemic* covid-19 sehingga berefek pada proses pengambilan data secara langsung yang terbatas, terbatas akan hal pendataan maupun mewawancarai operator atau karyawan yang terkait. Jika dalam keadaan normal proses produksi tidak ada batasan dalam waktu kerja dan proses produksi menjadi lebih sedikit mesin yang terpakai atau bergantian dalam produksinya.

2. Objek penelitian ini hanya berfokus pada proses produksi yang sedang berlangsung. Namun untuk penelitian selanjutnya dapat diperluas kembali ruang lingkup permasalahannya. Fokus penelitian dapat dipecah dengan memperhatikan cara kerja yang menjadi hambatan terbesar produksi dan data produksi untuk bulan sebelumnya untuk membandingkan hasilnya.

3. Data waktu proses diambil pada sistem ERP dimana sistem ini baru berjalan sehingga masih terdapat *human error* dalam proses memasukkan nama produk dan jumlah produk. Dapat

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari perhitungan metode algoritma *heuristic* pour, CDS dan tabu search, nilai waktu proses terkecil yaitu 5,67 menit terdapat pada metode algoritma CDS, sehingga metode CDS merupakan metode terbaik sebagai perhitungan perencanaan produksi yang dapat membuat aliran produksi menjadi lebih cepat.
2. Berdasarkan hasil penjadwalan yang didapatkan dari produksi dengan menggunakan metode CDS dapat memenuhi setiap permintaan dari marketing untuk ketersediaan produk jadi karena memiliki waktu proses terkecil yaitu 5,67 menit.
3. Berdasarkan hasil penjadwalan dengan metode terbaik yaitu CDS yang memiliki waktu proses terkecil dapat meningkatkan kualitas khususnya kualitas A dan B yaitu dengan tidak adanya kerusakan *body* dan warna *porcelain* pada hasil yang diperoleh dari produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini memberikan apresiasi kepada Ibu Lifia Citra Ramadhanti, S.T., M.Eng selaku Kaprodi Teknik Industri bersama tim yang telah memberikan support dan kesempatan untuk penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Abidin, Z., Kulsum, M. T., & Gunawan, A. (2018). Usulan Penjadwalan Produksi di PD Salando Menggunakan Algoritma Campbell, Dudek, Smith (CDS) dan Nawaz, Enscore, Ham (NEH) untuk Meminimasi Makespan. *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 1.
- [2] Albert, P., Henocque, L., & Kleiner, M. (2008). Optimisation by Ant Colony for Configuration. *JFPC 2008 - Actes Des Quatriemes Journees Francophones de Programmation Par Contraintes*.
- [3] Angelo, B. M. (2001). A Study of Flow shop with Multiple Processors Symmetry in the Application of the CDS Heuristic. In *ProQuest Dissertations and Theses*.
- [4] Ardiansyah, M. F., & Ginting, R. (2019). Penjadwalan Mesin dengan Metode Tabu Search Di PT. AAA. *Talanta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*. <https://doi.org/10.32734/ee.v2i2.446>
- [5] Bashori, H., Pratikto, P., & Sugiono, S. (2015). Penjadwalan Flow Shop dengan Penerapan Cross Entropy-Genetic Algorithm (Cega) Untuk Meminimasi

- Makespan. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 3(1).
- [6] Berges, C., Gallego, A., Naranjo, J. A., & Herranz, G. (2020). Manufacturing Porcelain Components by CIM: Viability of Processing Different Ceramic Powders. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.
- [7] Betrianis, & Aryawan, P. T. (2003). Penerapan Algoritma Tabu Search dalam Penjadwalan Job Shop. *Makara Teknologi*, 7(3), 107–112.
- [8] Cesaret, B., Oğuz, C., & Sibel Salman, F. (2012). A Tabu Search Algorithm for Order Acceptance and Scheduling. *Computers and Operations Research*. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.09.018>
- [9] Chie, H. H., Nasution, J., Ayu, K. G., Septivani, N., & Renaldi, Y. (2015). Porcelain Product Quality Analysis in PT XYZ. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(4), 580. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i4.2195>
- [10] Dewi, S. S., Andriansyah, A., & Syahriza, S. (2019). Optimization of Flow Shop Scheduling Problem using Tabu Search Algorithm: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012064>
- [11] Ervil, R., & Nurmayuni, D. (2018). Penjadwalan Produksi dengan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (Makespan). *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*. <https://doi.org/10.36275/stsp.v18i2.118>
- [12] Fetanat, A., & Pour, G. S. (2011). Harmony Search Algorithm Based 0-1 Integer Programming for Generation Maintenance Scheduling in Power Systems. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*.
- [13] Firdaus, M. I. (2018). Analisis Perbandingan Performansi Algoritme Floyd-Warshall dan Algoritme Johnson untuk Penentuan Rute Terpendek pada Software Defined Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(9), 2469–2475.
- [14] Gauvin, C. (2012). A Column Generation Algorithm for the Problem of Vehicle Routes with Stochastic Requests. In *ProQuest Dissertations and Theses*.
- [15] Hauder, V. A., Beham, A., Raggi, S., Parragh, S. N., & Affenzeller, M. (2020). Resource-Constrained Multi-Project Scheduling with Activity and Time Flexibility. *Computers & Industrial Engineering*, 150.
- [16] Herjanto, E. (2007). *Manajemen Operasi (Edisi 3)*. Grasindo.
- [17] Husen, A. (2009). *Manajemen proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [18] Jurdilla, P., Wati, A. F., Azizah, N., & Erwan, E. Y. (2019). *Analisis Industri Keramik di Indonesia*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/94u5p>
- [19] Kementerian Perindustrian RI. (2015). Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015 - 2035. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*, 1–98.
- [20] Kurniawati, D. A. (2019). *Penjadwalan Produksi Flow Shop untuk Meminimumkan Makespan dengan Metode Pour, Pemrograman Dinamis dan Branch and Bound*. 9(2), 63–70.
- [21] Kurniawati, D. A., Fatoni, W. E., Industri, J. T., & Sains, F. (2016). *Penjadwalan Flow Shop N Job M Machine dengan Metode Heuristik Algoritma Pour dan Tabu Search*. 106–115.
- [22] Li, Y., Chen, J., & Cai, X. (2007). Heuristic Genetic Algorithm for Capacitated Production Planning Problems with Batch Processing and Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.017>
- [23] Lü, Z., & Hao, J. K. (2010). Adaptive Tabu Search for Course Timetabling. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.12.007>
- [24] Masruroh, N. (2011). Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith, Palmer, Dan Dannenbring Di PT.Loka Refraktor Surabaya. *Tekmapro*, 1(1), 158–171.
- [25] Peng, B., Lü, Z., & Cheng, T. C. E. (2015). A Tabu Search/Path Relinking Algorithm to Solve the Job Shop Scheduling Problem. *Computers & Operations Research*, 53, 154–164. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.08.006>
- [26] Pepin, A.-S. (2007). Comparison of Heuristic Methods for the Problem of Vehicle Schedules with Multiple Depots. In *ProQuest Dissertations and Theses*.
- [27] Pour, H. D. (2001). A New Heuristic for the n-Job, m-Machine Flow-Shop Problem. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537280152582995>
- [28] Rachman, R. (2018). Garment Production Scheduling using the Heuristic Pour Algorithm. *Jurnal Informatika*. <https://doi.org/10.31311/ji.v5i1.2743>
- [29] Setiawan, D., Ramadhani, A., & Cahyo, W. N. (2019). Production Scheduling to Minimize Makespan using Sequencing Total Work (TWK) Method and Campbell Dudek Smith (CDS) Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/598/1/012066>
- [30] Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung CV alfabeta. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- [31] Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.
- [32] Widodo, C. E. (2014). Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi dengan menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) pada Perusahaan Manufaktur. In *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- [33] Zeynali, S., Reza Mollaei, H., & Shahsavari Pour, N. (2013). Solving the Multi Objective Flexible Job Shop Problem Using Combinational Meta Heuristic Algorithm Based on Genetic Algorithm and Tabu-Search. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*.