

PENGENDALIAN AKTIVITAS PRODUKSI GASKET MENGUNAKAN METODE NAWAZ ENSCORE HAM (NEH) DI PT NRZ PRIMA GASKET

1st Tineke Sandra Wisesha

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

sandratinke@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Silvi Istiqomah

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

silviistiqomah@telkomuniversity.ac.id

3rd Abduh Sayid Albana

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

abduh.albana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak- PT NRZ Prima Gasket merupakan salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang otomotif, yang memproduksi suku cadang untuk berbagai jenis mobil dan motor. Perusahaan tersebut memiliki permasalahan yakni, keterlambatan pengiriman *purchase order*. Keterlambatan pengiriman *purchase order* terjadi karena metode penjadwalan yang digunakan kurang efektif. Metode penjadwalan proses produksi yang digunakan perusahaan saat ini yakni, berdasarkan *deadline* yang terdekat dari *order customer*. Metode yang bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi perusahaan adalah metode NEH (*Nawaz Enscore and Ham*). Metode NEH merupakan metode penjadwalan produksi yang melihat dari segi *makespan* (total waktu penyelesaian). Pemilihan metode tersebut berdasarkan dari penelitian terdahulu, yang menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode tersebut diperoleh urutan proses produksi dengan *makespan* (total waktu penyelesaian) yang lebih kecil daripada metode lainnya. Selain itu, metode tersebut telah mendapatkan penghargaan *heuristic* terbaik dalam *flow shop problem*.

Kata kunci- Industri Manufaktur, Penjadwalan Produksi, NEH, *Makespan*.

I. PENDAHULUAN

Perekonomian negara merupakan kehidupan perekonomian suatu negara yang disusun atas beberapa sektor, yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan negara secara keseluruhan. Salah satu sektor yang paling menunjang perekonomian suatu negara adalah sektor industri manufaktur. Sektor industri manufaktur memegang peranan yang sangat penting dalam pembangunan perekonomian suatu negara [1]. Hal ini disebabkan fakta bahwa industri manufaktur memainkan peran penting dalam meningkatkan

pertumbuhan ekonomi nasional melalui peningkatan nilai investasi dan ekspor [2]. Dampak positif dari industri manufaktur adalah adanya sektor industri manufaktur dapat memperluas kesempatan kerja, peningkatan pendapatan perkapita, menciptakan kesejahteraan dan mengurangi kemiskinan [3].

PT NRZ Prima Gasket merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang otomotif, yang memproduksi suku cadang untuk berbagai jenis mobil dan motor (PT. NRZ Prima Gasket, n.d.). Metode penjadwalan proses produksi yang digunakan perusahaan saat ini yakni, metode berdasarkan *deadline* yang terdekat dari *order customer*. Namun penjadwalan proses produksi berdasarkan *deadline* yang terdekat dari *order customer* kurang efektif di terapkan di perusahaan tersebut. Metode penjadwalan berdasarkan *deadline* kurang efektif karena terdapat keterlambatan pengiriman *purchase order*, dan metode yang digunakan mengabaikan total waktu pemrosesan setiap *job* [5]. Suatu kegiatan produksi dapat optimum apabila aktivitas produksi direncanakan dengan baik. Salah satu komponen perencanaan aktivitas produksi yang baik adalah penjadwalan produksi yang optimal [6]. Ukuran keberhasilan penjadwalan adalah total waktu penyelesaian produk (*makespan*) menjadi lebih minimum [7]. Penjadwalan produksi yang telah dilakukan diharapkan dapat mengurangi total waktu penyelesaian produk (*makespan*), sehingga tidak mengalami keterlambatan dalam pemenuhan *demand* dari *customer*.

Metode yang peneliti pilih untuk digunakan menyelesaikan permasalahan metode penjadwalan adalah NEH (*Nawaz Enscore and Ham*). Metode NEH merupakan metode penjadwalan produksi yang menginisialisasi urutan *job* secara *descending* berdasarkan total waktu proses tiap *job* nya [6]. Fungsi *descending* adalah pekerjaan dengan waktu pemrosesan terpanjang akan diprioritaskan untuk dikerjakan lebih dulu. Selain itu, metode tersebut telah mendapatkan penghargaan *heuristic* terbaik dalam *flow shop problem* [8]. Dengan menggunakan metode NEH, diharapkan dapat memberikan hasil urutan proses produksi yang efektif dan dapat dijadikan rekomendasi urutan proses produksi baru untuk perusahaan.

II. LITERATUR REVIEW

Penelitian ini didasarkan pada studi kasus PT NRZ Prima Gasket yang mengalami masalah keterlambatan pengiriman *purchase order*. Dalam penelitian ini terdapat perhitungan mengenai data kuantitatif dengan menggunakan diagram pareto dan metode NEH (*Nawaz Ensore and Ham*) dibantu aplikasi excel hingga mendapatkan hasil penjadwalan produksi yang baru. Berikut merupakan landasan teori dan tools yang digunakan dalam penelitian ini.

II.1 Pareto

Diagram pareto adalah diagram batang yang menunjukkan prioritas masalah berdasarkan urutan banyaknya frekuensi. Diagram batang yang tertinggi akan menunjukkan masalah dengan frekuensi yang paling banyak terjadi dan berada di sisi paling kiri. Sedangkan diagram batang yang terendah akan menunjukkan masalah dengan frekuensi yang paling sedikit terjadi dan berada di sisi paling kanan. Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan diagram pareto [9]:

1. Identifikasi masalah dan penyebab kejadian.
2. Menentukan periode waktu analisis.
3. Membuat catatan frekuensi kejadian.
4. Membuat daftar masalah sesuai dengan urutan frekuensi kejadian dari tertinggi sampai terendah.
5. Menghitung frekuensi kumulatif dan persentase kumulatif.
6. Gambarkan frekuensi dalam bentuk diagram batang.
7. Gambarkan kumulatif persentase dalam bentuk diagram garis.
8. Terjemahkan diagram pareto.
9. Ambil data berdasarkan prioritas kejadian.

II.2 NEH (*Nawaz Ensore and Ham*)

Metode NEH (*Nawaz Ensore and Ham*) dianggap sebagai metode *heuristic* terbaik untuk masalah flow shop karena mudah digunakan dan menghasilkan hasil yang optimal [8]. Metode NEH akan diolah menggunakan aplikasi excel. Berikut penjelasan langkah-langkah dari sebelum mengelola data sampai tahap hasil metode NEH.

1) Data waktu penyelesaian *job*

Data waktu penyelesaian *job* merupakan pondasi data untuk menghitung urutan penjadwalan dengan menggunakan metode NEH. Rumus untuk menghitung waktu penyelesaian *job* dikutip dari jurnal [8]. Menghitung waktu penyelesaian *job*, peneliti menggunakan rumus:

$$t_{ij} = \frac{(\text{waktu setup} + (\frac{\text{jumlah permintaan}}{\text{jumlah mesin} \times \text{kapasitas mesin}}))}{3600 \text{ detik}} \quad (\text{II-1})$$

Keterangan:

t_{ij} = waktu penyelesaian *job* ke-i pada mesin ke-j.

Waktu *set up* = waktu *set up* mesin.

Waktu baku = waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan satu produk pada 1 mesin.

Jumlah permintaan = *demand customer* yang diterima.

Jumlah mesin = jumlah mesin yang ada untuk setiap prosesnya.

Kapasitas mesin = berapa banyak produk yang bisa ditampung mesin produksi dalam satu kali kerja.

2) Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH)

Metode NEH mengusulkan *job* yang memiliki total waktu proses tinggi akan diberi prioritas lebih dulu daripada *job* yang memiliki total waktu proses rendah. Langkah-langkah untuk pengerjaan metode NEH dikutip dari jurnal [8]

Langkah-langkah pengerjaan metode NEH:

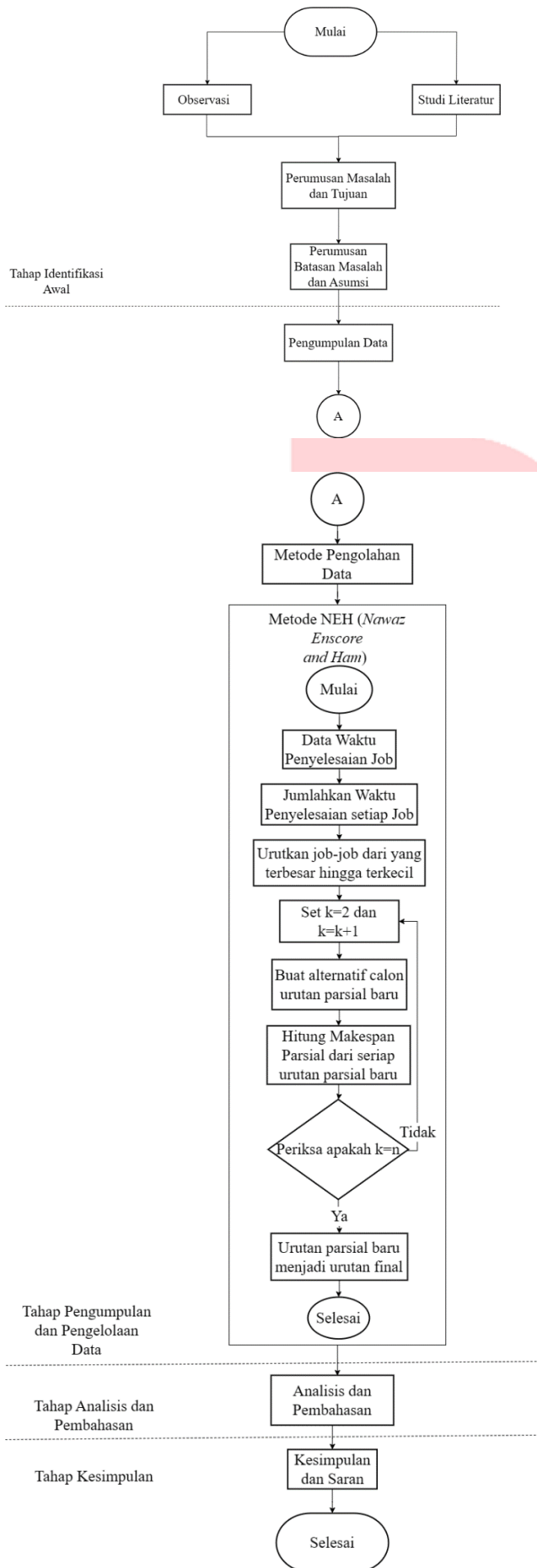
1. Menghitung data waktu penyelesaian *job*.
2. Menjumlahkan waktu penyelesaian setiap *job*.
3. Mengurutkan *job* dari yang terbesar hingga terkecil.
4. Set $k=2$ dan $k=k+1$.
5. Membuat alternatif urutan parsial baru.
6. Menghitung *makespan* parsial dari setiap urutan parsial baru.
7. Periksa apakah jumlah $k=n$. Urutan parsial baru merupakan urutan final yang dapat digunakan.

II.3 Microsoft Excel

Distribusi adalah proses pengiriman barang dari produsen ke pembeli dengan kualitas, kecepatan, dan efisiensi. Kepuasan pelanggan dipengaruhi oleh pemilihan transportasi, manajemen inventaris, dan pengiriman yang tepat waktu. Menurut Melinda hal-hal seperti teknologi, lokasi geografis, infrastruktur, dan peraturan juga memengaruhi strategi distribusi [8] Microsoft excel merupakan aplikasi yang khusus digunakan untuk mengolah data. Fungsi microsoft excel antara lain: membuat, mengedit, mengurutkan, dan menganalisis data, termasuk membuat grafik dan diagram [kompas]. Peran microsoft excel pada penelitian ini adalah membuat, mengurutkan, dan menganalisis data, serta membuat grafik dan diagram.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH). Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan pengerjaan. Tahapan penelitian digambarkan dalam *flowchart* dibawah ini.



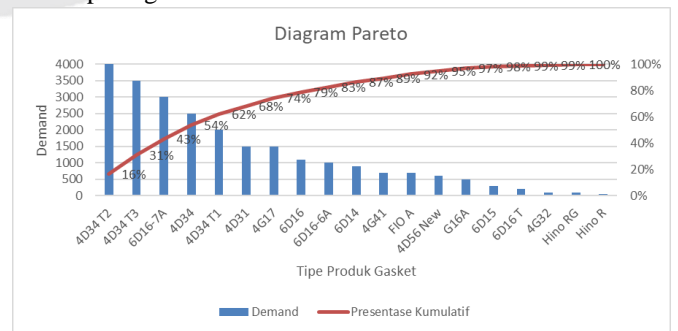
Flowchart pada gambar III.1 menggambarkan sistematika dalam pelaksanaan penelitian. Langkah awal melakukan penelitian adalah mengidentifikasi suatu masalah. Identifikasi suatu masalah dapat dilakukan dengan melakukan observasi maupun melakukan wawancara dengan pihak terkait. Setelah itu, diperlukan studi literatur yang relevan dengan permasalahan peneliti untuk menemukan dan memahami suatu masalah yang ada dengan jelas. Output penelitian juga perlu diperjelas dengan menentukan rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan asumsi. Tujuan memperjelas penelitian yakni, agar dapat memfokuskan penelitian, dapat memberikan arah tolak ukur keberhasilan, mencegah cakupan penelitian yang terlalu luas, dan memberikan landasan yang jelas bagi penelitian. Selanjutnya yaitu, mengumpulkan data penelitian yang diperlukan dan dilakukan pengolahan data. Teknik atau metode yang dipilih untuk menyelesaikan kasus dalam penelitian ini adalah metode NEH. Hasil dari pengolahan data, dapat dianalisis untuk membandingkan metode eksisting perusahaan dengan metode usulan. Sehingga dapat ditarik kesimpulan manakah metode yang lebih efektif dan efisien untuk diterapkan. Selain itu, diberikan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. 1 Pengolahan Data

1. Diagram Pareto

Tipe produk gasket sangat beragam. Terdapat 19 tipe produk gasket dengan jumlah demand yang berbeda-beda. Untuk mempermudah proses analisis data, perlu adanya data yang diprioritaskan. Prioritas data bisa dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto berfungsi untuk menentukan dan mengidentifikasi prioritas permasalahan yang akan diselesaikan. Data atau permasalahan yang paling banyak dan sering terjadi adalah prioritas utama. Hukum diagram pareto didasarkan pada hukum 80/20 yakni, 80% output disebabkan oleh 20% input (Akhmad Sudirman, 2021). Hasil identifikasi prioritas dengan diagram pareto dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Diagram Pareto

Adapun interpretasi dari diagram pareto tersebut adalah sekitar 80% output permasalahan yang dialami PT NRZ Prima Gasket, dapat dilihat dari tipe produk 4D34 T2, 4D34 T3, 6D16 7A, dan 4D34 yang menjadi tipe produk prioritas.

2. Pengumpulan Data

Pada sub bab pengumpulan data ini terbagi menjadi lima variabel, yaitu data permintaan, data jumlah mesin, data kapasitas mesin, data waktu setup mesin, dan data waktu baku. Pengumpulan data tersebut adalah sebagai berikut.

A. Data Permintaan

Data permintaan yang digunakan adalah data permintaan di bulan September 2023. Pemilihan pengambilan data di bulan tersebut karena awal *demand* masuk dan terdapat keterlambatan dalam pemenuhannya. Berikut merupakan data permintaan dari bulan September 2023:

Tabel 1. Data Permintaan di Bulan September 2023

Bulan	Tipe Produk (job)	Jumlah Permintaan (pcs)
September 2023	4D34 (1)	2500
	4D34 T2 (2)	4000
	4D34 T3 (3)	3500
	6D16-7A (4)	3000

Data demand yang terkumpul adalah data dari jenis produk 4D34, 4D34 T2, 4D34 T3, 6D16-7A. Untuk mempermudah penyebutan produk, peneliti mengganti sebutan nama produk menjadi job. Peneliti mengganti sebutan jenis produk menjadi angka yakni, 1 untuk (4D34), 2 untuk (4D34 T2), 3 untuk (4D34 T3), dan 4 untuk (6D16-7A). Pengumpulan data demand digunakan untuk mengelola data perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk.

B. Data Jumlah Mesin Tiap Stasiun Kerja

Data jumlah mesin tiap stasiun kerja adalah jumlah mesin yang dimiliki setiap stasiun kerja untuk memproduksi produk gasket. Jumlah mesin ini sudah paten dan tidak dapat ditambah lagi karena kapasitas tempat yang sudah tidak memadai. Masing-masing jenis mesin memiliki jumlah mesin sebagai berikut:

Tabel 2. Data Jumlah Mesin Tiap Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Jumlah Mesin
Mesin 1 (M1)	1
Mesin 2 (M2)	1
Mesin 3 (M3)	1
Mesin 4 (M4)	1
Mesin 5 (M5)	1
Mesin 6 (M6)	1
Mesin 7 (M7)	1
Mesin 8 (M8)	1

Pengumpulan data jumlah mesin pada tiap stasiun kerja digunakan untuk mengelola data perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk.

C. Data Kapasitas Mesin

Data kapasitas mesin adalah kemampuan maksimum mesin untuk memproses atau menghasilkan produk dalam 8 jam kerja. Kapasitas mesin digunakan untuk mengetahui seberapa banyak produk yang dihasilkan dalam waktu 8 jam

kerja. Masing-masing stasiun kerja memiliki kapasitas mesin sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kapasitas Mesin

Job	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	(pcs)						
1	3047.62	2400.00	2400.00	3200.00	2796.12	2400.00	3600.00
2	3120.26	553.85	2400.00	3200.00	2796.12	553.85	2400.00
3	5485.71	553.85	2400.00	3200.00	2796.12	553.85	2400.00
4	5485.71	548.57	1600.00	1600.00	960.00	548.57	2796.12

Pengumpulan data kapasitas mesin pada tiap stasiun kerja digunakan untuk mengelola data perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk.

D. Data Waktu Setup Mesin

Data waktu setup mesin adalah waktu yang digunakan untuk mensetting ulang mesin dalam memproduksi produk gasket. Waktu setup mesin diperlukan untuk memastikan bahwa mesin beroperasi dengan presisi sesuai standar kualitas produk. Selain itu, waktu setup mesin diperlukan untuk mengatur kembali mesin guna memproduksi produk yang berbeda atau untuk memenuhi spesifikasi produk yang baru. Masing-masing jenis mesin memiliki waktu setup mesin sebagai berikut:

Tabel 4. Waktu Setup Mesin

Stasiun Kerja	Waktu Setup Mesin (detik)
Mesin 1 (M1)	1800
Mesin 2 (M2)	1920
Mesin 3 (M3)	2040
Mesin 4 (M4)	2160
Mesin 5 (M5)	2160
Mesin 6 (M6)	2280
Mesin 7 (M7)	2400
Mesin 8 (M8)	2520

Pengumpulan data waktu setup mesin pada tiap stasiun kerja digunakan untuk mengelola data perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk.

E. Data Waktu Proses

Data waktu proses adalah waktu yang diperlukan mesin untuk bekerja dalam 1 kali menghasilkan 1 produk di setiap proses. Waktu yang diamati yakni dalam satuan detik. Alur mesin yang berjalan yakni urut dari mesin 1 (M1) hingga mesin 8 (M8). Masing-masing data waktu proses setiap mesin sebagai berikut:

Tabel 5. Data Waktu Proses

Job	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
	(detik)							
1	9.45	12	12	9	10.3	12	8	9
2	9.23	52	12	9	10.3	52	12	9

3	5.25	52	12	9	10.3	52	12	9
4	5.25	52.5	18	18	30	52.5	10.3	9

Pengumpulan data pengamatan waktu proses pada tiap stasiun kerja digunakan untuk mengelola data perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk.

IV.3 Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul akan diolah menggunakan bantuan aplikasi excel. Pengolahan data yang pertama adalah perhitungan waktu pengerjaan job. Perhitungan waktu pengerjaan job berfungsi untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 produk. Data perhitungan waktu pengerjaan job akan digunakan untuk mengelola urutan proses produksi dengan menggunakan metode NEH.

A. Data Perhitungan Waktu Pengerjaan Job

Data perhitungan waktu pengerjaan job adalah waktu yang dibutuhkan masing-masing mesin untuk menyelesaikan 1 produk. Rumus yang digunakan adalah rumus (II-1). Rumus tersebut di aplikasikan untuk mesin 1 (M1)-mesin 8 (M8) dan job 1-4. Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$t_{ij} = \frac{(\text{waktu } setup + \frac{\text{jumlah permintaan}}{\text{jumlah mesin} \times \text{kapasitas mesin}})}{3600 \text{ detik}} \quad (\text{II-1})$$

Contoh pengaplikasian rumus:

$$\text{Job 1 Mesin 1 (jam)} = \frac{(1800 + (\frac{2500}{1 \times 3047.62}))}{3600 \text{ detik}} = 0.50 \text{ jam}$$

Contoh pengaplikasian diatas juga dilakukan sama untuk mesin 1 (M1)-mesin 8 (M8) dan job 1-4.

Tabel 6. Data Perhitungan Waktu Pengerjaan Job

Job	Mesin							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
	(jam)							
1	0.50	0.53	0.57	0.60	0.60	0.63	0.67	0.70
2	0.50	0.54	0.57	0.60	0.60	0.64	0.67	0.70
3	0.50	0.54	0.57	0.60	0.60	0.64	0.67	0.70
4	0.50	0.53	0.57	0.60	0.60	0.63	0.67	0.70

B. Penjadwalan Eksisting Perusahaan

Penjadwalan kondisi rill perusahaan menggunakan sistem deadline yang terdekat dari order customer. Job (tipe) yang harus selesai paling awal akan dikerjakan terlebih dahulu. Urutan job (tipe) produk berurutan yakni, 1-2-3-4. Makespan (waktu produksi) yang dihabiskan perusahaan sebesar 579.91 jam. Hasil tersebut didapatkan dengan rumus (II-1), yakni rumus yang sama dengan perhitungan waktu pengerjaan job setiap proses. Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$t_{ij} = \frac{(\text{waktu } setup + \frac{\text{jumlah permintaan}}{\text{jumlah mesin} \times \text{kapasitas mesin}})}{3600 \text{ detik}} \quad (\text{II-1})$$

Contoh pengaplikasian rumus:

$$\text{Job 1 Mesin 1 (jam)} = \frac{(1800 + (\frac{2500}{1 \times 3047.62}))}{3600 \text{ detik}} = 0.50 \text{ jam}$$

Contoh pengaplikasian diatas juga dilakukan sama untuk mesin 1 (M1)-mesin 8 (M8) dan job 1-4.

Tabel 7. Penjadwalan Eksisting Perusahaan

Job (i)	Mesin (j)								Tot. Waktu
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
	(jam)								
1	0.50	0.53	0.57	0.60	0.60	0.63	0.67	0.70	4.80
2	0.50	0.54	0.57	0.60	0.60	0.64	0.67	0.70	4.81
3	0.50	0.54	0.57	0.60	0.60	0.64	0.67	0.70	4.81
4	0.50	0.53	0.57	0.60	0.60	0.63	0.67	0.70	4.81
	Total makespan								19.22

C. Penjadwalan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

1) Langkah 1

- Melakukan pengurutan data pengerjaan job setiap proses dari yang terbesar hingga yang terkecil.
- Hasil urutan ini disebut dengan daftar pengurutan job-job, sehingga didapatkan urutan job sebagai berikut: 2-4-3-1.

2) Langkah 2

- Set $k=2$, merupakan banyaknya data yang dijadikan variabel pada iterasi 1 (urutan ke-1). Maka, untuk mengelola data pada iterasi 1 (urutan ke-1) diperlukan data sebanyak 2. Oleh karena itu disebut set $k=2$.
- Memilih job yang menempati urutan pertama dan kedua dari daftar pengurutan job-job. Job urutan pertama yaitu job 2 dan job urutan kedua yaitu job 4.
- Membuat dua alternatif calon urutan parsial baru, yaitu: calon urutan parsial 2-4 dan 4-2.
- Menghitung makespan parsial dari kedua urutan parsial baru.

Langkah perhitungan makespan. Langkah berikut digunakan secara berulang pada iterasi seterusnya:

- Buat 2 kolom pada masing-masing mesin produksi. Job 2 kolom pertama diasumsikan belum terjadi proses produksi sehingga gunakan set waktu produksi 0.

Tabel 8. Contoh Perhitungan Iterasi 1 Job 2 Baris 1

Mesin	Job	2	4
		(jam)	
		0	
M1		_____	

- Tambahkan job 2 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job.

Tabel 9. Contoh Perhitungan Iterasi 1 Job 2 Baris 2

Mesin	Job	2	4
		(jam)	
		0	
M1		0	

$0+A_{(2,1)}$

M8	4.11	4.81
	4.81	5.51

[3] Taruh hasil perhitungan pada job 4 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 10. Contoh Perhitungan Iterasi 1 Job 4 Baris 1

	Job	2	4
Mesin		(jam)	
		0	0.50
M1		$0+A_{(2,1)}$	

[4] Tambahkan job 4 dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 11. Contoh Perhitungan Iterasi 1 Job 4 Baris 2

	Job	2	4
Mesin		(jam)	
		0	0.50
M1		$0+A_{(2,1)}$	$0.50+A_{(4,1)}$

[5] Lakukan secara berulang sampai mesin 8.

[6] Lakukan secara berulang untuk urutan parsial 2-4 dan 4-2.

[7] Setelah dilakukan perhitungan kedua urutan parsial, pilih urutan parsial baru yang memiliki makespan parsial lebih kecil. Hasil makespan urutan parsial 2-4 adalah 10.31 jam dan calon urutan parsial 4-2 adalah 10.31 jam. Hasil kedua urutan parsial memiliki nilai makespan yang sama maka, dipilih salah satu dari kedua urutan parsial tersebut. Urutan parsial yang dipilih adalah 4-2.

Tabel 12. Hasil Makespan Iterasi 1

	Job	4	2
Mesin		(jam)	
M1		0.00	0.50
		0.50	1.00
M2		0.50	1.04
		1.04	1.57
M3		1.04	1.60
		1.60	2.17
M4		1.60	2.20
		2.20	2.80
M5		2.20	2.80
		2.80	3.40
M6		2.80	3.44
		3.44	4.07
M7		3.44	4.11
		4.11	4.77

Berdasarkan perhitungan makespan parsial dari kedua calon urutan parsial, didapatkan calon urutan parsial 4-2 dipilih dengan nilai makespan parsial sebesar 10.31 jam.

e. Urutan parsial 4-2 yang terpilih menjadi urutan parsial yang baru untuk iterasi selanjutnya.

3) Langkah 3

a. Set $k = k+1$, pada iterasi 2 (urutan ke-2). Artinya k sendiri pada iterasi 1 (urutan ke-1) yakni bernilai 2. Maka, untuk mengelola data iterasi 2 (urutan ke-2) membutuhkan data sejumlah $k+1 = 2+1 = 3$ data. Oleh karena itu disebut set $k=k+1$.

b. Memilih job yang menempati urutan ketiga dari daftar pengurutan job-job. Job urutan ketiga yaitu job 3. Sehingga didapatkan urutan parsial yakni 4-2-3.

c. Membuat tiga alternatif calon urutan parsial baru, yaitu: calon urutan parsial 4-2-3, 4-3-2, dan 3-4-2.

d. Menghitung makespan parsial dari ketiga calon urutan parsial baru. Langkah perhitungan makespan. Langkah berikut digunakan secara berulang pada iterasi seterusnya:

[1] Buat 3 kolom pada masing-masing mesin produksi. Job 4 kolom pertama diasumsikan belum terjadi proses produksi sehingga gunakan set waktu produksi 0.

Tabel 13. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 4 Baris 1

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		
		0		
M1				

[2] Tambahkan job 4 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job.

Tabel 14. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 4 Baris 2

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		
		0		
M1		$0+A_{(4,1)}$		

[3] Taruh hasil perhitungan pada job 2 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 15. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 2 Baris 1

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		

		0	0.50
M1		$0+A_{(4,1)}$	

- [4] Tambahkan job 2 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 16. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 2 Baris 2

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		
		0	0.50	
M1		$0+A_{(4,1)} \quad 0.50+A_{(2,1)}$		

- [5] Taruh hasil perhitungan pada job 3 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 17. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 3 Baris 1

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		
		0	0.50	1.00
M1		$0+A_{(4,1)} \quad 0.50+A_{(4,1)}$		

- [6] Tambahkan job 3 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 18. Contoh Perhitungan Iterasi 2 Job 3 Baris 2

	Job	4	2	3
Mesin		(jam)		
		0	0.50	1.00
M1		$0+A_{(4,1)} \quad 0.50+A_{(4,1)} \quad 1.00+A_{(4,1)}$		

- [7] Lakukan secara berulang sampai mesin 8.
 [8] Lakukan secara berulang untuk calon urutan parsial 4-2-3, 4-3-2, dan 3-4-2.
 [9] Setelah dilakukan perhitungan makespan iterasi 2 (urutan ke-2), pilih urutan parsial baru yang memiliki makespan parsial lebih kecil. Hasil makespan urutan parsial 4-2-3 adalah 16.52 jam, calon urutan parsial 4-3-2 adalah 16.52 jam, dan calon urutan parsial 3-4-2 adalah 146.42 jam. Terdapat dua urutan parsial yang memiliki nilai makespan terkecil, namun nilai makespan keduanya juga sama maka, dipilih salah satu dari kedua urutan

parsial tersebut. Hasil makespan yang paling kecil yakni pada urutan proses 4-3-2.

Tabel 19. Hasil Makespan Iterasi 2

	Job	4	3	2
Mesin		(jam)		
		0.00	0.50	1.00
M1		0.50	1.00	1.50
		0.50	1.04	1.57
M2		1.04	1.57	2.11
		1.04	1.60	2.17
M3		1.60	2.17	2.74
		1.60	2.20	2.80
M4		2.20	2.80	3.40
		2.20	2.80	3.40
M5		2.80	3.40	4.00
		2.80	3.44	4.07
M6		3.44	4.07	4.71
		3.44	4.11	4.77
M7		4.11	4.77	5.44
		4.11	4.81	5.51
M8		4.81	5.51	6.21

Berdasarkan perhitungan makespan parsial dari ketiga calon urutan parsial, didapatkan calon urutan parsial 4-3-2 dipilih dengan nilai makespan parsial sebesar 16.52 jam.

- e. Calon urutan parsial 4-3-2 yang terpilih menjadi urutan parsial yang baru untuk iterasi selanjutnya.

4) Langkah 4

- Set $k = k+2$, pada iterasi 3. Artinya k sendiri pada iterasi 1 (urutan ke-1) yakni bernilai 2. Maka, untuk mengelola data iterasi 3 (urutan ke-3) membutuhkan data sejumlah $k+2 = 2+2 = 4$ data. Oleh karena itu disebut set $k=k+2$.
- Memilih job yang menempati urutan keempat dari daftar pengurutan job-job. Job urutan keempat yaitu job 1. Sehingga didapatkan urutan parsial yakni 4-3-2-1.
- Membuat empat alternatif calon urutan parsial baru, yaitu: calon urutan parsial 4-3-2-1, 4-3-1-2, 4-1-3-2 dan 1-4-3-2.
- Menghitung makespan parsial dari keempat calon urutan parsial baru. Langkah perhitungan makespan. Langkah berikut digunakan secara berulang pada iterasi seterusnya:

- [1] Buat empat kolom pada masing-masing mesin produksi. Job 4 kolom pertama diasumsikan belum

terjadi proses produksi sehingga gunakan set waktu produksi 0.

Tabel 20. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 4 Baris 1

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0			
		$0+A_{(4,1)}$			

- [2] Tambahkan job 4 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job

Tabel 21. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 4 Baris 2

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0			
		$0+A_{(4,1)}$			

- [3] Taruh hasil perhitungan pada job 3 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 22. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 3 Baris 1

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50		
		$0+A_{(4,1)}$			

- [4] Tambahkan job 3 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 23. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 3 Baris 2

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50		
		$0+A_{(4,1)}$	$0.50+A_{(3,1)}$		

- [5] Taruh hasil perhitungan pada job 2 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 24. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 2 Baris 1

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50	1.00	
		$0+A_{(4,1)}$	$0.50+A_{(3,1)}$		

- [6] Tambahkan job 2 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 25. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 2 Baris 2

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50	1.00	
		$0+A_{(4,1)}$	$0.50+A_{(3,1)}$	$1.00+A_{(2,1)}$	

- [7] Taruh hasil perhitungan pada job 1 kolom pertama urutan proses berikutnya.

Tabel 26. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 1 Baris 1

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50	1.00	1.50
		$0+A_{(4,1)}$	$0.50+A_{(3,1)}$	$1.00+A_{(2,1)}$	

- [8] Tambahkan job 1 kolom kedua dengan nilai dari data perhitungan waktu pengerjaan job sesuai urutan proses berikutnya.

Tabel 27. Contoh Perhitungan Iterasi 3 Job 1 Baris 2

Mesin	Job	4	3	2	1
		(jam)			
M1		0	0.50	1.00	1.50
		$0+A_{(4,1)}$	$0.50+A_{(3,1)}$	$1.00+A_{(2,1)}$	$1.50+A_{(1,1)}$

- [9] Lakukan secara berulang sampai mesin 8.

- [10] Lakukan secara berulang untuk calon urutan parsial 4-3-2-1, 4-3-1-2, 4-1-3-2 dan 1-4-3-2.

- [11] Setelah dilakukan perhitungan makespan iterasi 3 (urutan ke-3), pilih calon urutan parsial baru yang memiliki makespan parsial lebih kecil. Hasil makespan urutan parsial 4-3-2-1 adalah 23.42 jam, calon urutan parsial 4-3-1-2 adalah 23.42 jam, calon urutan parsial 4-1-3-2 adalah 23.42 jam, dan 1-4-3-2 adalah 23.41 jam. Hasil makespan yang paling kecil yakni pada urutan proses 1-4-3-2.

Tabel 28. Hasil Makespan Iterasi 3

Mesin	Job	1	4	3	2
		(jam)			
M1		0.00	0.50	1.00	1.50
		0.50	1.00	1.50	2.00
M2		0.50	1.03	1.57	2.10
		1.03	1.57	2.10	2.64
M3		1.03	1.60	2.17	2.74
		1.60	2.17	2.74	3.30

M4	1.60	2.20	2.80	3.40
	2.20	2.80	3.40	4.00
M5	2.20	2.80	3.40	4.00
	2.80	3.40	4.00	4.60
M6	2.80	3.43	4.07	4.70
	3.43	4.07	4.70	5.34
M7	3.43	4.10	4.77	5.44
	4.10	4.77	5.44	6.10
M8	4.10	4.80	5.50	6.20
	4.80	5.50	6.20	6.90

Berdasarkan perhitungan makespan parsial dari ketiga calon urutan parsial, didapatkan calon urutan parsial 4-3-2-1 dipilih dengan nilai makespan parsial sebesar 23.41 jam.

IV.4 Analisis Data

1. Eksisting Perusahaan

PT NRZ Prima Gasket memproduksi 19 tipe produk gasket dengan tingkat permintaan yang bervariasi, menggunakan 8 mesin produksi yang dapat digunakan secara fleksibel. Saat ini, penjadwalan produksi dilakukan berdasarkan prioritas tenggat waktu terdekat, namun metode ini menyebabkan ketidakefisienan karena adanya keterlambatan (lateness). Untuk meningkatkan efisiensi, peneliti perlu menghitung total waktu produksi (makespan) dan mengidentifikasi prioritas tipe produk menggunakan diagram Pareto.

Diagram Pareto menunjukkan bahwa 80% output perusahaan berasal dari 20% tipe produk, yang mengarahkan fokus pada 4 tipe produk utama: 4D34 T2, 4D34 T3, dan 6D16 7A. Peneliti melakukan perhitungan makespan dengan urutan produksi berdasarkan tenggat waktu untuk job 1, 2, 3, dan 4, dan menemukan bahwa total waktu produksi mencapai 19,22 jam. Tingginya makespan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti waktu set up mesin, waktu proses, jumlah permintaan, dan kapasitas mesin yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penjadwalan ulang yang lebih optimal untuk mengurangi waktu produksi dan meningkatkan efisiensi.

2. Metode Usulan NEH

Metode NEH merupakan metode penjadwalan produksi yang fokus pada minimisasi makespan (total waktu penyelesaian). Metode ini mempertimbangkan beberapa faktor penting seperti waktu set up mesin, waktu proses, jumlah permintaan, jumlah mesin, dan kapasitas mesin untuk menghasilkan urutan produksi yang optimal. Metode NEH melibatkan pembagian urutan produksi menjadi tiga iterasi, dengan tujuan menemukan urutan dengan makespan terkecil.

Langkah pertama adalah mengurutkan makespan dari setiap produk yang ada, dari yang terbesar hingga terkecil, untuk membentuk urutan parsial. Hasil urutan parsial adalah 2, 4, 3, dan 1. Pada iterasi pertama, urutan parsial 2-4 dan 4-2 menghasilkan makespan yang sama, yaitu 10,31 jam, sehingga dipilih urutan 4-2 sebagai dasar iterasi kedua. Pada iterasi kedua, tiga calon urutan parsial (4-2-3, 4-3-2, dan 3-4-2) dievaluasi, dan urutan 4-3-2 dipilih karena memiliki makespan terkecil sebesar 16,52 jam. Iterasi ketiga melibatkan empat calon urutan, dengan urutan 1-4-3-2 memiliki makespan terkecil sebesar 23,41 jam.

Urutan akhir yang diusulkan, yaitu 1-4-3-2, memberikan hasil makespan yang lebih kecil dibandingkan urutan produksi sebelumnya, sehingga sistem produksi menjadi lebih optimal dan efisien.

Tabel 29. Rangkuman Hasil Iterasi Metode NEH

Iterasi	Calon Urutan Parsial	Makespan (jam)
1	2,4	10.31
	4,2	10.31
2	4,2,3	16.52
	4,3,2	16.52
	3,4,2	146.42
	4,3,2,1	23.42
3	4,3,1,2	23.42
	4,1,3,2	23.42
	1,4,3,2	23.41

3. Perbandingan Eksisting Perusahaan dan Metode Usulan NEH

Pada poin 1 telah dijelaskan bahwa, sistem eksisting perusahaan memiliki total waktu penyelesaian job (tipe produk) 1, 2, 3, dan 4 adalah 19.22 jam. Sementara pada poin 2 juga telah dijelaskan bahwa, metode NEH memiliki total waktu penyelesaian job (tipe produk) 1, 4, 3, dan 2 adalah 23.41 jam. Hasil makespan metode NEH lebih besar daripada hasil makespan metode ekisting perusahaan. Selisih dari hasil makespan metode NEH dengan hasil makespan metode ekisting perusahaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Selisih waktu produksi (jam)} &= 23.41 - 19.22 \\ &= 4.19 \text{ jam} \end{aligned}$$

Berikut merupakan tabel rangkuman penjelasan di atas:

Tabel 30. Perbandingan Metode Eksisting Perusahaan dan Metode NEH

Metode	Eksisting perusahaan	Metode NEH	Selisih Waktu Produksi (jam)
Urutan Tipe Produk	1, 2, 3, dan 4	1, 4, 3, dan 2	
Makespan	19.22 jam	23.41 jam	4.19 jam

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa usulan metode penjadwalan yakni metode NEH tidak dapat menurunkan

makespan (total waktu penyelesaian) perusahaan. Sehingga, usulan metode penjadwalan dengan menggunakan metode NEH tidak dapat mengoptimalkan produksi perusahaan.

IV.5 Pembahasan

Berdasarkan analisis, diketahui bahwa penerapan metode NEH tidak berhasil menurunkan makespan (total waktu penyelesaian) pada PT NRZ Prima Gasket. Dengan demikian, metode NEH tidak mampu mengoptimalkan produksi perusahaan. Kegagalan ini disebabkan oleh tidak dipertimbangkannya faktor waktu baku, yang terdiri dari waktu normal dan waktu toleransi, dalam proses penjadwalan.

Waktu baku adalah waktu yang sebenarnya diperlukan untuk memproduksi suatu barang, dan terdiri dari waktu normal—waktu yang diperlukan operator untuk menyelesaikan pekerjaan dalam kondisi normal—dan waktu toleransi, yang mencakup waktu istirahat, keterlambatan, kelelahan, serta faktor lainnya. Ketika waktu normal dan waktu toleransi tidak dihitung dengan akurat, urutan pekerjaan yang dihasilkan oleh metode NEH menjadi tidak optimal. Hal ini berakibat pada tidak diperhitungkannya durasi yang sebenarnya diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pada setiap mesin, serta tidak adanya antisipasi terhadap gangguan dan keterlambatan produksi, yang pada akhirnya meningkatkan makespan dan menurunkan efisiensi produksi.

Metode NEH menginisialisasi urutan job secara descending berdasarkan total waktu proses, di mana pekerjaan dengan waktu pemrosesan terpanjang diprioritaskan. Namun, tanpa data yang akurat mengenai waktu proses dan faktor-faktor lain seperti waktu set up mesin, jumlah permintaan, jumlah mesin, dan kapasitas mesin, hasil penjadwalan produksi akan kurang efektif.

Keterbatasan metode NEH ini menunjukkan pentingnya kualitas data yang digunakan. Untuk meningkatkan efektivitas penjadwalan, perusahaan harus memastikan bahwa data yang digunakan selalu diperbarui dan akurat. Peneliti juga menyarankan untuk melakukan simulasi tambahan dengan metode penjadwalan lain sebagai pembandingan, untuk mengeksplorasi opsi yang mungkin lebih optimal bagi perusahaan.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian didapatkan hasil-hasil penelitian. Hasil-hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu:

1. Cara untuk meningkatkan penjadwalan produksi adalah memperhatikan faktor waktu *set up* mesin, waktu proses, jumlah permintaan, jumlah mesin, kapasitas mesin, waktu baku, waktu normal dan waktu toleransi. Perusahaan perlu memastikan bahwa data yang digunakan selalu diperbarui dan akurat untuk menjaga efektivitas penjadwalan produksi. Selain itu, penggunaan metode penjadwalan sesuai dengan tingkat permasalahan yang ingin diselesaikan perusahaan merupakan hal yang penting.

2. Hasil usulan penjadwalan produksi dengan metode NEH, tidak menghasilkan penurunan waktu produksi. Hal ini dikarenakan, hasil *makespan* usulan dengan metode NEH lebih besar daripada hasil *makespan* eksisting. Awalnya dengan urutan produksi *job* 1-2-3-4 menghabiskan waktu produksi 19.22 jam, namun dengan penjadwalan usulan didapatkan urutan produksi *job* 1-4-3-2 menghabiskan waktu produksi 23.41 jam. Hasil usulan penjadwalan produksi dengan metode NEH tidak terdapat penurunan karena tidak adanya faktor waktu baku serta faktor penyusun dari waktu baku.

REFERENSI

- [1] N. Ananda Putri Harahap, F. Al Qadri, D. Indah Yani Harahap, M. Situmorang, and S. Wulandari, "Analisis Perkembangan Industri Manufaktur Indonesia," vol. 4, no. 6, p. 1444, 2023.
- [2] Kementerian Perindustrian, "Industri Manufaktur Berperan Penting Genjot Investasi dan Ekspor," kemenperin.go.id. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/20091/Industri-Manufaktur-Berperan-Penting-Genjot-Investasi-dan-Ekspor->
- [3] R. Azwina, P. Wardani, F. Sitanggang, and P. R. Silalahi, "Strategi Industri Manufaktur Dalam Meningkatkan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia," *Bisnis dan Akuntansi*, vol. 2, no. 1, pp. 44–55, 2023.
- [4] "PT. NRZ PRIMA GASKET." Accessed: Nov. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.nrzprimagasket.com/>
- [5] M. D. A. Safitri, "Penjadwalan Produksi Untuk Meminimasi Keterlambatan Distribusi Dengan Metode Earliest Due Date," *Prosiding SemNas Teknik UMAHA*, vol. 1, pp. 48–55, 2019.
- [6] S. Ariyanti, Adianto, and R. Miharja, "Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode Neh Dan Metode Algoritma Johnson Untuk Meminimasi Waktu Produksi Di Pt. Laksana Kurnia Mandiri Sejati," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, no. 3, pp. 157–164, 2018.
- [7] S. F. Syabani and W. Setiafindari, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham Pada PT XYZ," *Jumantara*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [8] E. Febianti, M Ade Irman Saeful, and J. Fitra, "Usulan Penjadwalan Produksi Baja Profil Menggunakan Metode Nawaz Enscore And Ham dan Algoritma Simulated Annealing," *jurnal.umj.ac.id*, vol. 16, 2019.
- [9] Akhmad Sudirman, "Perencanaan Berbasis Data Series: Mengenal Penggunaan Diagram Pareto Dalam Penentuan Akar Masalah," *Kemdikbud.go.id*. Accessed: Jul. 25, 2024. [Online]. Available: <https://bpmpntb.kemdikbud.go.id/artikel/39/perencanaan-berbasis-data-series-mengenal-penggunaan-diagram-pareto-dalam-penentuan-akar-masalah>