

## INTISARI

Penjadwalan permesinan merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi efektivitas proses produksi. Penjadwalan yang baik berarti dapat mengalokasikan sumber daya yang dimiliki secara efisien untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai. Salah satu bentuk masalah penjadwalan adalah penjadwalan mesin paralel tidak identik atau dikenal dengan *Non-identical parallel machine scheduling problem* (NIPMSP) yang mana akan terdapat sejumlah mesin yang dapat bekerja secara paralel namun karakteristik antar mesin memiliki waktu pemrosesan yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis masalah NIPMSP yang mempertimbangkan adanya faktor manusia didalamnya yaitu kelelahan pekerja dan dengan fungsi tujuan untuk meminimalkan *makespan* atau waktu penyelesaian terakhir untuk semua pekerjaan. Walaupun sudah banyak penelitian mengenai penjadwalan mesin paralel yang tidak identik, tetapi penelitian dengan adanya faktor kelelahan didalamnya masih sulit untuk ditemukan dan membuka kesempatan untuk dianalisis lebih jauh. Penelitian ini akan mengembangkan sebuah model matematika dengan basis *Mixed Integer Non-Linear Programming* (MINLP) untuk menangani permasalahan NIPMSP dengan pertimbangan kelelahan pekerja sebagai variabel yang akan mempengaruhi *processing time*. Model yang telah dikembangkan kemudian diuji menggunakan data sekunder dari penelitian terdahulu tentang NIPMSP dan diselesaikan dengan bantuan Gurobi Optimizer.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model yang dirancang mampu menghasilkan output yang *feasible* dan telah melalui tahap validasi dengan perhitungan manual *fatigue* pekerja. Model juga telah melalui pengujian dengan *numerical study* dengan konfigurasi bervariasi mulai dari mesin dan pekerja 2 hingga 3 dan pekerjaan antara 6 hingga 20. Model dapat menghasilkan solusi yang *feasible* untuk keseluruhan *instance* pada *numerical study*. Berdasarkan hasil dari model yang dibangun, parameter *fatigue* pekerja memiliki dampak terhadap naik atau turunnya fungsi objektif. Semakin tinggi nilai parameter *fatigue rate* maka nilai *makespan* akan semakin tinggi dan semakin tinggi nilai parameter *recovery rate*, maka nilai *makespan* akan semakin rendah. Akhirnya, nilai *makespan* dapat diminimalkan dengan lebih realistis.

**Kata kunci:** Penjadwalan permesinan, *Non-identical parallel machine scheduling problem* (NIPMSP), kelelahan pekerja, model matematika, *makespan*

## ABSTRACT

*Machine scheduling is an important factor in production process that can affect its efficiency. A well-designed schedule allows efficient allocation of available resources to complete tasks according to the set objectives that has been determined. One of the challenges cases in the scheduling process is the Non-Identical Parallel Machine Scheduling Problem (NIPMSP), where multiple machines operate in parallel but differ in their processing time due to their different characteristics*

*This research focused on the analysis of NIPMSP by incorporating human factors namely worker fatigue, into the scheduling process. The objective is to minimize makespan, or the total time required to complete all jobs. Although there have been many studies exploring NIPMSP, studies that consider worker fatigue as part of the scheduling model are still rare. This research will provide a mathematical model based on Mixed Integer Non-Linear Programming (MINLP) to address the problem with worker fatigue introduced as a variable affecting processing time. The model will be tested using secondary data from previous research and solved using Gurobi Optimizer*

*The results show that the proposed model can produces feasible solutions and has been validated against manual calculations. The model was further tested in several numerical studies with various configurations, ranging from 2 to 3 machines/worker and 6 to 20 jobs. The model can successfully produces feasible solutions for all cases. The results also show that by including worker fatigue factors can affect the objective function. The higher the fatigue rate parameter values, the higher the makespan value and the higher the recovery rate parameter value, the lower the makespan value. With theese result it can be said that by including the worker fatigue factors makes makespan to be minimized in a more realistic way.*

**Keywords:** Machine scheduling, Non-identical parallel machine scheduling problem (NIPMSP), worker fatigue, mathematical modelling, makespan