

Perancangan dan Implementasi Sistem Pemilahan Box Menggunakan Metode *Scheduling Sort*

Januar Aji Nugroho, Dwiky Fajri Syahbana, dan Berlian Al Kindhi
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: dwiky@its.ac.id

Abstrak—Proses pemilahan box adalah salah satu tahap dalam sebuah industri yang membutuhkan ketelitian yang tinggi dikarenakan jika ada produk lain yang terpilah ke tempat yang salah akan mempengaruhi proses produksi. Proses pemilahan box yang masih menggunakan tenaga manusia dapat menurunkan tingkat kecepatan dan ketelitiannya seiring dengan lamanya waktu bekerja. Untuk itu, pelaksanaan proses pemilahan box harus dilakukan secara sistematis. Konsep pemilahan otomatis muncul karena kesulitan yang dihadapi di industri. Dalam mesin pemilah otomatis yang dibuat ini berdasarkan kode dari box yang berupa *barcode 2D* atau *QR Code*, sehingga dibutuhkan *barcode reader* yang membantu membedakan jenis kode dari box. Dengan banyaknya box yang masuk ke tempat pemilahan dengan selisih kedatangan tercepatnya yaitu 2 detik antar box maka dibutuhkan suatu keputusan secara langsung agar proses pemilahan untuk setiap box nya tidak mengganggu pemilahan dari box yang lain. Oleh karena itu, metode pemilahan yang tepat untuk digunakan yaitu *Scheduling Sort* yang dasarnya ada pada *delay* yang terjadi pada proses pemilahan otomatis yang ditentukan dari kecepatan box dengan jarak yang sudah di *teaching*. *Photosensor* memiliki peranan penting dalam proses pemilahan box otomatis menggunakan metode *scheduling sort* diantaranya yaitu sebagai *trigger* untuk *barcode reader*, melacak box dan sebagai *trigger* untuk *stopper* dan *pusher* sebagai pemilah box di masing – masing konveyor pada jalur pilahnya. Dengan adanya sistem pemilahan otomatis ini dapat membantu meningkatkan efisiensi pemilahan box karena mesin dapat bekerja secara terus menerus dengan memanfaatkan metode *scheduling sort* yang berfokus pada parameter *delay timer* dan juga jarak yang harus ditempuh oleh box untuk sampai ke jalur pilahnya. Secara keseluruhan, rata – rata tingkat keberhasilan dari proses pemilahan box ini mencapai 99,6%.

Kata Kunci—Sistem Pemilahan Box, Pemilahan Terjadwal, Pewaktu Tunda, Programmable Logic Controller, Deteksi Barcode.

I. PENDAHULUAN

PROSES pemilahan membutuhkan ketelitian yang tinggi dikarenakan jika ada produk lain yang terpilah ke tempat yang salah akan mengganggu proses produksi. Untuk itu, pelaksanaan proses pemilahan harus dilakukan secara sistematis. Dengan demikian diperlukan pengembangan Low Cost Automation (LCA) untuk menyortir produk-produk ini dengan cara yang akurat. Otomasi industri untuk proses pemilahan terutama berfokus pada pengembangan otomatisasi yang memiliki biaya pembuatan dan perawatan rendah, daya tahan lama dan membuat sistem semudah mungkin bagi pengguna. Pemilahan otomatis menjadi solusi otonom berkemampuan robotika yang berguna untuk mempercepat pengiriman dan memangkas biaya [1].

Sistem pemilahan menurut beberapa kriteria adalah fungsi dasar dari fasilitas logistic yang memainkan peran penting di Sebagian besar gudang dan pusat distribusi. Penyortiran tidak

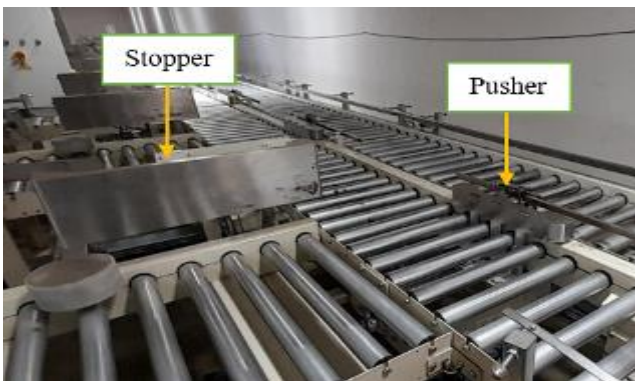
dapat dihindari jika *batching* dan zonasi diterapkan di area pengambilan barang untuk meningkatkan kinerja pengambilan barang tersebut [2]. Dalam mesin pemilah ini dilengkapi dengan *barcode reader* dimana membantu membedakan jenis kode dari produk yang akan dipilah. Selain itu, terdapat *photosensor* yang mendeteksi adanya benda. *Photosensor* dalam proses pemilahan ini memiliki banyak kegunaan diantaranya yaitu sebagai *trigger* untuk *barcode reader* saat akan membaca *barcode* pada box, mendeteksi adanya box, serta sebagai *trigger* untuk Bergeraknya *stopper* dan *pusher* sebagai pemilah box di masing–masing jalur pilahnya. Dikarenakan waktu kedatangan produk hanya memiliki selisih sekitar 2 detik setiap produknya, sehingga beberapa keputusan harus dibuat secara langsung. Dari pihak pergudangan juga tidak dapat memberikan informasi yang tepat mengenai urutan kedatangan produk. Sehingga dari permasalahan tersebut, dibuatlah Sistem Pemilahan Box yang bekerja secara otomatis dengan menggunakan metode *Scheduling Sort*.

Scheduling adalah salah satu metode dalam pemilahan yang mana merupakan pengurutan produk secara menyeluruh yang dikerjakan oleh beberapa mesin. Proses penjadwalan timbul jika terdapat keterbatasan sumber daya yang dimiliki sehingga diperlukan adanya pengaturan sumber – sumber daya tersebut secara efisien. Penjadwalan mencakup penugasan yang memiliki batas waktu pada suatu pekerjaan, dalam hal ini yaitu proses pemilahan dimana banyak produk berbeda diproduksi dalam waktu yang sama dengan menggunakan sumber daya dan tempat yang sama. Untuk itu dilakukan proses Penjadwalan ini, dimana setiap box yang sudah dijadwalkan masuk ke salah satu jalur dari 10 jalur pemilahan memiliki waktu tersendiri untuk pemilahannya dengan waktu yang dihitung mulai saat *barcode* pada box dibaca oleh *barcode reader* sampai box tersebut berada tepat lurus dengan jalur masuk pemilahan untuk box tersebut atau biasa disebut *Sorting Line* untuk kemudian dilakukan pemilahan oleh *Sorting Engine*. Singkatnya, Sistem Pemilahan ini dikendalikan Programmable Logic Controller (PLC) dengan sensor *photoelectric* sebagai penginderaan dan *barcode reader* sebagai pembaca kode yang ada pada box serta motor induksi sebagai penggerak konveyor dan semua itu dihubungkan ke PLC melalui program dan instalasi pengkabelan. . *Sorting Engine* yang berisi *Stopper* dan *pusher* pada sistem pemilahan otomatis dapat dilihat pada Gambar 1.

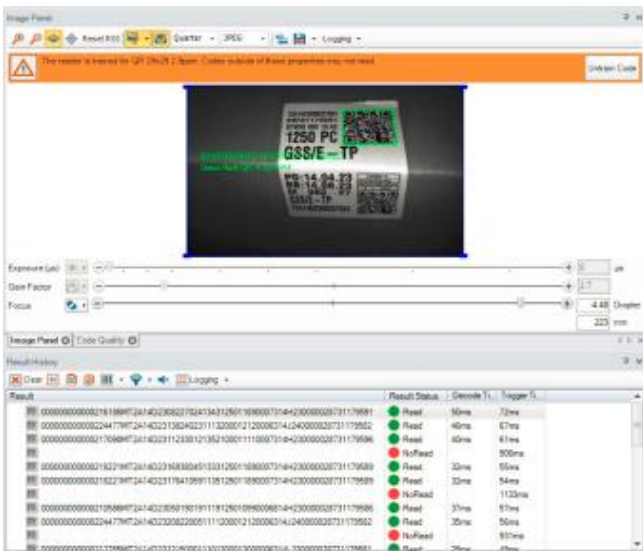
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Sorting System*

Penyortiran adalah proses mengidentifikasi item pada sistem konveyor dan mengalihkannya ke tujuan tertentu dalam suatu operasi. Penyortiran otomatis memanfaatkan



Gambar 1. *Sorting Engine* yang berisi *Stopper* dan *pusher* pada sistem pemilahan otomatis.



Gambar 2. Pembacaan *barcode reader* berhasil di salah satu sisi dan pastinya sisi lainnya gagal.

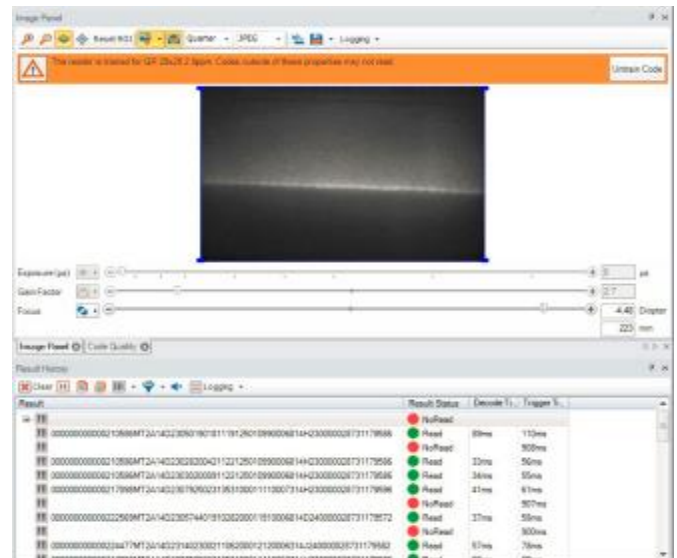
berbagai teknologi, seperti pemindai kode batang dan sensor lainnya tanpa campur tangan manusia. Penyortir otomatis sangat bervariasi tergantung pada teknologi yang mendasari pembuatannya. Sensor, alat transfer barang, dan program semuanya dapat disesuaikan dengan kebutuhan operasi dan penanganan produk tertentu. Dengan adanya jalur pemilahan inilah proses pemilahan dapat dilakukan sesuai kehendak operator. Pemilahan didasarkan pada *barcode* yang terdapat di masing – masing box. Dan juga terdapat *sorting engine* agar box dapat masuk ke jalurnya masing – masing.

B. *Sorting Engine*

Sorting engine merupakan perlengkapan mekanik yang terdiri dari *Pusher* dan *Stopper*. *Pusher* digunakan untuk mendorong box untuk masuk ke konveyor *infeed* pada *Robotic Palletizer Gantry* dan *Stopper* digunakan untuk menghentikan box ketika akan dipilah di jalur tersebut agar posisi box saat didorong oleh *Pusher* tepat dan tidak tersangkut ke pembatas konveyor. Untuk penggerak *sorting engine* ini yaitu pneumatic.

C. *Barcode Reader*

Barcode dapat secara sederhana diklasifikasikan menjadi barcode 1D dan barcode 2D sesuai dengan dimensi pola. Misalnya, kode Nomor Artikel Eropa (EAN) dan *Quick Response* (QR) masing-masing adalah kode batang 1D dan 2D yang umum. *Barcode* tidak hanya dapat menyimpan data seperti tanggal produksi, kategori produk, nomor seri, dll.,



Gambar 3. Pembacaan *barcode reader* gagal di salah satu sisi dan pastinya sisi lainnya memiliki kemungkinan berhasil atau tidak.

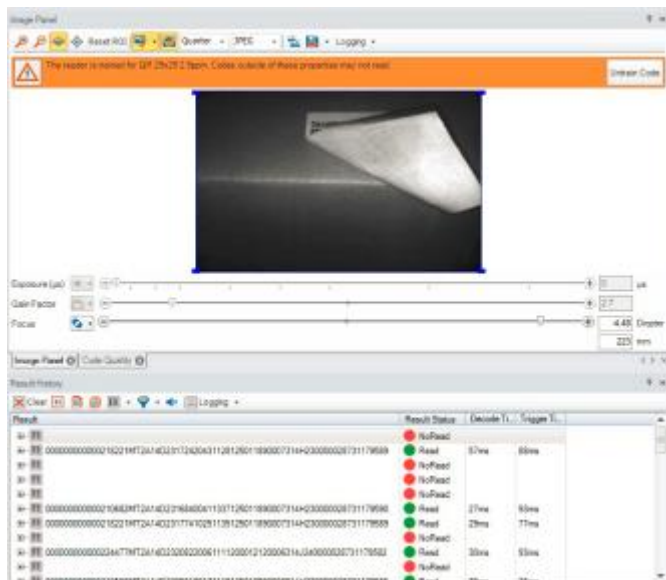
Tetapi juga bertindak sebagai pintu masuk antara kenyataan dan Internet. Sementara itu, *barcode* semakin banyak diterapkan untuk banyak proses otomatisasi baik di industri maupun di kehidupan sehari-hari. Misalnya, selama proses inventarisasi produk, efisiensi kerja dapat ditingkatkan secara signifikan dengan robot pemindai rak yang melacak produk yang diberi label oleh kode batang[3].

Karena pembeda dari box yang dipilah yaitu *Barcode*, jadi pada *sorting system* ini menggunakan *barcode reader* untuk memilah barang sesuai barcode yang ada pada box. Ketika *barcode* pada carton jelek dan tidak bisa terbaca sensor maka produk akan masuk pada konveyor *reject*. Kejadian tersebut akan terus berulang sampai proses produksi berhenti.

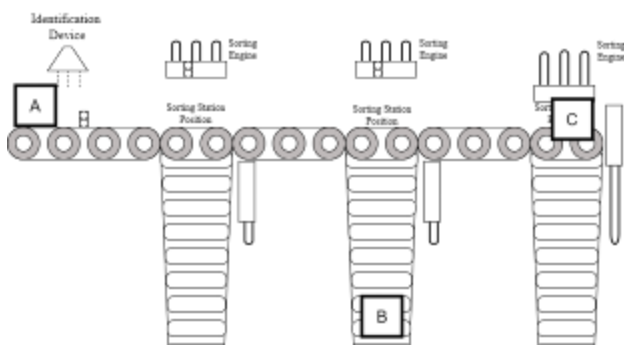
D. *Fotolistrik*

Sensor fotolistrik adalah sensor yang mendeteksi benda, perubahan kondisi permukaan, dan benda lainnya melalui berbagai sifat optic. Sensor fotolistrik terutama terdiri dari emitor untuk memancarkan cahaya dan *receiver* untuk menerima cahaya. Bila cahaya yang dipancarkan terputus atau dipantulkan oleh objek penginderaan, maka akan mengubah jumlah cahaya yang tiba di *receiver*. *Receiver* mendeteksi perubahan ini dan mengubahnya menjadi keluaran listrik. Sumber cahaya untuk sebagian besar sensor fotolistrik adalah sinar inframerah. Pada *Sorting System* ini, sensor fotolistrik difungsikan untuk banyak hal, diantaranya yaitu:

1. Berguna sebagai *trigger* untuk *barcode reader*. Ketika sensor mendeteksi box, maka *barcode reader* akan terpicu untuk membaca apa yang melintas di depannya, dalam hal ini yaitu *barcode* yang ada pada box.
2. Di masing – masing awal jalur pilah pada *sorting conveyor* terdapat sensor fotolistrik yang berguna sebagai *trigger* untuk *sorting engine* untuk memulai pekerjaannya yaitu menahan box yang akan masuk agar tidak lolos dan mendorongnya masuk ke jalur pilahnya.
3. Di sepanjang *buffer conveyor*, fotolistrik difungsikan untuk memberikan informasi bahwa *buffer conveyor* penuh dan menonaktifkan motor di depan area *sorting conveyor* agar box pada *buffer conveyor* di pilah terlebih dahulu.



Gambar 4. Pembacaan barcode reader gagal karena stiker barcode terlipat.



Gambar 5. Ilustrasi proses pemilahan box menggunakan metode scheduling sort untuk 1 robot yang terdiri dari 3 jalur pilah.

4. Sebagai trigger juga untuk pusher yang berfungsi untuk transfer box dari sorting conveyor ke buffer conveyor dan sebaliknya

E. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika semisal logika kombinasional, sekuensial, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses. Ada beberapa pilihan bahasa pemrograman yang dapat digunakan didalam PLC OMRON, yaitu:

1) a. Ladder Diagram (LAD)

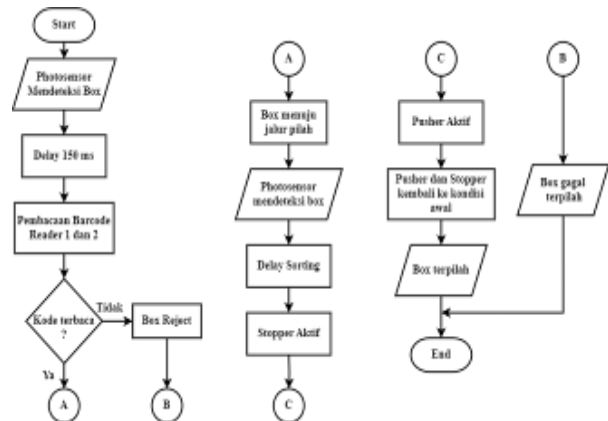
Bahasa pemrograman yang mirip dengan diagram rangkaian. Bahasa pemrograman ini sering menjadi daya tarik bagi pemrogram yang mempunyai background sebagai drafting dan electrical, karena menggunakan symbol-symbol seperti coil, contact, dll.

2) b. Statment List (STL)

Terdiri dari kumpulan statment instruksi pada sysmac studio. Bahasa pemrograman ini lebih disukai oleh proqramer yang familiar menggunakan berbagai bahasa pemrograman.

3) c. Function Blok Diagram (FBD)

Bahasa pemrograman yang menggunakan box-box fungsi. FBD memberi keuntungan dapat digunakan oleh “non-programmer” karena setiap box-box telah mengindikasikan fungsi tertentu seperti opsai fungsi logika.



Gambar 6. Alur kerja system pemilahan box menggunakan metode scheduling sort.



Gambar 7. Pengukuran Kecepatan Conveyor Menggunakan Tachometer.

F. Scheduling Sort

Pengertian penjadwalan secara umum dapat diartikan sebagai pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan. Permasalahan muncul apabila pada tahapan operasi tertentu beberapa atau seluruh pekerjaan itu membutuhkan stasiun kerja yang sama. Dengan dilakukannya pengurutan pekerjaan ini unit-unit produksi (resources) dapat dimanfaatkan secara optimum. Pemanfaatan ini antara dilakukan dengan jalan meningkatkan utilitas unit-unit produksi melalui usaha - usaha mereduksi waktu menganggur (idle time) dari unit-unit yang bersangkutan [4]. Keadaan yang mempengaruhi proses sorting penjadwalan yaitu:

- a. Barang atau produk dengan banyak variasi barcode mengalir atau melewati lini produksi yang sama
- b. Waktu kedatangan produk dan waktu produk saat siap berbeda
- c. Bobot kepentingan masing – masing produk berbeda atau jumlah produk berbeda dengan batas waktu yang berbeda pula.
- d. Jumlah dan kapasitas mesin.

III. URAIAN PENELITIAN

A. Fotolistrik Testing

Pengujian sensor fotolistrik dilakukan dengan memberikan sebuah obstacle atau objek yang menghalangi sensor. Untuk mode operasi sensor diatur menjadi mode operasi dark, yang mana ketika bagian receiver dari sensor menerima pantulan infrared dari reflector, yang dikirim oleh emitter, yang artinya sensor fotolistrik tidak mendeteksi adanya benda, maka keluaran sensor yaitu off. Sebaliknya pula, jika bagian receiver dari sensor tidak menerima pantulan infrared dari reflector, yang dikirim oleh emitter, yang artinya sensor sedang mendeteksi benda, maka keluaran sensor yaitu on.

Tabel 1.
Percobaan Pembacaan Barcode

Barcode Reader 1	Barcode Reader 2	Hasil Pembacaan
Membaca	Tidak Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Tidak Membaca	Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Tidak Membaca	Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Tidak Membaca	Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Membaca	Tidak Membaca	Read
Tidak Membaca	Membaca	Read
Tidak Membaca	Membaca	Read
Tidak Membaca	Tidak Membaca	No Read
Membaca	Tidak membaca	Read
Membaca	Tidak membaca	Read
Tidak membaca	Membaca	Read
Membaca	Tidak membaca	Read
Tidak membaca	Membaca	Read
Tidak membaca	Membaca	Read

Percobaan dilakukan menggunakan 2 barcode reader dengan posisi yang saling berhadapan. Dikarenakan arah stiker barcode tidak menentu, bisa menghadap ke barcode reader 1 bisa juga menghadap barcode reader 2.

Tabel 2.
Percobaan Delay Sorting

Line	Jarak A (m)	Delay Sorting (Before Trial) (s)	Delay Sorting (s)
1	0,175	0,35	0,30
2	0,215	0,43	0,30
3	0,200	0,40	0,40
4	0,260	0,52	0,50
5	0,250	0,50	0,50
6	0,215	0,43	0,30
7	0,190	0,38	0,30
8	0,220	0,44	0,40
9	0,260	0,52	0,50
10	0,240	0,48	0,45

Hasil data untuk mengetahui nilai Delay Sorting yang sesungguhnya didapat setelah melalui percobaan menggunakan Delay Sorting yang didapatkan dari perhitungan.

Untuk fotolistrik yang digunakan memiliki jarak penginderaan maksimal 100cm. untuk jarak penginderaan dapat diatur sesuai kebutuhan yaitu kurang lebih 50 cm dan tidak boleh lebih panjang dari lebar conveyor yang dilewati box yaitu 59,6 cm. hal tersebut dikarenakan jika jarak penginderaan lebih jauh dari lebar conveyor, dikhawatirkan akan mendeteksi benda lain yang melintas disekitar conveyor bukan box yang melintasi conveyor. Semua fotolistrik yang difungsikan seperti penjelasan tersebut menggunakan sensor fotolistrik jenis *Retroreflective* yang mana dilengkapi dengan *reflector* yang berfungsi untuk memantulkan *infrared*

B. Barcode Reader Testing

Barcode pada box digunakan untuk identitas dari box tersebut yang mana juga digunakan untuk membedakan isi dari box. Pada barcode tersebut berisi sebuah kode dan batch produk. Tingkat kerapian dalam penataan stiker pada box ini mempengaruhi proses pembacaan barcode oleh barcode reader. Hal yang mengganggu proses pembacaan barcode biasanya yaitu stiker pada bagian gambar kode terlipat, peletakan stiker tidak sesuai tempat yang sudah disediakan dan juga stiker tidak menempel sempurna pada box. Untuk pembacaan barcode reader terdapat 3 macam kondisi. Kondisi – kondisi tersebut yaitu:

1) *Pembacaan berhasil di salah satu sisi*

Salah satu bagian barcode reader berhasil membaca kode pada box, dimana bagian lainnya dapat dipastikan tidak

Tabel 3.
Percobaan Sorting Station Position

Line	Jarak Tempuh Saat Terjadi Delay (m)	Jarak Sebenarnya (m)	Sorting Station Position (m)
1	0,225	0,406	0,181
2	0,225	2,438	2,213
3	0,275	3,930	3,655
4	0,325	0,554	0,229
5	0,325	2,466	2,141
6	0,225	4,116	3,891
7	0,225	0,504	0,279
8	0,275	2,154	1,879
9	0,325	3,804	3,479
10	0,300	5,454	5,154

Untuk delay yang mempengaruhi sorting station position yaitu delay trigger barcode reader dan delay sorting.

Tabel 4.
Data Percobaan 1 Proses Pemilahan

Robot	Produk Berhasil Terpilah	Produk Gagal Terpilah	Persentase Berhasil (%)
1	2010	0	100
2	3119	20	99,36
3	1939	9	99,54

Pada Percobaan ini terdapat 3 bagian robot, untuk robot 1 dan 2 masing - masing mewakili 3 jalur pilah dan untuk robot 3 mewakili 4 jalur pilah. Di setiap robot terdapat 2 barcode reader yang saling berhadapan.

Tabel 5.
Data Percobaan 2 Proses Pemilahan

Robot	Produk Berhasil Terpilah	Produk Gagal Terpilah	Persentase Berhasil (%)
1	1132	3	99,74
2	1663	4	99,76
3	1482	7	99,53

Pada Percobaan ini terdapat 3 bagian robot, untuk robot 1 dan 2 masing - masing mewakili 3 jalur pilah dan untuk robot 3 mewakili 4 jalur pilah. Di setiap robot terdapat 2 barcode reader yang saling berhadapan.

membaca kode, karena stiker barcode hanya ada di salah satu sisi seperti pada gambar 2.

2) *Pembacaan tidak berhasil karena stiker barcode berada di sisi seberangnya*

Salah satu bagian barcode reader tidak berhasil membaca kode pada box karena stiker barcode hanya ada di salah satu sisi seperti pada gambar 3, namun bagian lainnya pun belum tentu juga berhasil membaca kode tergantung kerapian penataan stiker barcode.

3) *Pembacaan Barcode gagal*

Dalam percobaan pembacaan kode box, jika barcode reader 1 membaca barcode, barcode reader 2 tidak mungkin membaca barcode juga. Berlaku juga untuk sebaliknya jika barcode reader 2 berhasil membaca barcode, maka barcode reader 1 tidak mungkin membaca barcode juga. Jika keduanya tidak membaca barcode pada box, berarti terdapat sebuah kesalahan yang terjadi. Kesalahan – kesalahan tersebut yaitu:

1. Stiker barcode terlipat
2. Box terhambat saat melintasi conveyor dan sedikit bagiannya mengenai photosensor sebagai pemicu barcode reader untuk melakukan pembacaan, sehingga barcode reader saat itu sudah terpicu dan membaca di bagian yang tidak tepat
3. Terdapat delay pada barcode reader, biasanya terjadi saat kabel tidak terhubung sempurna karena pernah tertabrak oleh box yang rusak dan sebagainya.

Tabel 6.
Data Percobaan 1 Proses Pemilahan

Line	Jarak Tempuh Saat Terjadi Delay (m)	Jarak Sebenarnya (m)	Sorting Station Position (m)
1	596	0	100%
2	730	0	100%
3	684	0	100%
4	1405	7	99,50%
5	1256	13	98,98%
6	458	0	100%
7	600	3	99,50%
8	348	1	99,71%
9	615	2	99,67%
10	376	3	99,21%

Tabel 7.
Data Percobaan 2 Proses Pemilahan

Line	Jarak Tempuh Saat Terjadi Delay (m)	Jarak Sebenarnya (m)	Sorting Station Position (m)
1	268	0	100%
2	680	0	100%
3	184	3	98,40%
4	810	4	99,51%
5	519	0	100%
6	334	0	100%
7	522	0	100%
8	308	0	100%
9	480	3	99,38%
10	172	4	97,73%

4. Box terlalu kembung karena isi terlalu penuh atau solasi box kurang rapat

Kendala dalam pembacaan *barcode* kebanyakan terjadi dikarenakan factor *eksternal*. Untuk pencahayaan tidak terjadi masalah saat menggunakan lampu LED yang dipasang di sekitar *barcode reader*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, tidak terdapat masalah pada program, parameter yang telah diatur dan hardware yang telah terpasang. Pembacaan *barcode reader* gagal karena stiker *barcode* terlipat dapat dilihat pada Gambar 4.

C. Proses Penjadwalan

Pada proses penjadwalan juga terdapat aktivitas yang dilakukan untuk memastikan proses pemilahan terjadwal tersebut lancar. Aktivitas tersebut ialah:

1) Pembebanan / Loading

Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk order- order yang diterima/diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pada percobaan pemilahan otomatis, setiap harinya terdapat jadwal yang berbeda. Total jenis box lebih banyak daripada total mesin pemilah otomatis, sehingga 10 jenis dengan jumlah produksi paling banyak akan dijadwalkan pada mesin pemilahan otomatis di hari ini

2) Pengurutan / Sequencing

Pada mesin pemilah otomatis setelah 10 jenis dipilih untuk dimasukkan ke dalam mesin pemilah otomatis, hal selanjutnya yang dilakukan adalah mengurutkan. Mesin pemilah dibagi menjadi 3 bagian, bagian 1 terdapat 3 line, bagian 2 terdapat 3-line dan bagian ke 3 terdapat 4 line. Diusahakan dalam menempatkan produk ke setiap line, total jumlah produk yang masuk di setiap bagian harus sama dan produk 3 produk terbanyak diusahakan tidak dimasukkan ke *line* pertama setiap bagian, dalam hal ini yaitu ke *Line* 1, 4, dan 7. Hal tersebut dilakukan karena *line* tersebut terlalu

dekat dengan titik pembacaan *barcode*, dikhawatirkan terjadi tabrakan pada mesin pemilah.

3) Updating Schedules

Pelaksanaan jadwal biasanya selalu ada masalah baru yang berbeda dari saat pembuatan jadwal, maka jadwal harus segera di-update bila ada permasalahan baru yang memang perlu diakomodasi. Hal ini perlu dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas – prioritas. Waktu selesainya produksi biasanya berbeda – beda, disaat produksi dari produk yang dimasukkan ke dalam proses pemilahan telah habis maka harus segera diganti dengan produk yang lain sehingga tidak menyia-nyaiakan mesin pemilah otomatis.

4) Pengendalian kinerja penjadwalan

Pengendalian kinerja penjadwalan dilakukan dengan :

- Meninjau kembali status order-order pada saat melalui sistem tertentu.
- Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya expediting order-order yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama.

Pengendalian ini dilakukan agar mesin berjalan secara optimal. Seperti yang sudah dijelaskan, jumlah produksi memang sudah ditentukan dari awal, namun waktu produksi mereka berbeda – beda, jika terdapat 1 bagian mesin pemilah otomatis sedang senggang dan bagian lain sedang sangat sibuk, maka pembagian harus dilakukan ulang untuk mengoptimalkan kinerja mesin pemilah otomatis. Untuk ilustrasi dari proses pemilahnannya ada pada gambar 5.

Pada ilustrasi Gambar 5 terdapat *Identification Device* yaitu *barcode reader* dan photosensor di awal proses sorting. Terdapat *Sorting Station Position* yang merupakan tempat terpilahnya box dan jaraknya dari tempat *identification device* harus diketahui sebagai parameter untuk mengukur jarak tempuh box. Kemudian ada *sorting engine* yang berfungsi untuk memasukkan box ke jalur pilahnya dan juga photosensor sebagai pemicunya.

D. Program Sorting System

Program pada bagian *Sorting System* berisi mengenai proses bekerjanya mesin saat melakukan proses pemilahan. Alur kerja system pemilahan box menggunakan metode scheduling sort dapat dilihat pada Gambar 6. Proses kerja sistem pemilahan diawali dari masuknya box melalui conveyor. Pada box tersebut terdapat stiker *barcode* untuk membedakan jenis produksi. Ketika fotolistrik mendeteksi box, *timer delay* akan berjalan yang kemudian akan memicu *barcode reader* untuk bekerja. *Barcode* pada box tersebut akan dipindai oleh *barcode reader Cognex* dan data hasil scan akan dikirimkan ke PLC. Hasil pemindaian dibedakan menjadi 2, yang pertama yaitu *bad read* yang berarti *barcode* tidak terbaca, bisa karena stiker rusak atau tercoret. Jika terjadi hal tersebut, box tidak akan dipilah pada system pemilahan otomatis dan dilewatkan ke conveyor *reject* untuk diproses ulang oleh operator. Yang kedua adalah *good read* yang berarti *barcode* berhasil dipindai.

Setelah pemindaian *barcode* pada box, box tersebut tidak dipilah secara langsung melainkan melalui konveyor terlebih dahulu dan menuju ke jalurnya masing – masing, ketika box dideteksi oleh fotolistrik yang ada di jalur yang telah ditentukan. Kemudian fotolistrik akan memicu bekerjanya

Stopper yang akan digunakan untuk menghentikan box dan juga mengaktifkan waktu *delay sorting*, setelah waktu *delay* terpenuhi maka *pusher* akan aktif untuk mendorong box masuk ke jalur pilahnya. Setelah itu, proses pemilahan dapat dikatakan telah berhasil.

Proses pemilahan ini akan terjadi secara berkelanjutan sampai berakhirnya produksi atau ketika mesin error atau dimatikan. Semua proses akan *direset* dan mengulang dari urutan proses pertama setelah terjadinya error atau dinyalakan untuk pertama kalinya setelah mesin dimatikan. Hal tersebut terjadi agar tidak terjadi masalah pada bekerjanya parameter yang digunakan dalam proses pemilahan box berdasarkan *barcode* yang menggunakan metode *scheduling sort*.

E. Hubungan Metode Scheduling Sort dengan Rumus Kecepatan

Pemilahan menggunakan metode penjadwalan ini diharuskan untuk mendapatkan parameter waktu dan jarak yang tepat untuk box berjalan dari tempat *barcode* box dibaca sampai box mencapai tempat persimpangan jalur pilah box. Sehingga diharuskan mengetahui kecepatan laju conveyor, panjang conveyor dan waktu saat terjadi *delay* untuk mendapatkan waktu pemilahan box dengan penjadwalan yang pas. Untuk rumus kecepatan yang digunakan yaitu sebagai berikut;

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Dengan,

\bar{v} adalah kecepatan

Δx adalah jarak perpindahan box

Δt adalah waktu

Dari rumus kecepatan tersebut, bisa didapatkan waktu tempuh box dari tempat *barcode* box dibaca melaju sampai box mencapai tempat persimpangan jalur pilah box.

Agar tidak terjadi perubahan waktu penjadwalan pada system pemilahan otomatis, maka kecepatan motor penggerak conveyor dibuat tetap dan tidak boleh diganti yaitu 60 Hz. Untuk mengetahui kecepatan laju conveyor dalam besaran kecepatan digunakan Tachometer dan didapatkan nilai 28,95 meter/menit.

$$28,95 \frac{\text{Meter}}{\text{Menit}} \times \frac{1000}{60} = 482,5 \frac{\text{Milimeter}}{\text{Detik}} = 0,48 \frac{\text{mm}}{\text{ms}}$$

Dari konversi tersebut didapatkan kecepatan box dalam melintasi konveyor yaitu 0,48 mm/ms dan dibulatkan menjadi 0,5 mm/ms. Alasan kenapa harus diubah ke millimeter/milidetik atau mm/ms yaitu untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi. Dengan ketelitian yang tinggi akan meminimalisir kesalahan pada pengaturan parameter waktu untuk proses penjadwalan. Pengukuran Kecepatan Conveyor Menggunakan Tachometer dapat dilihat pada Gambar 7.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Percobaan Barcode Reader

Percobaan *barcode reader* dilakukan untuk mengetahui apakah *barcode reader* bekerja dengan baik atau tidak. Pembacaan *barcode reader* inilah yang menjadi salah satu penentu gagal atau tidaknya box masuk ke jalur pilah selain

dari *Scheduling Sort*. Juga merupakan penentu seberapa besar tingkat ketelitian pemilahan berbasis *barcode*

Persentase keberhasilan

$$= \frac{\text{Jumlah percobaan yang berhasil}}{\text{Jumlah percobaan secara total}} \times 100\%$$

Pada percobaan untuk pembacaan *barcode reader* dilakukan secara *realtime* dengan produk yang langsung dikirim dari bagian produksi. Sesuai dari 20 percobaan, dengan 19 kali keberhasilan dan 1 kali kegagalan, sehingga didapatkan persentase keberhasilan yaitu:

Dari data percobaan pembacaan *barcode reader* untuk 20 kali percobaan pada Tabel 1 didapatkan persentase keberhasilan sebesar;

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{19}{20} \times 100\% = 95\%$$

B. Parameter Delay Trigger Barcode Reader

Merupakan waktu yang tepat saat *barcode* tepat ditengah saat dibaca oleh kamera *barcode reader*, terhitung setelah box mengenai area penginderaan fotolistrik yang terdapat di bawah *barcode reader* yang fungsinya sebagai pemicu bekerjanya *barcode reader*

$$\text{Delay} = \left(\frac{1}{3} \text{Panjang box} - \text{jarak fotolistrik} \right) \div \text{Kecepatan Box}$$

$$\text{Delay} = (163 - 90) \div 0,5$$

$$\text{Delay} = 73 \div 0,5$$

$$\text{Delay} = 146 \text{ ms} = 0,146 \text{ s}$$

C. Parameter Delay Sorting

Waktu tunda ketika box mengenai photosensor di area jalur pilahnya agar *Stopper* bekerja untuk menghentikan box dan *Pusher* bekerja untuk mendorong box. Karena box yang masuk ke conveyor memiliki jeda waktu kurang lebih 2 detik setiap box nya, maka pewaktu ini diatur hingga box benar – benar sampai dititik stop nya dan diatur sampai tidak mengganggu proses sebelumnya atau menabrak box lain di depan box yang akan dihentikan. Jika *delay* terlalu cepat yang mana box akan langsung didorong sebelum benar – benar dihentikan oleh *stopper* yang menyebabkan box gagal terpilah karena tidak pas saat masuk ke jalur pilah dan menyebabkan box tersangkut oleh kerangka conveyor. Jika *delay* terlalu lambat ditakutkan box lain setelah box yang terpilah akan menabrak *pusher* sebelum *pusher* tersebut dapat kembali ke tempat awal.

$$\text{Delay Sorting} = \frac{\text{Jarak A}}{\text{Kecepatan Conveyor}}$$

Dengan Jarak A yaitu jarak dari photosensor di area pilah untuk deteksi box sampai *stopper* yang berfungsi menghentikan box dan *Pusher* yang berfungsi untuk mendorong box masuk ke jalur pilah. Percobaan *delay sorting* pada Tabel 2.

D. Parameter Jarak Sorting Station Position

Jarak Act adalah jarak sebenarnya yang harus ditempuh oleh box dari tempat pemindaian *barcode* sampai jalur pilahnya dan jarak *Sorting Station Position* adalah jarak yang akan di set di program setelah semua proses *delay* terjadi. Jarak *Sorting Station Position* didapatkan dari selisih antara

jarak actual di lapangan dengan jarak yang ditempuh oleh box saat terjadinya *delay*. Percobaan sorting station position dapat dilihat pada Tabel 3.

E. Persentase Keberhasilan Proses Pemilahan Box

Persentase keberhasilan proses pemilahan otomatis didapatkan dari perbandingan antara jumlah yang berhasil terpilah dalam line dibandingkan dengan total keseluruhan yang harus dipilah dalam 1 hari. Data percobaan 1 proses pemilahan dapat dilihat pada Tabel 4. Data percobaan 2 proses pemilahan dapat dilihat pada Tabel 5.

$$\%Rata - rata keberhasilan 1 = \frac{298,9\%}{3}$$

$$\%Rata - rata keberhasilan 1 = 99,63\%$$

$$\%Rata - rata keberhasilan 2 = \frac{299,03\%}{3}$$

$$\%Rata - rata keberhasilan 2 = 99,68\%$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian mengenai sistem pemilahan menggunakan metode *scheduling sort* berhasil menutup kesulitan yang dihadapi oleh industri, lebih tepatnya pada bagian pemilahan. Pada proses pemilahan otomatis ini terdapat proses pembacaan *barcode*, pembacaan *barcode* dapat dikatakan berhasil dan tidak terjadi masalah pada program atau *barcode reader*, kegagalan pembacaan *barcode* hanya disebabkan oleh faktor eksternal seperti stiker *barcode* yang terlipat. Untuk proses pemilahan menggunakan metode *scheduling sort* dapat dikatakan efektif karena hanya menggunakan parameter waktu dan jarak dalam prosesnya. Parameter

waktu digunakan sebagai waktu *transfer* dan juga *delay*, sedangkan parameter jarak digunakan untuk menentukan *sorting station position* untuk masing-masing *Line* atau tempat jalur pilah. Tingkat keberhasilan proses pemilahan box menggunakan metode *scheduling sort* ini yaitu sekitar 99,6%

B. Saran

Untuk perkembangan selanjutnya, diharapkan inovasi dari penggunaan metode *scheduling sort* ini mampu memilah lebih dari 10 *line*, dengan parameter jarak dan waktu yang lebih presisi dimana *delay* bisa disesuaikan dengan kecepatan conveyor yang dapat diubah.

LAMPIRAN

Penjabaran Tabel 4 untuk 3 robot menjadi 10 robot dapat dilihat pada Tabel 6, sedangkan Penjabaran Tabel 5 untuk 3 robot menjadi 10 robot dapat dilihat pada Tabel 7.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. D. Tailor, V. Kamani, A. Ghetiya, and N. Bhatiya, "Object sorting and stacking automation with plc," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 9, no. 3S, pp. 197–201, Jul. 2017, doi: 10.21817/ijet/2017/v9i3/170903s031.
- [2] N. Boysen, S. Schwerdfeger, and M. W. Ulmer, "Robotized sorting systems: Large-scale scheduling under real-time conditions with limited lookahead," *Eur J Oper Res*, vol. 310, no. 2, pp. 582–596, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.ejor.2023.03.037.
- [3] J. Zhang, J. Jia, Z. Zhu, X. Min, G. Zhai, and X. P. Zhang, "Fine Detection and Classification of Multi-class Barcode in Complex Environments," in *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops, ICMEW 2019*, Shanghai, China: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, pp. 306–311. doi: 10.1109/ICMEW.2019.00-69.
- [4] R. Ginting, *Penjadwalan Mesin*, 1st ed., vol. 1. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009. ISBN: 978-979-756-466-7.