

RANCANG BANGUN SISTEM SORTASI CERDAS BERBASIS PENGOLAHAN CITRA UNTUK KOPI BERAS

Dedy W. Soedibyo, Usman Ahmad, Kudang B. Seminar, dan I Dewa Made Subrata

Abstrak

Komoditas kopi memiliki prospek yang baik sebagai satu motor pembangunan agribisnis dan agroindustri di Indonesia, karena itu perlu ditangani secara baik dan profesional. Pemutuan kopi beras komersial sebagai komoditas bijian masih dilakukan secara manual. Proses ini memiliki kekurangan pada rendahnya efisiensi dan obyektifitas serta tingkat konsistensi. Oleh karena itu diperlukan suatu mesin yang dapat bekerja secara otomatis menggolongkan mutu kopi beras berdasarkan pemeriksaan secara visual. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun mesin sortasi dan pemutuan kopi beras yang dikontrol oleh komputer dengan subsistem konveyor sabuk, stasiun pengambilan citra menggunakan dua kamera digital dari dua sisi berseberangan, dan simulator pemisah paralel yang digunakan untuk menggambarkan proses pemisahan biji berdasarkan pemeriksaan mutu yang telah diolah oleh komputer. Rancang bangun mesin sortasi ini digunakan untuk pengembangan sistem sortasi biji kopi beras yang akan mengkategorikan kelas mutu kopi beras menjadi 4 kelas mutu berdasarkan kualifikasi menurut SCAA (*Coffee Association of America*).

Kata kunci: Mesin sortasi, kopi beras, pengolahan citra, program komputer

1. PENDAHULUAN

Saat ini kopi merupakan komoditas nomor dua yang paling banyak diperdagangkan setelah minyak bumi. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengekspor kopi utama ke empat di dunia setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia. Volume ekspor dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan walaupun terjadi fluktuasi akibat tidak stabilnya harga pasar kopi dunia.

Dengan harga US\$. 2,498/ton untuk kopi arabica, komoditi kopi sangat prospektif sebagai motor pembangunan agribisnis dan agroindustri Indonesia. Pemantauan dan peningkatan mutu kopi yang diperdagangkan, terutama untuk pasar ekspor ke luar negeri merupakan suatu syarat penting dalam penanganan produk kopi.

Pemutuan kopi sebagai komoditas bijian secara mekanik di Indonesia saat ini masih terbatas pada pemutuan berdasarkan ukuran (Widyotomo S. 2005) dan densitas. Sortasi secara visual untuk kopi beras masih dilakukan dengan metode manual. Proses ini memiliki kekurangan pada rendahnya efisiensi, rendahnya obyektifitas, dan rendahnya tingkat konsistensi. Beberapa alat sortasi secara visual menggunakan pengolahan citra telah dikembangkan di Indonesia seperti untuk jeruk, manggis, dan mangga (Susanto. 2000) telah dapat menyeleksi berdasarkan ukuran dan warna dengan optimal. Kendati demikian alat sortasi secara visual untuk bijian terutama untuk kopi beras masih belum dikembangkan di Indonesia.

Untuk menunjang pemantauan dan peningkatan mutu kopi yang diperdagangkan, terutama untuk pasar ekspor ke luar negeri, diperlukan metode sortasi yang lebih baik. Selain itu untuk mengantisipasi tantangan dimasa mendatang pada saat tenaga kerja manusia sudah langka proses

sortasi visual manual dengan tenaga manusia akan menjadi operasi yang mahal. Pengolahan citra menggunakan sistem visual berdasarkan sensor elektro-optika mempunyai kemampuan yang lebih peka, tepat, dan obyektif daripada kemampuan visual manusia. Dimasa mendatang investasi pada mesin sortasi kopi beras ini lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan menggunakan tenaga manusia.

Pengelompokan mutu dalam banyak kelas masih digunakan oleh metode SCAA, Brasil / New York (*Cofferesearch*. 2008), dan bahkan SNI (SNI. 2008). Metode ini memberikan banyak tingkatan harga yang sangat sensitif terhadap mutu daripada hanya sekedar *accept* dan *reject*. Oleh karena itu semakin banyak kelas mutu yang dapat dipisahkan oleh suatu sistem sortasi maka akan semakin menguntungkan dari sisi ekonomi.

Biji kopi Robusta dan Arabika dapat dibedakan dengan nyata secara makroskopis. Biji kopi Arabika lebih besar dari biji kopi robusta. Panjang biji kopi arabika sekitar 8-12 mm dan lebar 6-8 mm, rasio panjang dan lebar 6-7 mm dengan rasio 1.0-1.15. Buah kopi mempunyai kisaran berat antara 100 mg sampai 200 mg dan densitas antara 1.15-1.42 (Asiedue J, 1989).

Berdasarkan penanganan bijian ada dua tipe mesin sortasi, yaitu tipe konveyor sabuk dan tipe meluncur (*chute*). Tipe sabuk memiliki keterbatasan pada sisi pemeriksaan yang hanya diperiksa pada satu sisi saja, keunggulannya adalah memungkinkan pemisahan mutu lebih dari dua kategori. Sedangkan tipe luncur hanya dapat memisahkan mutu dalam dua katagori saja (*accept* dan *reject*). Keunggulannya adalah pemeriksaan dilakukan pada dua sisi permukaan bijian, karena kontruksinya memungkinkan untuk penempatan kamera yang berseberangan. Tipe luncur kapasitas prosesnya dapat lebih dari 1500 biji per menit Pearson (2006), sedangkan pada tipe sabuk dilaporkan tertinggi hanya 1896 biji per menit (Wan YN. *et al.* 2002). Dari segi kompleksitas, tipe luncur membutuhkan kamera dengan kecepatan tinggi yang mahal harganya dan menuntut penggunaan mikrokontroler berkecepatan tinggi tanpa sistem operasi (PC) untuk mengimbangi kecepatan proses. Sedangkan pada tipe sabuk penggunaan PC untuk mengolah sistem pemeriksaan masih dapat dilakukan.

Penelitian ini berusaha untuk menggabungkan keunggulan dan mengurangi kekurangan yang dimiliki oleh dua metode tersebut (*belt* dan *chute*), dan dilakukan secara *real time*, serta dengan objek majemuk. Penanganan kopi beras dilakukan dengan menggunakan konveyor tipe *belt*, dan dilakukan pengambilan citra menggunakan dua kamera yang diletakkan secara berseberangan. Metode ini dilakukan dengan cara memanipulasi penahan konveyor *belt* sehingga pengambilan citra dengan dua kamera mungkin untuk dilakukan. Penggunaan *belt* konveyor serta penyusunan kopi beras dalam matriks ditujukan untuk pemeriksaan mutu kopi beras secara majemuk. Kendati demikian proses pengukuran mutu dilakukan secara individual. Metode ini juga memungkinkan untuk memisahkan kopi beras dalam empat kelas mutu. Berbeda dengan metode curah seperti yang dilaporkan oleh Pearson (2006), meskipun memiliki kecepatan tinggi, namun hanya bisa memisahkan obyek bijian dalam dua kelas mutu saja (*accept* dan *reject*).

Harapan dari penelitian ini adalah seluruh permukaan kopi beras dapat ditangkap oleh kamera, sehingga menjamin pemutuan yang lebih akurat. Lingkup penelitian ini adalah pengembangan sistem sortasi biji kopi beras yang akan mengkategorikan kelas mutu kopi beras menjadi empat kelas mutu berdasarkan kualifikasi menurut SCAA, menggunakan pengolahan citra dan JST. Sebagai sensor akan digunakan dua kamera warna digital, sedangkan sistem sortasi yang terdiri dari stasiun pengambilan citra, *belt* dan motor penggeraknya akan dikonstruksi berdasarkan rancangan yang akan diuraikan dalam metodologi. Identifikasi mutu kopi beras menggunakan simulator pemisah paralel sebagai pengganti sistem pemisah yang sesungguhnya juga akan dijelaskan pada bagian metodologi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sampel kopi beras dengan jenis *Coffea arabika* pada berbagai kelas mutu yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (ICCRI) di Jember.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat sistem pengolah citra yang telah terintegrasi dengan IC PPI 8255 dan terdiri dari:

- 1 Perangkat komputer dengan port paralel dan USB
- 2 Dua buah kamera CMOS digital DFK 21BUC03 dari *The ImagingSource* menggunakan standar perantara *USB* sebagai komponen utama stasiun pengambilan citra
- 3 Lampu fluorescent yang terintegrasi dengan stasiun pengambilan citra dan dapat diatur sudut penyinaran serta ketinggiannya
- 4 Perangkat sensor infra merah berupa LED infra merah (IR) dan penerima IR (*receiver*)
- 5 Motor stepper dari Sanyo Denki type 103H8581-70B1 yang dilengkapi dengan DC type Power Supply Driver PMM-BD-5702.
- 6 Perangkat perluasan input/output digunakan *peripheral interface card* yang menggunakan IC 8255 yang memiliki 24 port I/O yang dihubungkan pada port paralel PC dengan konektor DB 25 pin male
- 7 *Prototype* mesin sortasi berupa konveyor dengan penggerak berupa motor *stepper*
- 8 Simulator pemisah paralel dirancang menggunakan 16 buah LED yang terhubung dengan port keluaran dari PPI 8255.

Sistem Mesin Sortasi

Penelitian pemutuan kopi beras terdiri atas bagian fungsional sebagai berikut ini.

- 1 Kamera digital - dalam terminologi sistem kontrol kamera digital ini berfungsi sebagai sensor, dan mengirimkan sinyal citra ke komputer. Kamera digital mengambil data citra pada periode waktu tertentu (*time based*) yaitu pada saat bijian yang disusun (konfigurasi matrik 4 x 4) pada konveyor berada pada bidang pengambilan citra. Penambahan LED dan penerima IR sebagai perangkat pengindera posisi memberikan konsekuensi pengambilan citra dilakukan berdasarkan posisi *belt* (*position based*)

- 2 Motor *stepper* merupakan komponen penggerak *belt*. Gerakan *step* berdasarkan waktu (*time based*) dan posisi *belt* (*position based*) yang dikontrol oleh komputer
- 3 Konveyor *belt* sebagai alat pembawa biji kopi beras yang disusun dalam matriks bijian sekaligus sebagai *background* pengolahan citra
- 4 Komputer merupakan otak dari kegiatan pengontrolan berfungsi mengatur gerakan motor *stepper*, menerima sinyal penerima IR (*receiver IR*), mengaktifkan 2 kamera, mengolah sinyal citra dari 2 kamera, menentukan kelas mutu kopi beras, dan memberi perintah aktif kepada simulator. Seluruh kegiatan dilakukan dalam urutan tertentu (*sequence*) dan berdasarkan waktu (*time based*)
- 5 Simulator pemisah bijian memiliki konfigurasi yang sama dengan susunan biji, akan menerima sinyal perintah dari komputer untuk menyalakan LED untuk mengidentifikasi kelas mutu kopi beras secara individual. Proses kerja simulator ini berdasarkan posisi (*position based*) dan berdasarkan *event base* (*event* yang dimaksudkan adalah kelas mutu biji kopi secara individual yang telah ditentukan oleh komputer terhadap posisi biji pada matriks bijian). Kelas mutu biji kopi pada posisi matriks bijian tertentu akan menentukan apakah simulator akan menyala atau padam pada saat matriks bijian berada dibawah simulator.

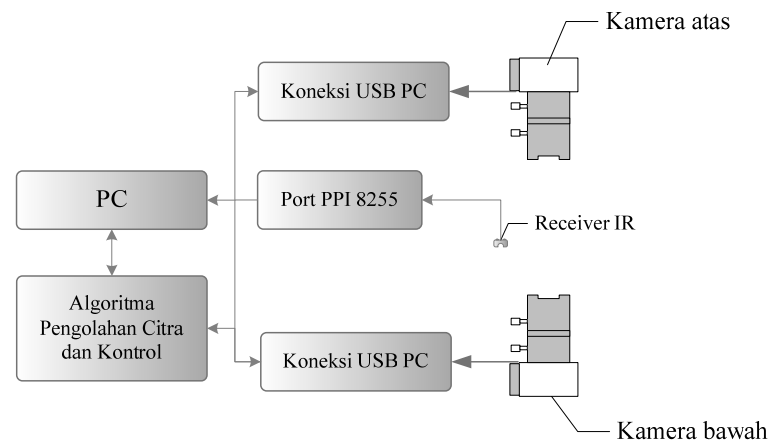
Berdasarkan penjelasan diatas maka sistem kontrol untuk pemutuan biji kopi beras bekerja berdasarkan strategi kontrol *open loop* dan kontrol proses *diskret*. Kontruksi sistem mesin sortasi terdiri atas berikut ini.

- 1 Stasiun pengambilan citra
- 2 Motor penggerak dan sistem konveyor
- 3 Simulator pemisah paralel
- 4 Sistem kontrol dan aliran data.

Pengembangan Sistem Stasiun Pengambilan Citra

Stasiun pengambilan citra terdiri atas bagian utama berupa dua kamera digital. Prosedur *image acquisition* akan dilakukan untuk mendapatkan hasil citra kopi yang terbaik. Proses ini didahului dengan penentuan jarak kamera dan penentuan proses penyinaran hingga didapatkan penyinaran yang seragam dan optimal. Metode penentuan *image aquisition* adalah *trial and error*. Apabila proses ini berhasil maka citra yang ditangkap kamera digital dan ditampilkan oleh monitor komputer sama atau mendekati aslinya, sedikit timbul bayangan, dan tidak ada cahaya berlebih yang mempengaruhi warna obyek. Proses ini juga untuk mengetahui *background* yang paling baik untuk digunakan dalam pengambilan citra.

Pengambilan citra dilakukan pada saat obyek dalam keadaan diam, dan dilakukan pada kedua sisi (permukaan atas dan bawah) secara bergantian untuk menjamin diperoleh keseluruhan informasi citra bijian. Sinyal dari penerima IR berfungsi memberi isyarat agar *belt* diam melalui salah satu port PPI 8255, sehingga memungkinkan perekaman citra dalam keadaan diam. Diagram stasiun pengambilan citra digambarkan sebagai berikut ini.



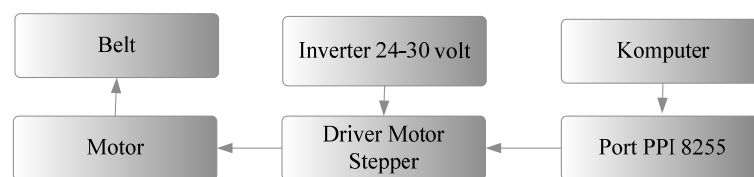
Gambar 1 Diagram stasiun pengambilan citra

Motor Penggerak dan Sistem Konveyor

Konveyor *belt* sebagai alat pembawa sekaligus *background* akan dirancang berdasarkan metode pengambilan citra secara jamak. Mesin sortasi membutuhkan susunan bahan yang teratur, sehingga susunan kopi beras diatur dalam bentuk matriks 4 x 4.

Sebagai sumber penggerak konveyor adalah motor *stepper* yang dirancang dengan kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan waktu pengambilan citra oleh kamera digital dan memenuhi kebutuhan waktu proses pengolahan citra. Pengontrolan motor *stepper* dilakukan oleh komputer melalui perantara port PPI 8255.

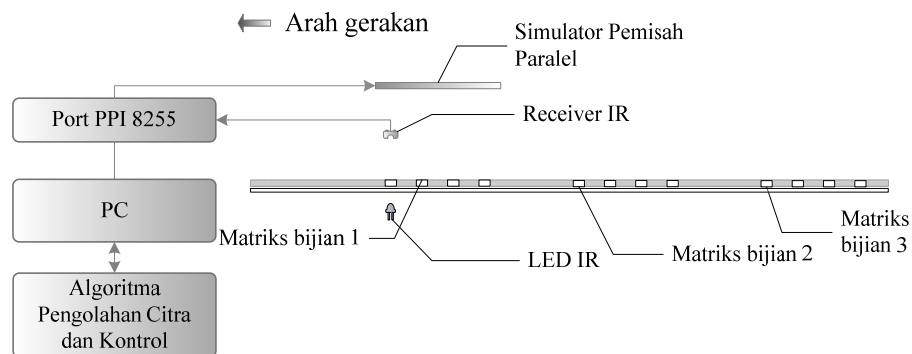
Proses penentuan mutu biji kopi beras dilakukan perkolom. Untuk itu diperlukan gerakan berupa step dengan jeda waktu tertentu. Jeda waktu inilah yang akan digunakan untuk melakukan pengambilan citra, melakukan pengolahan citra, melakukan analisa JST (propagasi maju untuk prediksi) untuk menentukan kelas mutu individual dari biji kopi beras, dan menentukan operasi simulator.



Gambar 2 Diagram motor *stepper* dan *belt*

Pengembangan Simulator Pemisah Paralel

Simulator pemisah paralel terdiri atas rangkaian LED pada PCB yang berjumlah 16 LED dan bersesuaian letaknya dengan matriks lubang pada konveyor. Masing-masing LED memiliki identitas tersendiri yang meliputi seluruh kelas mutu kopi. Aksi LED akan di kendalikan oleh program komputer melalui *interface* dengan IC 8255 melalui *port* paralel komputer. Sinyal dari penerima IR berfungsi memberi isyarat posisi simulator pemisah paralel sudah bersesuaian dengan matriks bijian. Sehingga pada saat tersebut proses identifikasi bisa dimulai. Interface penerima IR melalui salah satu port PPI 8255. Diagram simulator pemisah paralel digambarkan sebagai berikut ini.



Gambar 3 Diagram simulator pemisah paralel

Perancangan Sistem Kontrol dan Aliran Data

Aksi pengontrolan yang dilakukan oleh mesin adalah gerakan *belt* konveyor, pembacaan pengindera posisi, pengambilan citra oleh kamera, penentuan tingkat mutu berdasarkan lokasi biji kopi, dan aksi simulator pemisah paralel pada lokasi yang bersesuaian dengan kelas mutu biji kopi. Kegiatan diatas merupakan suatu kegiatan yang sekuensial sehingga harus dilakukan secara berurutan dan saling bergantung antara satu dengan yang lainnya. Keseluruhan pengaturan diatur dengan program komputer yang terintegrasi dengan PPI 8255 melalui port paralel komputer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

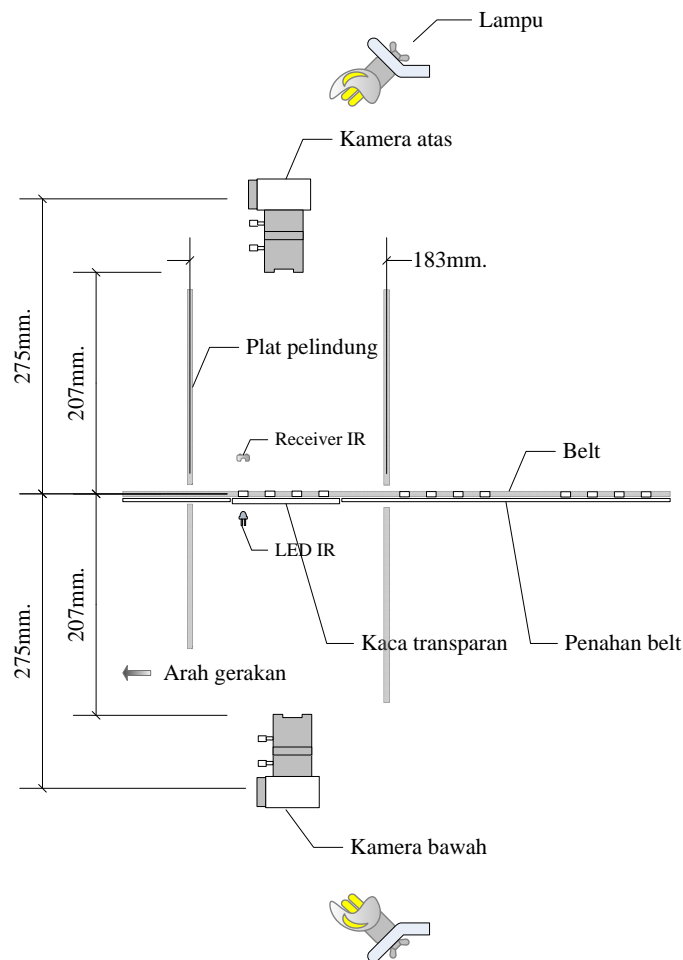
Pengembangan Sistem Stasiun Pengambilan Citra

Hasil *image acquisition* dengan resolusi citra 640 x 480 menunjukkan bahwa jarak optimal kamera dengan obyek adalah 207 milimeter dan jarak pencahayaan 300 milimeter. Citra yang dihasilkan setiap frame berisi 16 kopi beras yang disusun dalam bentuk matriks 4 x 4. Sebagai *background* adalah *belt* berlubang yang berwarna putih. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat dudukan biji.

Belt memiliki lubang pengindera posisi pada pangkal bawah tiap matriks bijian. Pada mesin sortasi dipasang LED infra merah sebagai sumber gelombang infra merah (IR) dan penerimanya (*receiver*) yang diletakkan berseberangan, dengan LED IR berada dibawah *belt*, sedang penerima IR di atas *belt* dengan jarak kurang dari 10 cm.

Penginderaan posisi pada prosedur pengambilan citra dilakukan dengan cara memanfaatkan lubang pengindera posisi. Jika lubang pengindera posisi segaris dengan LED IR dan penerima IR, maka gelombang IR akan ditangkap penerima IR dan memberikan sinyal ON. Sinyal ini diteruskan melalui paralel port PC dan diterima oleh program kontrol, kemudian rogram kontrol akan memberikan sinyal agar pada motor stepper agar *belt* berhenti.

Stasiun pengambilan citra ini dibangun dengan pondasi yang kokoh agar getaran yang akibatkan gerakan mesin tidak mempengaruhi hasil pengambilan citra. Waktu pengambilan citra secara bergantian untuk kedua kamera dialokasikan selama 0.5 detik. Kaca transparan diletakkan dibagian bawah *belt* agar kamera bawah dapat mengambil citra permukaan bawah kopi beras. Plat pelindung berfungsi untuk menghalangi pengaruh cahaya luar.

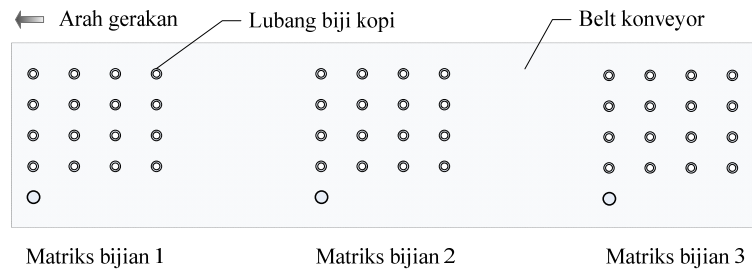


Gambar 4 Stasiun pengambilan citra.

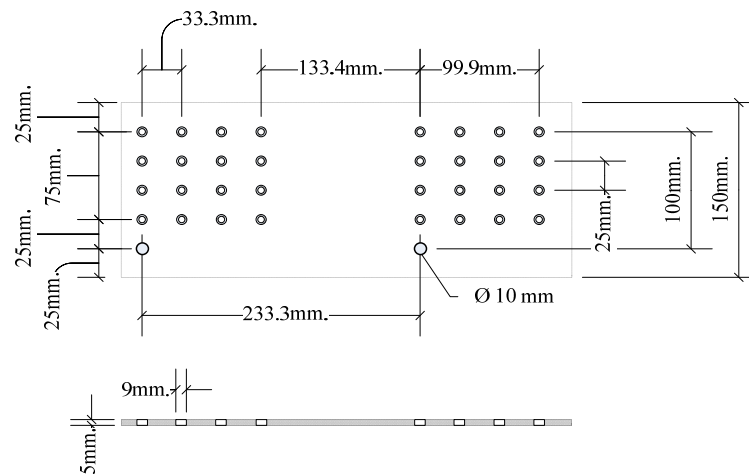
Motor Penggerak dan Sistem Konveyor

Belt didesain dengan lubang-lubang dengan permukaan bulat dengan diameter 9 mm. Lubang-lubang tersebut membentuk matrik 4 x 4 dengan ukuran yang disesuaikan dengan biji kopi. Berikut ini adalah gambaran potongan *belt* konveyor dari desain diatas.

Jarak horizontal antara pusat lubang dirancang dengan ukuran 33.3 mm, sedangkan jarak vertikal antara pusat lubang adalah 25 mm. Hal ini didasarkan atas ukuran maksimal biji yang belum kupas kulit adalah 15 mm. Dengan ukuran diatas diharapkan posisi biji tidak akan saling tumpang tindih. Ukuran lebar *belt* yang digunakan adalah 150 mm dengan ketebalan 5 milimeter. Pada setiap pangkal bawah matriks bijian terdapat lubang untuk penginderaan posisi.



Gambar 5 Rancangan *belt* koveyor mesin sortasi biji kopi
Sedangkan dimensi dari rancangan *belt* adalah sebagai berikut ini.



Gambar 6 Dimensi rancangan *belt* koveyor mesin sortasi biji kopi

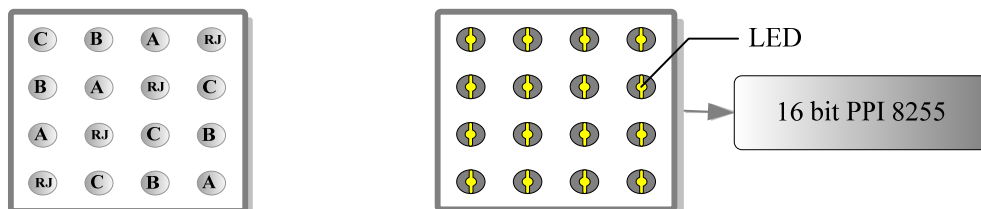
Proses penentuan mutu biji kopi beras dilakukan perkolom. Untuk itu diperlukan gerakan berupa step dengan jeda waktu tertentu. Antara kolom bijian terdapat jarak 33.3 milimeter dengan waktu tempuh yang direncanakan adalah 0.5 detik. Sedangkan antara matriks bijian 1 dan matriks bijian 2 terdapat jarak sebesar 133.4 milimeter. Jika gerakan tiap 33.3 milimeter merupakan 1 step (selanjutnya disebut sebagai step konveyor) dan kolom 1 baris 1 matriks bijian 1 berada di titik A adalah start, maka kolom 1 baris 1 (1 1) matriks bijian 2 akan berada pada titik A setelah 7 step konveyor atau dalam waktu 3.5 detik (jarak 233.3 mm). Jika ditambahkan dengan waktu pengambilan citra selama 0.5 detik, maka jeda waktu yang dibutuhkan tiap matriks menempati posisi yang sama adalah 4 detik. Jeda waktu inilah yang akan digunakan untuk melakukan pengambilan citra, melakukan pengolahan citra, melakukan analisa JST (propagasi maju untuk prediksi) untuk menentukan kelas mutu individual dari biji kopi beras.

Langkah kedua adalah menentukan ukuran (diameter) dari puli konveyor. Pemilihan disain puli yang cocok berdasarkan aspek fungsional dan ekonomis adalah desain diameter puli 126.19 milimeter atau 4.97 inchi yaitu dengan 42 step motor tiap step konveyor. Dari sisi diameter ukurannya tidak terlalu besar dan proporsional dengan panjang konveyor (ditunjukkan pada gambar). Jika dilihat dari RPM yang dibutuhkan juga tidak terlalu tinggi, yaitu sebesar 10.08 rpm, sehingga cukup aman dari pengaruh slip. Berdasarkan uraian diatas maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 step konveyor adalah 0.5 detik.

Langkah berikutnya adalah menentukan panjang sabuk konveyor. Pada permukaan *belt* terdiri atas 14 matriks bijian dan 14 jarak antar matriks dengan ukuran total 233.4 milimeter, berdasarkan uraian ini maka panjang sabuk adalah $14 * 233.4 = 3266$ milimeter.

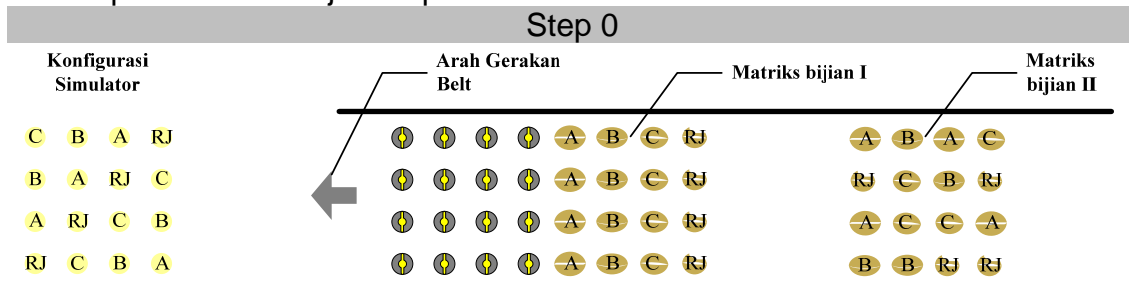
Pengembangan Simulator Pemisah Paralel

Proses pengendalian simulator disesuaikan dengan posisi dan kelas mutu dari kopi beras yang telah diperiksa oleh program komputer. Penempatan simulator sejajar dengan *belt*, sehingga pada saat identifikasi posisi kopi beras berada di bawah simulator. Waktu memulai identifikasi ditentukan oleh sinyal yang diterima penerima IR, hal ini dimungkinkan karena sinyal LED IR diteruskan oleh lubang yang berada di *belt*. Proses penempatan serta penggunaan LED IR, penerima IR, dan lubang *belt* sama dengan sub sistem stasiun pengambilan citra.



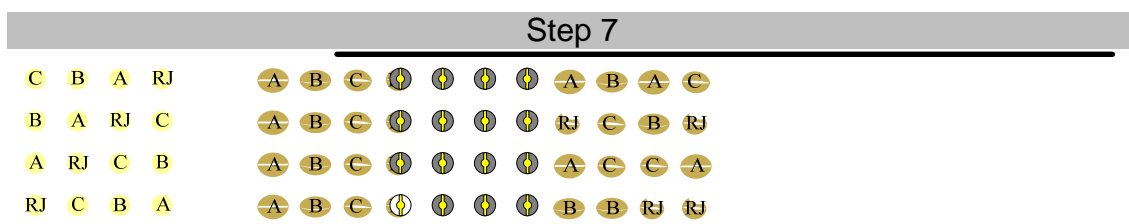
Gambar 7 Konfigurasi dan diagram simulator pemisah paralel

Berdasarkan rancangan *belt* diatas, maka simulator akan mulai mengidentifikasi satu set matriks bijian setiap 4 detik. LED yang menyala menunjukkan kelas mutu dari kopi beras. Gambar dibawah ini menunjukkan step awal (0) dan step akhir (7) proses identifikasi kelas mutu kopi beras menggunakan simulator pemisah paralel. Dengan demikian keseluruhan kopi beras pada matriks bijian dapat diidentifikasi.



Pada contoh ini kolom matriks bijian I semua biji kopi berkelas mutu A, kolom 2 kelas mutu B, kolom 3 kelas mutu C dan kolom 4 kelas mutu RJ.

Pada step 0 biji kopi belum masuk dibawah simulator sehingga tidak ada LED yang menyala.



Pada step 7 kolom 3 matriks bijian I diluar simulator dan kolom 4 matriks

bijian I berada di bawah kolom 1 simulator.

LED simulator yang bersesuaian dengan kelas mutu biji kopi (kolom 1 baris 4- kelas mutu RJ) menyala.

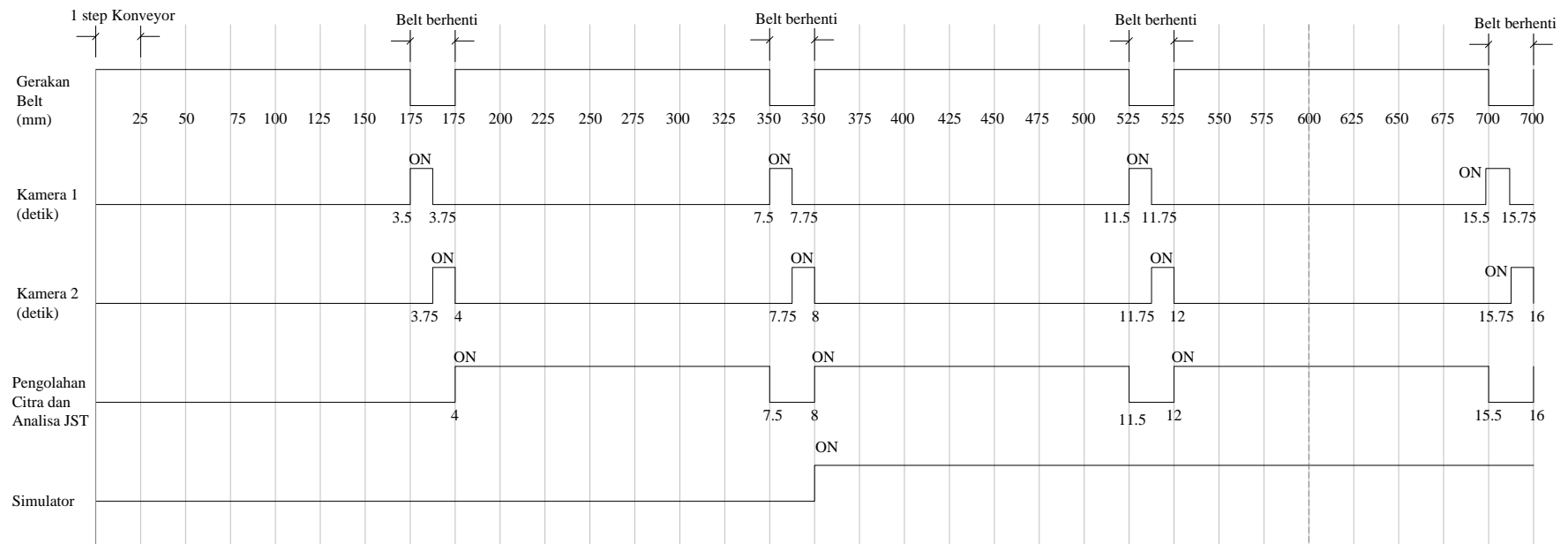
Jumlah LED simulator yang menyala 1. 

Perancangan Sistem Kontrol dan Aliran Data

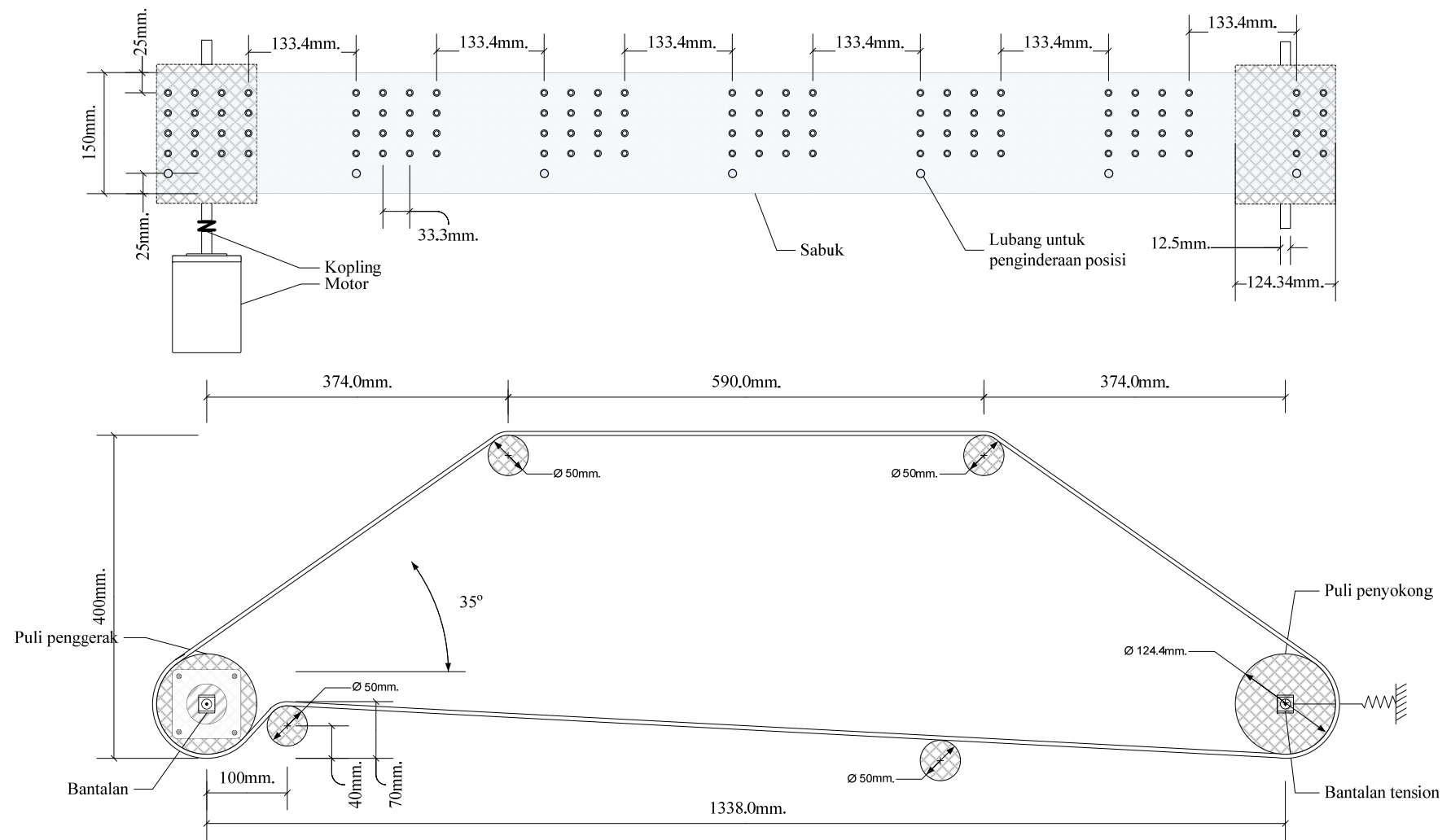
Proses pertama yang terjadi adalah penyalaan motor *stepper*, *belt* yang telah terisi oleh kopi bergerak satu langkah tiap 0.5 detik. Pada saat matriks bijian pertama berada pada posisi pengambilan citra, kamera mulai mengambil citra secara bergantian. Pengambilan citra ini dipicu oleh pengindera posisi (sensor IR). Aliran data yang terjadi pada mesin adalah informasi sinyal citra digital dari kamera melalui koneksi *USB*. Sinyal tersebut merupakan sinyal yang berisi frame citra dari 16 biji kopi (dari matrik 4 x 4). Sinyal tersebut akan diekstraksi kemudian ditentukan parameter mutu masing-masing kopi beras pada tiap-tiap lokasi lubang oleh program pengolahan citra. Parameter mutu yang diperoleh akan dianalisis oleh JST kemudian kelas mutu pada masing-masing 16 kopi beras tersebut ditentukan melalui propagasi maju.

Kelas mutu dan lokasi merupakan variabel yang dipetakan satu-satu sehingga setiap biji memiliki *property* kelas mutu dan lokasi yang spesifik. Informasi kelas mutu dan lokasi ini akan disimpan oleh program untuk digunakan sebagai penentuan aksi simulator pemisah paralel, sehingga jika terjadi korelasi kelas mutu dan lokasi biji kopi maka LED akan hidup.

Setelah dibangun sistem pemeriksaan mutu menggunakan teknik pengolahan citra yang dilengkapi dengan sistem kecerdasan buatan, serta program kontrol untuk menggerakkan motor *stepper*, maka perangkat lunak perlu diintegrasikan ke dalam rancangan alat secara keseluruhan, agar terbentuk prototipe mesin sortasi dan pemutuan kopi yang dapat bekerja secara otomatis. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam melakukan modifikasi sebelum melakukan integrasi adalah faktor kecepatan proses pemeriksaan mutu oleh sistem evaluasi, jarak tempuh obyek, kecepatan ban berjalan, dan sistem pencahayaan pada sistem *pengolahan citra*. Diagram waktu dari operasi mesin sortasi biji kopi disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 8 Diagram waktu dari operasi mesin sortasi biji kopi



Gambar 9 Dimensi rancangan mesin sortasi

4. KESIMPULAN

- 1 Aplikasi dua kamera pada mesin sortasi kopi beras tipe konveyor *belt* memungkinkan untuk dibangun dengan menggunakan kaca transparan sebagai pengganti penahan belt.
- 2 Pemeriksaan mutu kopi beras secara majemuk dapat menggunakan konveyor *belt* yang memiliki lubang-lubang dudukan biji berbentuk matriks.

DAFTAR PUSTAKA

- Asidue J. 1989. Processing tropical crops. The macmillan press Ltd.
- Coffeeresearch. 2008. <http://www.coffeeresearch.com>
- Pearson TC. 2006. Low-cost bi-chromatic image sorting device for grains. ASABE Annual International Meeting
- SNI 01-2907-2008 (SNI). Standar Nasional Indonesia. 2008. Biji Kopi (SNI 01-2907-2008). Badan Standar Nasional.
- Susanto, Suroso, Purwadaria HK, dan Budiastira IW. 2000. Classification of mango by neural network based on near infrared diffuse reflectance. Proceedings of Biorobotic II, 25-26 November 2000, Sakai, Osaka, Japan.
- Wan YN. *et al.* 2002. Rice quality classification using an automatic grain quality inspection system. Food & Process Engineering Institute of ASAE. ASAE Annual Meeting as Paper No.993196.
- Wan YN. 2002. Kernel handling performance of an automatic grain quality inspection system. Food & Process Engineering Institute of ASAE. ASAE Annual Meeting Paper No.993200.