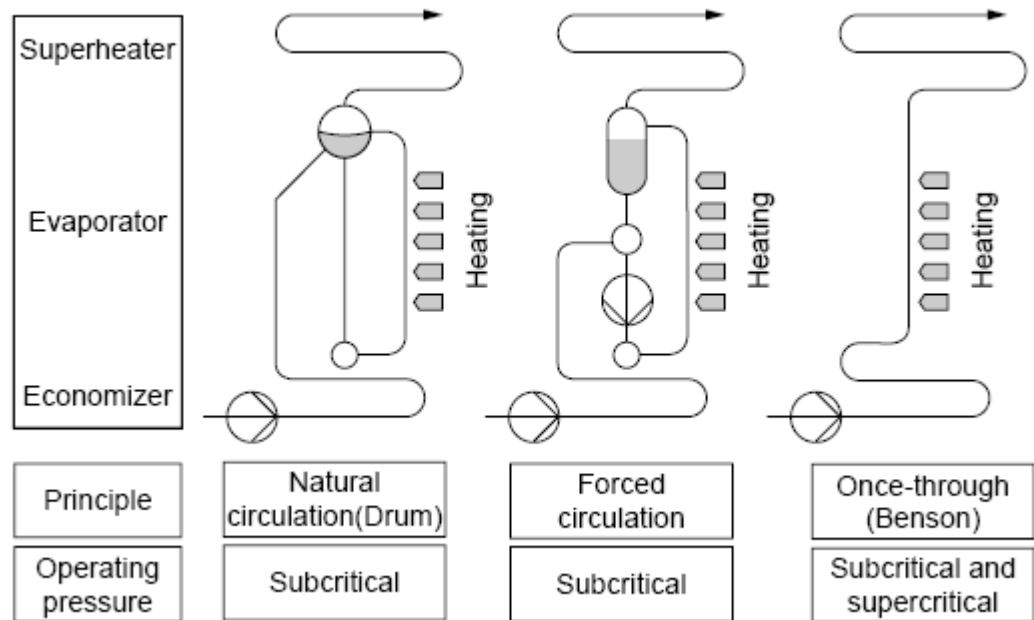


BOILER DAN TURBIN UAP

A. BOILER UAP

Boiler atau ketel uap, juga disebut sebagai generator uap, merupakan komponen utama dalam siklus pembangkitan listrik tenaga uap. Komponen ini merupakan sebuah wadah yang tertutup yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar untuk mengubah air ke uap secara efisien. Efisiensi adalah karakteristik paling penting dari boiler karena ia memiliki kaitan langsung pada produksi listrik. Boiler diklasifikasi menjadi dua jenis yaitu boiler tipe drum dan boiler tipe sekali-lewat (once-through). Gambaran dari prinsip kerja boiler dapat dilihat pada gambar 1.1 di bawah. Komponen utama dari boiler antara lain economizer, superheater, reheater, dan spray attemperator.



Gambar 1.1 Prinsip Kerja boiler

1) Boiler Tipe Drum

Boiler tipe drum tergantung pada resirkulasi konstan dari air yang melalui beberapa komponen dari rangkaian uap air untuk menghasilkan uap dan menjaga komponen dari overheating. Tipe boiler ini mengedarkan /

menyirkulasi air secara alami atau secara terkontrol. Boiler dengan sirkulasi alami menggunakan kerapatan yang berbeda diantara air di bagian downcomers dan uap di bagian waterwall tabung untuk sirkulasi. Boiler dengan sirkulasi terkontrol. Boiler dengan sirkulasi terkontrol menggunakan ketel-pompa air yang beredar untuk mengedarkan air melalui rangkaian uap air.

2) Boiler Tipe Sekali-Lewat (Once-Through)

Boiler tipe sekali lewat mengkonversi air menjadi uap dalam satu melalui sistem daripada kembali beredar melalui drum. desain yang sekarang banyak digunakan untuk Boiler tipe sekali lewat menggunakan tungku pembakaran spiral-wound untuk menjamin terjadinya distribusi panas di seluruh tabung.

3) Komponen Utama Boiler

- Economizer

Alat yang merupakan bagian dari boiler tabung yang pertama adalah feedwater diperkenalkan ke dalam boiler dan cerobong gas yang digunakan untuk meningkatkan suhu air.

- Uap drum

Uap drum yang memisahkan uap dari uap air campuran dan tetap memisahkan uap kering.

- Superheater

Superheater adalah kumpulan boiler sistem pipa-pipa yang terletak di jalur arus panas dari gas yang dibuat oleh pembakaran bahan bakar boiler diperapian. Panas akan ditransfer dari pembakaran gas ke dalam uap di dalam tabung superheater. Superheater diklasifikasi sebagai dasar dan menengah. Uap pertama lolos melalui superheater utama (terletak relatif sejuk di bagian boiler) setelah keluar dari drum uap. Di sana uap menerima pecahan dari superheater terakhirnya dan kemudian melewati superheater sekunder untuk yang lainnya.

- Reheater

Reheater adalah kumpulan tabung boiler yang dihadapkan dengan pembakaran gas yang sama dengan cara kerja superheaters.

- Spray attemperator

Attemperator, juga dikenal sebagai desuperheater, adalah spray nozzle (alat penyemprot) dalam boiler tabung antara dua superheaters. Spray nozzles ini menyediakan pasokan butiran-butiran air murni ke dalam aliran kecil dari uap untuk mencegah kerusakan tabung dari overheating. Attemperator disediakan untuk superheater dan reheater.

Di seluruh dunia, sekarang kecenderungan untuk menggunakan suhu tinggi dan tekanan untuk meningkatkan efisiensi pabrik, yang pada nantinya akan mengurangi emisi. Peningkatan suhu tinggi bahan-bahan seperti sistem pipa-pipa T-91 memberikan kekuatan suhu tinggi dan meningkatkan daya tahan korosi memungkinkan operasi yang handal dilanjutkan siklus uap. Selain itu, pengembangan boiler tipe sekali lewat Benson yang lebih handal telah menyelesaikan sebagian besar masalah kritis operasional pembangkit listrik dengan mempelajari pengalaman saat generasi pertama dan generasi kedua .

Boiler pembangkit listrik tenaga uap yang membakar batu bara membutuhkan pembersihan gas buangan tingkat lanjut untuk memenuhi kebutuhan batas emisi lingkungan yang diperbolehkan. Pada pembangkit tenaga listrik yang khusus, pembakaran batubara timur yang kaya akan belerang akan memiliki SCR untuk mengontrol NO_x , sebuah presipitator untuk mengontrol partikel, dan batu gamping basah untuk mengurangi SO_x . Pada pembangkit listrik yang khusus, pembakaran batubara barat mungkin termasuk SCR, sebuah penyaring baghouse untuk mengontrol partikel, dan sebuah sikat kering untuk mereduksi SO_x .

B. TURBIN UAP

1) Turbin Uap Secara Umum

Setiap produsen turbin memiliki fitur unik dalam desain yang dapat mempengaruhi efisiensi, kehandalan, dan biaya pengeluaran. Namun, muncul desain mirip dengan non-turbin uap. Seperti ditunjukkan pada gambar dibawah, generator steam turbin modern seperti yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga batubara uap.

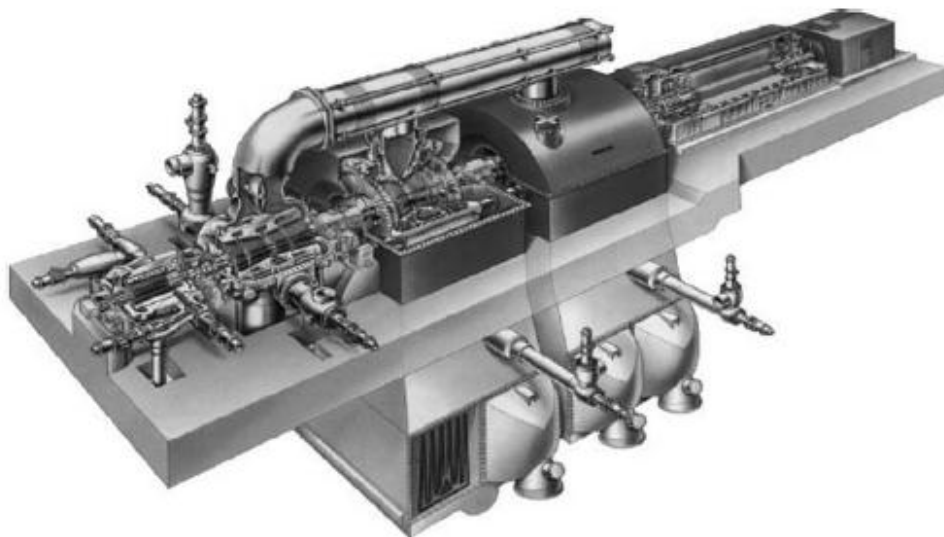


FIGURE 8.7 Modern steam turbine generator for a coal-fired steam plant.

Turbin uap untuk pembangkit tenaga listrik berbeda dari penggerak paling utama di setidaknya tiga cara:

1. Semua sangat bertenaga tinggi, bervariasi dari sekitar 70.000-2 juta hp, dan memerlukan investasi modal yang sama sangat besarnya, yang menempatkan premi pada keandalan.
2. Daya tahan turbin biasanya antara 30 sampai 40 tahun dengan sedikit pemeliharaan.
3. Turbin menghabiskan sebagian besar masa aktifnya di kecepatan konstan, biasanya sampai 3600 atau 1800 rpm untuk operasi 60 Hz.

Ketiga poin di atas mendominasi desain dari seluruh pembangkit tenaga listrik, terutama dari pengaturan turbin uap dan material.

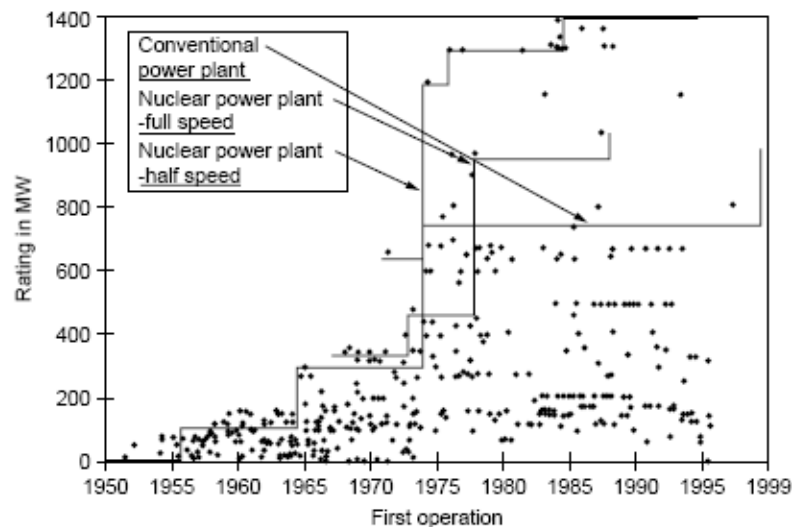


FIGURE 8.8 Increase of steam turbine power.

Gambar di atas menunjukkan peningkatan dramatis turbin uap keluaran daya untuk satu pabrik selama 50 tahun. Hal ini cukup khusus pada industri. Dalam pembahasan yang lebih awal menunjukkan bahwa pasokan suhu-uap tinggi untuk membuat turbin lebih efisien. Di Eropa dan Jepang, kecenderungan yang sedang terjadi adalah dengan menggunakan pasokan suhu uap yang meningkat dengan tinggi untuk mengurangi biaya bahan bakar dan emisi.

2) Pisau baling-baling (Blade)

Komponen yang paling penting untuk turbin uap adalah pisau baling-baling. Pisau baling-baling menerapkan gaya sentrifugal dan pengendalian uap dan juga eksitasi harmonik (dari gangguan tak seragam

pada bagian pisau baling-baling). Semua pisau baling-baling diisi oleh beban sentrifugal dan pegendalian uap, dan pisau baling-baling yang lebih kecil dirancang untuk berputar jika eksitasi harmonik adalah sejalan (resonan) dengan mode getaran alami dari pisau baling-baling. Jika eksitasi harmonik diijinkan pada pisau baling-baling yang sangat panjang, namun blades menjadi besar dengan tak berguna. Untungnya, karena turbin berjalan pada kecepatan konstan, blade mode yang dapat disetel (tune) dari kondisi resonan sehingga beban harmoniknya dapat berkurang secara signifikan. Bentuk perpecahan (split) di blade desain ini, sering disebut sebagai disetel dan tak disetel blading (tuned and untuned blading). Blades memandu uap sepanjang turbin secara halus dan tanpa tumbukan (collision).

Tumbukan dengan pisau (insiden) dan pemuaiian secara tiba-tiba mengurangi energi yang tersedia untuk melakukan pekerjaan. Hingga baru-baru ini, desainer harus mencocokkan kondisi aliran pisau radial yang lurus (disebut parallel-sided blades). Turbin fisik tidak mengenal kenyamanan ini untuk beberapa alasan. Visual yang paling jelas adalah perbedaan antara kecepatan tangensial antara pisau hub dan tip. Pisau paling baru mengatasi secara penuh tiga dimensi sifat arus oleh curving dalam tiga dimensi (tertunduk blades). Tiga dimensi desain teknik digunakan untuk pencocokan yang lebih baik dari arus (dan daerah) dan kondisi sekarang, dengan menggunakan alat mesin kontrol numerik agar biaya lebih kompetitif, tiga dimensi blading digunakan secara luas di berbagai turbines modern. Contoh dari tiga dimensi dan paralel-sided blades akan ditampilkan pada gambar dibawah.

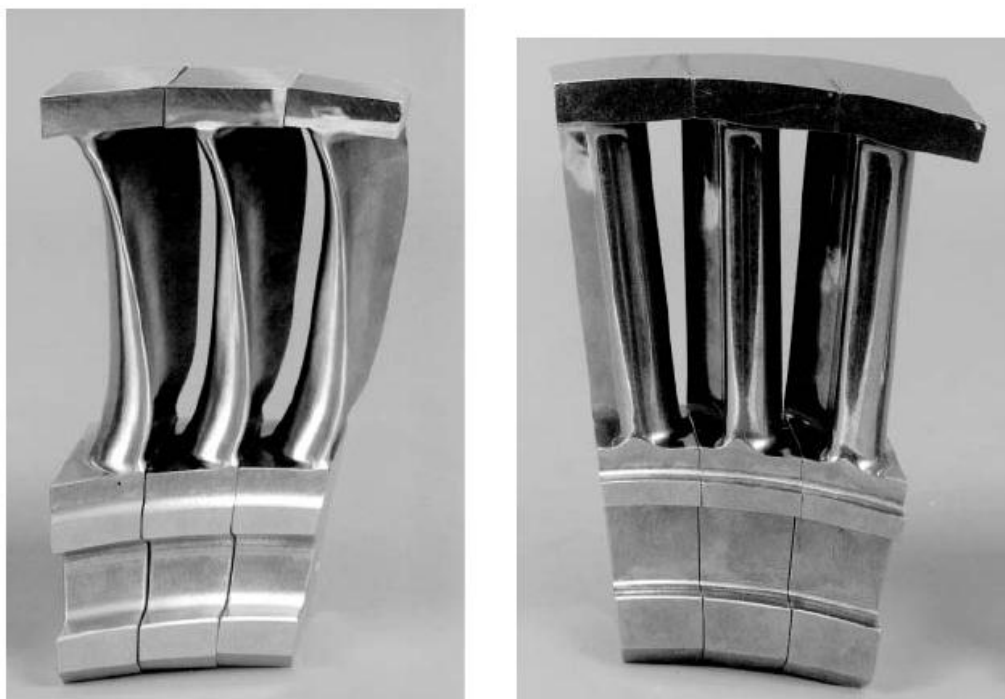


FIGURE 8.9 Typical steam turbine blades.

3) Rotor

Setelah pisau baling-baling, rotor turbin uap adalah komponen penting selanjutnya dalam mesin uap. Desain rotor haruslah memperhitungkan:

- Baja lentur yang besar yang memiliki ketahanan sangat baik dan ditempa dengan tambahan bahan kimia dan bahan lain.
- Gaya sentrifugal dari badan rotor dan peningkatan gaya sentrifugal tarik dari pisau-pisau yang ada.
- Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap material yang dapat merusak dan mungkin terjadi pada saat mesin berkerja dengan kecepatan tinggi dan material yang belum sampai temperature operasi.
- Perubahan bentuk secara perlahan dari tekanan tinggi (HP) dan tekanan intermediate (IP) rotor harus stabil dengan beban dan suhu yang sangat tinggi.

Siklus kerja rotor akan jauh lebih rumit oleh beban kelelahan sementara yang terjadi selama perubahan tenaga dan awal mesin menyala. Ada dua peristiwa yang lebih jauh dalam desain rotor: lateral dan torsional getaran; yang disebabkan oleh uap harmonika dan beban listrik. Seperti dengan pisau-pisau yang disetel (tuned), ini biasanya ditunjukkan dengan menyetel mode utama jauh dari resonansi pada saat berputar dengan kecepatan penuh.

4) Persyaratan Memilih Turbin

Karena tangkai turbin akan terlalu panjang dan fleksibel jika dibangun di satu sisi semua mata pisau secara berurutan, baling-baling terpisah ke dalam bagian-bagian yang dapat disokong. Pemotongan pada tangkai silinder HP (tekanan tinggi), IP (tekanan intermediate), dan LP (tekanan rendah). Produsen pabrik menanggapi pengelompokan silinder dengan banyak cara yang berbeda, bergantung dengan kondisi uap. Ini hal yang biasa untuk menggabungkan tekanan tinggi (HP) dan tekanan intermediate (IP) ke dalam satu silinder unit-unit subkritis pada range daya sekitar 250 sampai 600 MW. Salah satu pengelompokan yang dilakukakan manufaktur, yang ditunjukkan dalam gambar, di bawah cukup untuk mewakili industri.

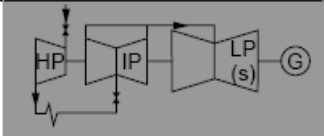
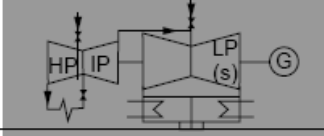
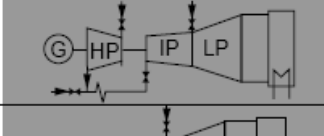
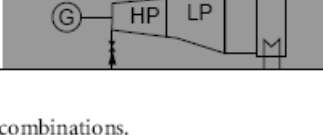
Type	Basic Configuration	Power
HP-IP-LP (with reheat)		200Ø1200 MW
HP/IP-LP (with reheat)		160Ø700 MW
HP-IP/LP (with reheat)		120Ø260 MW
Single case (without reheat)		50Ø300 MW

FIGURE 8.10 Steam turbine product combinations.

Sejauh ini, banyak yang mendiskusikan bahwa uap mengalir seolah-olah ia diperluas secara monoton melalui turbin. Hal ini biasanya tidak terjadi karena dua alasan. Pertama, kondisi uap yang paling biasa akan menyebabkan uap keluar dari baris terakhir dari pisau-pisau menjadi sangat basah, mengakibatkan erosi (pengikisan) berlebihan. Kedua, efisiensi panas dapat di sebabkan karena mengeluarkan uap dari turbin, reheating, kemudian kembali ke jalur pisau ini meningkatkan "rata-rata" muatan bersuhu panas dan mengurangi tingkat kelembaban di turbin. Posisi turbin untuk memanasi kembali biasanya antara turbin bertekanan tinggi dan turbin bertekanan intermediate.

Ada satu lagi susunan geometris lebih lanjut. Silinder tidak perlu dalam satu batang dengan satu generator di akhir. Halaman silang yang tertutup ada di garis edar uap dibagi ke dalam dua bagian yang memisahkan jalur sejajar dengan pembangkit tenaga listrik di atas masing-masing jalur. Biasanya, yang akan memisahkan dengan jalan dari generator High Pressure ke Low Pressure dan IP-LP generator. Torsional dan getaran lateral lebih mudah dianalisis dengan pemendekan yang berantai, yang membuat pondasi lebih padat. Kekurangan utama adalah membutuhkan dua generator, dua sistem kontrol, dan rumah tenaga yang lebih besar yang semuanya dapat meningkatkan keseluruhan biaya pembangkit.

Secara historis, turbin uap telah terbagi menjadi dua kelas, reaksi dan impuls. Perbedaan dalam sebuah rancangan terlihat perbedaan antara mesin. Impuls turbin memiliki lebih sedikit, lebih luas daripada tahap reaksi mesin. Sebagai desain yang telah disempurnakan, maka efisiensi dan durasi dari mesin sekarang adalah sama. Untuk berbagai alasan, pisau-pisau yang lebih panjang di akhir LP (low pressure) adalah desain reaksi normal. Karena setiap tahap mungkin dirancang secara terpisah, batas

antara impuls dan reaksi turbin karena kebanyakan pabrik berkurang dengan menyediakan blading yang memiliki karakteristik dari kedua teknologi tersebut. Turbin blading adalah secara luas dipisah antara mesin seperti terlihat pada tabel berikut.

	Cylinder			
	HP	IP	LP	
			Short Blades	End Blade(s)
Reaction turbines	Reaction	Reaction	Reaction	Reaction
Impulse turbines	Impulse	Impulse	Impulse	Reaction

5) Material

Material mencakup sebagian besar dari semua variabel bagian turbin, dengan masing-masing produsen berusaha untuk meningkatkan kinerja dengan menggunakan campuran logam dan teknik perawatan panas (heat-treatment). Hal ini menunjukkan bahwa generalisasi yang akurat adalah sulit. Meskipun begitu, table dibawah ini layak untuk menggambarkan turbin uap dengan ceruk suhu (inlet temperature) 1000°F-1050°F.

Item	Common Material Description								
High-temperature HP and IP blades	Moderate and cold-temperature stator blades	Moderate-temperature rotating blades	Cold LP rotating blades	High-temperature rotors	Low-temperature rotors	Hot	LP	High-temperature bolting	Cold bolting
Mod'd SS403	SS304	SS403	SS403 or 17/4 PH	1CrMoV, occasionally 10Cr	3.5 NiCrMoV	1.25Cr or 2.25Cr	Carbon, steel	SS422	B16

6) Silinder dan Palang (Bolting)

Item yang relatif mudah, kecuali untuk ukuran yang sangat besar dan yang memerlukan presisi untuk casting dan fabrikasi. Dalam silider HP-IP yang besar, suhu dan tekanan yang dibebankan memisahkan antara inner dan outer silinder. Dalam hal ini, mencari ruang dan kekuatan yang diperlukan untuk palang, menyajikan tantangan bagi para perancang.

7) Katup Turbin

Turbin memerlukan banyak katup untuk kontrol kecepatan, kontrol darurat, mengeringkan, hidrolika, melewati, dan fungsi lainnya. Dari itu, empat katup dibedakan berdasarkan ukuran dan kerjanya : throttle atau berhenti; pengatur atau kontrol; reheater stop, dan penghalang reheater. Katup-katup throttle, reheater stop, dan penghalang reheater katup biasanya beroperasi secara terbuka, kecuali di beberapa kontrol dan kondisi darurat. Nomor dan desainnya yang dipilih untuk kombinasi redundansi dan kecepatan tindakan yang tepat. Kontrol terus menerus dari turbin adalah yang dilakukan oleh throttling uap melalui pengaturan katup. Proses yang tidak dapat diubah ini mengurangi efisiensi siklus. Dalam unit yang lebih modern, efisiensi kerugian dapat dikurangi dengan mengurangi tekanan boiler (biasanya disebut tekanan geser) daripada melakukan throttling katup saat mengurangi output.

DAFTAR PUSTAKA

- Goswami, D.Yogi and Keith, Frank.2008.*Energy Conversion*. CRC Press Tylor and Francis Group, Boca Raton.
- Japikse, D. and Nicholas, C. B. 1994. *Introduction to Turbomachinery*. Concepts ETI , Norwich, VT.
- Kutz, M. 1986. *Mechanical Engineers' Handbook*. Wiley, New York.
- Stodola, A. and Loewenstein, L. C. 1927. *Steam and Gas Turbines*, reprint of 6th Ed., 1945. Peter Smith, New York.

MAKALAH
BOILER DAN TURBIN UAP



Mufti Al Aziz	H1C007031
Ariel Ardiansyah	H1C007032
Tira Wibisono	H1C007033
Ruliana Frida K	H1C007034
Besi Bestari Abror	H1C007035
Satrio Ginanjar A	H1C007036

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
JURUSAN TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PURWOKERTO
2009